

La population de la Ville de Paris proprement dite, dont la superficie est de 105 km², est stabilisée depuis 1900 à environ 3 millions d'habitants et semble devoir se maintenir, pendant longtemps encore, à ce chiffre.

En revanche, depuis le début du siècle, la population de la banlieue est passée de 1,8 million à plus de 5 millions et atteindra sans doute 7 millions vers 1975.

La population totale de la région parisienne serait donc, à cette date, d'environ 10 millions d'habitants, répartis sur une surface de 7 700 km² de plus en plus urbanisée.

En même temps qu'ils se préoccupaient de contrôler et d'orienter cette croissance de la région parisienne, les responsables, c'est-à-dire essentiellement le District et les services qui composent maintenant le Service régional de l'Équipement, se sont attachés à préciser les données des problèmes de transport en résultant et à chercher les solutions les plus valables sur les plans technique et économique.

À cet égard, le problème était à la fois d'assurer, dans de bonnes conditions, les déplacements quotidiens des personnes résidant en banlieue et venant travailler dans la capitale et d'éviter, dans toute la mesure du possible, le développement de l'utilisation des moyens de transports individuels pour cette catégorie de déplacements.

Les difficultés actuelles de circulation et de stationnement que chacun peut déjà mesurer et l'impossibilité de créer, dans le cadre historique qui est celui de Paris, une voirie à grand débit et des parkings en nombre suffisant pour faire face aux besoins de l'avenir, rendent inutile de commenter davantage cette dernière option.

Pour résoudre ce double problème, il était nécessaire d'organiser un système de transports publics commode, rapide et assez puissant pour faire face à l'augmentation de trafic à prévoir.

C'est ainsi que se sont dégagées les caractéristiques du futur Réseau Express Régional. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- lignes à grande capacité de transport, traversant Paris et comportant, de part et d'autre de l'agglomération, des branches desservant la banlieue ;
- stations peu nombreuses dans Paris, limitées aux principaux nœuds de correspondance du métropolitain ;
- grande vitesse, permise par l'espacement des stations ;
- tarification spéciale permettant de proportionner le prix payé à la distance.

La desserte de deux banlieues opposées par une même ligne a l'intérêt économique d'utiliser un

seul tronçon commun dans Paris pour y répartir deux flots opposés de voyageurs.

Le réseau régional, ainsi défini, constitue un complément nécessaire du réseau de banlieue de la S. N. C. F. ; pour le métropolitain il a l'effet important de soulager les lignes les plus chargées ; il leur enlève une partie des voyageurs en provenance ou à destination de la banlieue et il donne la possibilité aux voyageurs de Paris d'utiliser ses lignes comme « lignes express » sur leur parcours urbain.

II. - LA CONTEXTURE DU FUTUR RÉSEAU

Des études menées essentiellement par la R. A. T. P. et l'Institut d'Urbanisme de la Région parisienne, reprises et synthétisées au sein d'un groupe de travail du District, ont précisé la configuration du futur réseau.

La construction d'une ligne transversale fut décidée dès 1961 et incluse dans le 4^e plan, mais le projet initial subit diverses modifications quant à son tracé et aux dates de mise en service, en fonction des études de trafic de plus en plus poussées, menées dans le cadre du programme quadriennal d'équipement et du schéma directeur de la Région de Paris.

D'autre part, les évaluations financières plus précises résultant des études géologiques et de l'expérience des premiers chantiers conduisirent à prévoir le report sur le 5^e plan - celui qui s'achèvera en 1970 - d'une grande partie des travaux.

Actuellement, sont en cours de réalisation les deux tronçons suivants :

Partie Ouest : Saint-Germain-en-Laye-Auber (20 km) :

Cette partie comprend :

- de Saint-Germain-en-Laye à Nanterre, une section faisant actuellement partie du réseau de la S. N. C. F. ;
- de Nanterre au Rond-Point de la Défense, un tracé souterrain - à partir d'un point situé à une centaine de mètres à l'est de Nanterre - étudié au cours de l'année 1964 et comportant deux stations nouvelles, provisoirement baptisées « P » et « M » ; la station « P » qui sera juxtaposée à un nœud de communications autoroutières disposera de vastes parkings et desservira un secteur susceptible de développements importants et, en particulier, la Faculté des Lettres ; la station « M » desservira une zone industrielle, des ensembles culturels et la future Préfecture du département des Hauts-de-Seine ;

— du « Rond-Point de la Défense » à « Auber », une section souterraine comportant les trois stations « Rond-Point de la Défense » (terminus d'autobus de rabattement, desserte du nouveau quartier et probablement correspondance avec la ligne S. N. C. F. Paris-Versailles rive droite), « Étoile » et « Auber ». Ces deux dernières stations comprennent des correspondances très complètes avec les différentes lignes du réseau métropolitain (lignes 1, 2 et 6 pour l'Étoile, lignes 3, 7, 8, 9, 12 et 13 pour Auber).

Partie Est : Nation - Boissy-Saint-Léger (20 km) :

Cette partie comprend :

- de Nation à Vincennes (raccordement à la ligne S. N. C. F. actuelle), une section souterraine nouvelle avec la station « Nation » qui comporte des correspondances avec les lignes métropolitaines 1, 2, 6 et 9.
- de Vincennes à Boissy-Saint-Léger, une section de la ligne de Paris-Bastille à Boissy-Saint-Léger, encore exploitée par la S. N. C. F.

Les travaux sont conduits, en liaison avec la S. N. C. F., sur les sections de lignes exploitées par elle et en liaison avec l'Établissement public pour l'aménagement de la Défense pour la partie intéressant cette zone.

Il est prévu de mettre en service en 1969 la branche Est et la partie Défense-Étoile de la branche Ouest, la liaison intégrale Saint-Germain-Auber étant réalisée l'année suivante.

Des embranchements, dont la date de réalisation n'est pas fixée, compléteront cette transversale : l'un à l'Ouest joindrait la Défense à Montesson ; l'autre à l'Est de Vincennes à Lagny en suivant la Vallée de la Marne.

Le schéma directeur prévoit également deux transversales Nord-Sud.

L'une joindrait l'aéroport de Paris-Nord à Orly et Corbeil en passant par Saint-Denis (d'où un embranchement partirait vers Ermont et Valmondois), les gares de l'Est et de Lyon et Denfert-Rochereau.

L'autre, qui affecterait la forme d'un fer à cheval ouvert vers l'Ouest, relierait la Préfecture du Val d'Oise (Cergy, près de Pontoise) à la gare Saint-Lazare, en passant par Ermont et Gennevilliers. Elle se continuerait par Montparnasse et Denfert-Rochereau vers Saclay et Trappes.

La réalisation de ces projets s'étendra évidemment sur plusieurs décennies. Des études sont en cours pour déterminer, en fonction de l'urbani-

sation prévue, les dates auxquelles les différentes branches deviendront indispensables, afin que les investissements correspondants soient effectués en toute connaissance de cause, et dans les conditions optimales de rentabilité économique.

III. - LA RÉALISATION DU RÉSEAU EXPRESS RÉGIONAL

La future ligne transversale Est-Ouest, la seule pour laquelle la décision d'exécution ait été prise aura une longueur de 46 km. Cette longueur même impose une vitesse commerciale importante (60 km/h). Les trains devront donc pouvoir rouler, en pointe, à 90-100 km/h.

Il en découle, pour le tracé, des caractéristiques relativement sévères pour un chemin de fer souterrain urbain : pente limitée strictement à 3 % rayons des courbes en pleine voie supérieurs à 600 m (des rayons de 500 m pouvant cependant être admis aux entrées de stations). Aussi, bien qu'on ait systématiquement recherché à implanter le tunnel sous les artères les exigences du tracé et l'importance des stations - conduiront ici ou là à construire des ouvrages - ou des parties d'ouvrage - sous les immeubles. D'autre part, l'encombrement du sous-sol a conduit - au moins au centre de la cité - à prévoir une implantation profonde (20 à 25 m sous la chaussée) donc à travailler le plus souvent dans la nappe phréatique avec des pressions d'eau pouvant dépasser 20 m.

Enfin, il a été décidé qu'en principe les deux voies sur lesquelles circuleront des trains à gabarit chemin de fer seront installées dans un tunnel unique. C'est ainsi que, lorsque le tunnel est réalisé sous forme cylindrique, le diamètre intérieur est de 8,70 m.

Ces précisions donnent une idée des difficultés considérables de l'entreprise, qui se trouvaient renforcées par le fait qu'aucun tunnel de grande dimension n'avait encore été construit à cette profondeur, et que le sous-sol parisien, on le sait, est hétérogène, et dans l'ensemble peu favorable aux travaux souterrains.

Les travaux ont dû être réalisés en faisant appel à une grande diversité de procédés techniques, allant de l'utilisation de machines modernes - bouclier avec terrassement mécanique, machine à forer américaine « Robbins » - à l'emploi des méthodes traditionnelles de creusement des tunnels, améliorées toutefois dans la mesure du possible.

Il a été reconnu sur une grande échelle aux méthodes de consolidation des sols, notamment pour la station Auber et au voisinage des autres

lignes de Métro, ainsi qu'aux diverses techniques de rabattement de la nappe aquifère.

Sur le tronçon Nanterre-La Défense, tracé à travers des zones non encore urbanisées ou en cours de remodelage, le tunnel a pu, pour sa plus grande partie, être construit à ciel ouvert.

La traversée de la Seine entre Puteaux et Neuilly est réalisée au moyen de la technique des caissons immergés. Les caissons, préfabriqués dans l'île de Neuilly sont amenés par flottaison à leur emplacement définitif, puis immergés et enfoncés à leur cote définitive par lavage à l'air comprimé. Trois des caissons sont en place et le quatrième va être posé incessamment sur les sept que composera la traversée.

Les travaux sont maintenant commencés sur toute la longueur des deux branches de la transversale Est-Ouest. Il est impossible dans le cadre de cet article d'entrer dans le détail des différents lots, quel que soit l'intérêt qu'ils présentent parfois sur le plan technique. On ne peut que renvoyer aux articles parus à ce sujet dans la presse spécialisée et aux notices publiées sur le R. E. R. par le service des relations extérieures de la R. A. T. P. (1).

Les chantiers des stations sont suffisamment avancés pour laisser présager de l'aspect impressionnant que constitueront ces stations.

La station « La Défense »

La station La Défense, implantée devant le Palais des expositions (C. N. I. T.) constituera un ouvrage ferroviaire important qui permettra le retournement des trains et pourra servir de terminus intermédiaire. Elle permettra d'assurer les correspondances avec la ligne S. N. C. F. Paris-Versailles (R. D.) et avec un terminus d'autobus. Elle sera insérée dans diverses branches d'un nœud routier souterrain de très grande importance qui sera l'un des échangeurs de l'autoroute A 14 Paris-Normandie.

Avec les raccordements d'avant et d'arrière station elle aura au total près de 1 100 m de longueur.

La gare proprement dite de 225 m de longueur, sera constituée par une « boîte » de 65 m de largeur et de 27 m de hauteur avec 5 niveaux de circulation.

(1) Présentation des réseaux Ligne de Sceaux - le futur réseau express régional (janvier-février 1965).

Les travaux du R.E.R. (branche Ouest) mai-juin 1965, les travaux du R.E.R. 2^e édition - janvier 1967.

L'implantation choisie a permis de la construire à sec et à ciel ouvert en même temps qu'une partie des ouvrages routiers voisins dans une immense fouille de 360 000 m³.

La station *Etoile* de 225 m de longueur sera essentiellement constituée par deux quais de 7 m de largeur enserrant les deux voies. Implantée hors de la nappe dans un bon terrain marno-calcaire, sa réalisation est cependant rendue délicate par le fait qu'elle se trouve sous trois lignes de métro en exploitation. L'ouvrage est constitué par une voûte mince de 21 m d'ouverture extradossée et intradossée circulairement (épaisseur 0,60 m en clef et 1 m aux naissances). Cette voûte prend appui sur deux culées massives en béton, exécutées préalablement.

La voûte elle-même a été exécutée suivant un procédé original. Le terrassement a été fait à pleine section sur 21 m de largeur par tronçons successifs de 0,80 m. Immédiatement derrière le front d'attaque, un coffrage spécial permet de poser un anneau de voûte de 0,80 m de largeur et constitué par 13 voussoirs préfabriqués, en béton armé. Les surfaces de contact entre voussoirs sont cylindriques et enduites d'une colle à base de résines « epoxy » réalisant 11 articulations permettant de petites rotations. L'anneau est posé à sa cote théorique ; on bourre du mortier dans le hors profil entre terrain et extrados et l'on met en pression un vérin plat incorporé à la clef en cherchant à redonner au terrain les contraintes qu'il avait avant l'ouverture du terrassement. La résine « epoxy » en se polymérisant verrouille les articulations en quelques jours.

Entre le carrefour Saint Honoré et la rue de Téhéran, soit sur 500 m environ, le souterrain du R. E. R. sera situé sous un parking de 6 étages, pour 2 000 voitures ; les travaux de l'ensemble sont actuellement très avancés.

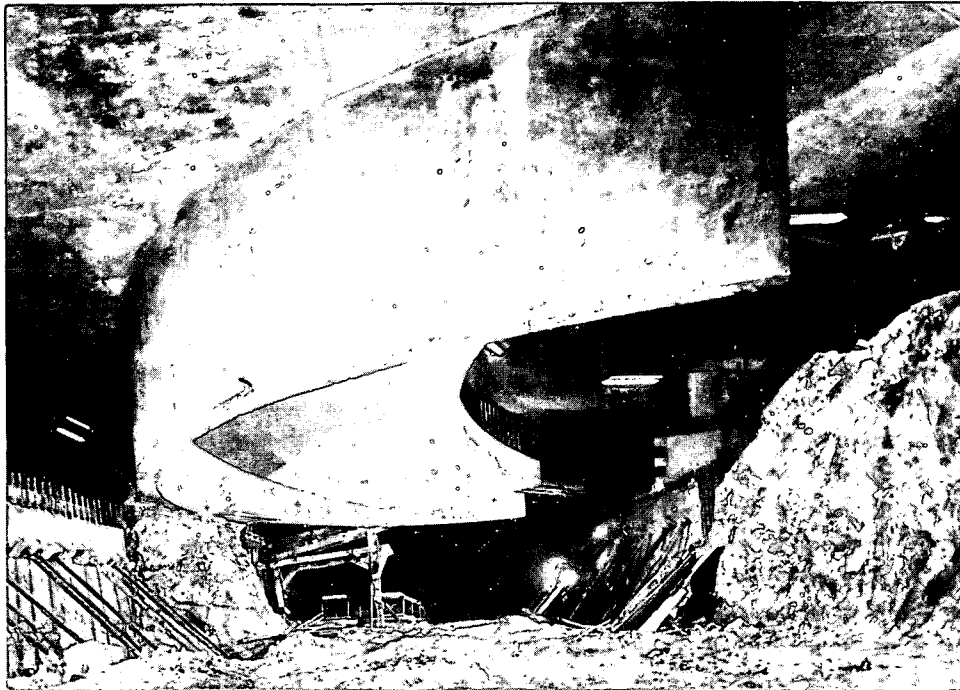
La station *Auber* constituera tout à la fois le nœud de correspondance le plus important et l'ouvrage le plus difficile à réaliser de la transversale. Cette station qui sera reliée aux six lignes de métro passant aux trois stations : Saint Lazare, Havre Caumartin, Opéra doit assurer dans l'avenir un trafic considérable (50 000 voyageurs à l'heure dans chaque direction, soit environ 800 voyageurs par minute).

L'implantation sous la rue Auber, relativement étroite (22 m entre façade) imposait de réduire au minimum la largeur de l'ouvrage. C'est pourquoi on a choisi de réaliser là une station « haute et étroite » à deux voies ; largeur hors tout : 39 m ; hauteur totale 19 m.

La station abritera au niveau inférieur deux quais latéraux de 8,50 m de largeur enserrant les deux voies. Au-dessus, on trouvera deux étages de planchers pour la circulation des voyageurs et leur évolution vers les accès et les intercommunications. Les échanges entre les étages et les quais se feront à l'intérieur de culées creuses où seront aménagés les escaliers fixes et mobiles.

L'ouvrage comportera une voûte de 24 m d'ouverture environ extradossée et intradossée circulairement – deux culées creuses de 13 m de hauteur – un radier incurvé.

La situation particulièrement défavorable de la station construite sous une ligne de métro en exploitation s'engageant sous les immeubles et



Cliché « Studio Saint-Hubert »

Boulevard Haussmann, sous le parking.
Zone dans les sables de Beauchamp manillés. Bétonnage d'un panneau de paroi moulée.

entièrement située dans la nappe phréatique a imposé la réalisation d'un traitement de consolidation et d'étanchement du terrain au moyen d'injections.

Les travaux sont commencés depuis le printemps dernier comme les Parisiens ont pu s'en rendre compte par les chantiers qui ont fait leur apparition dans ce quartier.

Les travaux de la station « Nation »

Les travaux de la station « Nation » ont débuté au mois de septembre 1965. Cette station sera implantée, comme la station « Étoile », sous un nœud important de lignes du métropolitain ; elle est construite suivant le même principe, la largeur intérieure étant toutefois plus grande (25 mètres au lieu de 21 mètres) en raison de la largeur plus importante du quai en direction de la banlieue. En outre, les travaux nécessitent le rabattement

de la nappe aquifère qui atteint le niveau des culées.

LE MATÉRIEL ROULANT

Le matériel roulant du R. E. R. sera particulièrement moderne.

Les trains seront constitués par des éléments de 3 voitures de 23 m environ de longueur pouvant former, grâce à leurs accouplements automatiques, des trains de 3, 6 ou 9 voitures.

Dans un élément, deux motrices identiques, à quatre essieux moteurs – et quatre moteurs – encadrent une remorque.

Le freinage par sabots sur les roues, à commande électropneumatique, est conjugué avec le freinage électrique pour obtenir, avec une modérabilité au serrage et au desserrage, une intervention complémentaire des deux systèmes.

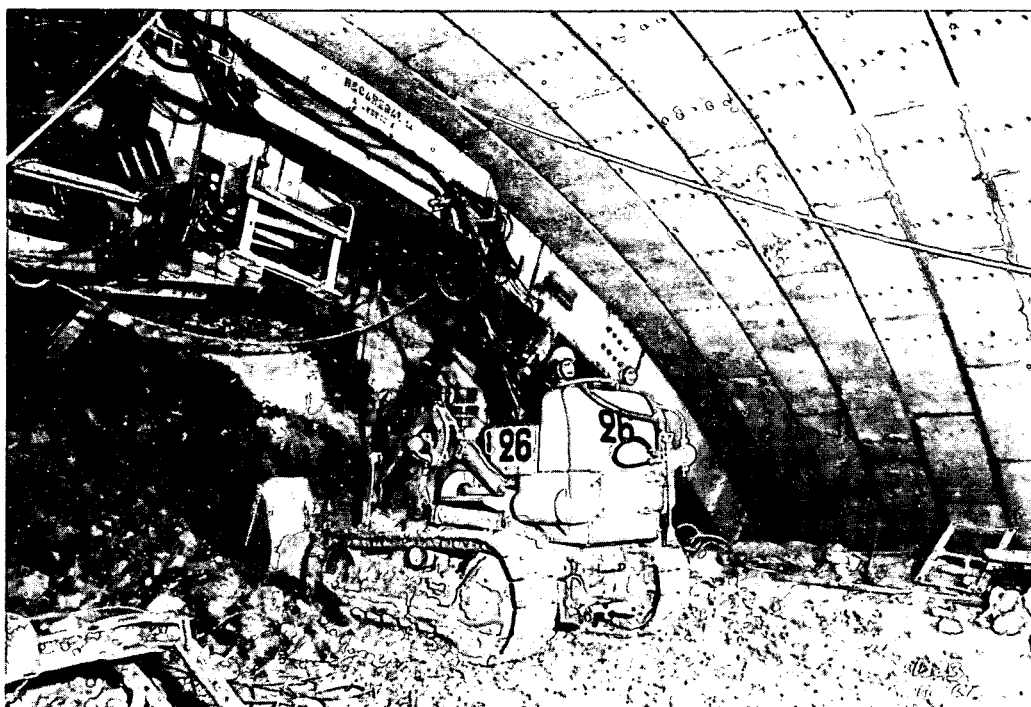
Les portes – quatre par face de voiture – sont à fermeture pneumatique après manœuvre des loqueteaux par les voyageurs.

L'éclairage par tubes fluorescents est alimenté par le courant de traction, avec éclairage de secours automatique sur batteries.

Les détails d'aménagement sont prévus de manière à assurer aux usagers les meilleures conditions de confort et de silence ; par exemple, les strapontins sont munis de dispositifs les empê-

chant de se relever trop brusquement et bruyamment lorsqu'ils cessent d'être occupés.

Le public a pu faire la connaissance de ce matériel, dont les premières rames ont été livrées dans le courant de 1966, à l'exposition de matériel ferroviaire organisée à la Gare Montparnasse lors du dernier Congrès de l'Union Internationale des Chemins de fer. D'autre part, les nouvelles rames sont mises en service sur la ligne de Sceaux au fur et à mesure de leur livraison.



Station « Nation ».

Cliché « Baranger ».

Terrassement du front d'attaque avec le « Traxcavator ».

L'EXPLOITATION

Les modalités d'exploitation du Réseau Express Régional ont fait l'objet d'études approfondies qui se poursuivent encore sur certains points, pour la tarification notamment.

La traction sera assurée, comme sur la ligne de Sceaux, par courant continu à 1 500 volts fourni aux trains par ligne de contact aérienne à suspension caténaire.

Par contre, le code de la signalisation sera différent de celui de la ligne de Sceaux ; il sera très voisin de celui de la S. N. C. F. ; en effet, les nouvelles lignes pourront, en certains points, être parcourues par des trains de marchandises reliant le réseau de la S. N. C. F. aux gares de marchandises qui resteront exploitées par cette société.

Le code de la ligne de Sceaux pourra être modifié ultérieurement.

Le poste central de régulation disposera d'un système plus perfectionné que celui de la ligne de Sceaux et pourra contrôler à distance tout le service de la ligne. Il pourra, à certaines heures, commander à distance les manœuvres lorsque les postes locaux de commande ne seront pas en service. Le poste assurera la télécommande de l'alimentation en courant de traction des diverses sections de la ligne.

Bien d'autres aspects du futur réseau mériteraient des développements, par exemple son régime administratif, mais ils excéderaient le cadre de cette étude.

Il faut cependant conclure cet article en évoquant le mode tout à fait particulier du finance-

ment qui a été adopté pour le R. E. R., et, qui n'a été rendu possible que par le caractère véritablement national de l'investissement constitué par cette réalisation.

Le coût total des travaux avoisinera 2 milliards, les autorisations de programme se répartissent de la manière suivante :

	COÛT TOTAL	A. P. ACCORDÉES jusqu'à la fin de 1965	AUTORISATIONS PRÉVUES pour la durée du V ^e Plan
Branche Ouest	1 335	765	570 (millions de F.)
Branche Est	541	283	258
TOTAL	1 876	1 048	828

En vertu des décisions gouvernementales, il a été entendu lors de la mise en route des travaux de la transversale que si les dépenses de matériel roulant et de superstructure seraient financées par la R. A. T. P. dans les conditions habituelles de ses programmes de premier établissement, la réalisation de l'infrastructure serait payée inté-

gralement sur des subventions, supportées en parties égales par le Budget de l'Etat et par celui du District de la Région Parisienne.

On mesure ainsi l'effort financier accompli, même sur le plan national, pour doter le Paris futur d'un réseau de transport à son échelle.

LES GRANDES ÉCLUSES MARITIMES

DE DUNKERQUE ET DU HAVRE

C'est un fait connu de tout le monde que la taille des navires de charge augmente constamment et qu'elle a présenté ces dernières années une croissance particulièrement rapide (1).

Les grands ports ont donc eu le souci de s'adapter à cette évolution par la création de plans d'eaux plus vastes et plus profonds, et par la construction de nouveaux ouvrages d'accostage. A ceux de ces ports qui s'ouvrent sur des mers à marée et dont les bassins sont maintenus en eau de manière artificielle, s'est posé le problème de la construction de nouvelles écluses. Tel est en particulier le cas des ports de Dunkerque et du Havre.

La construction d'une grande écluse maritime se justifie principalement (intrinsèquement, pour ainsi dire) par l'économie qu'elle permet de réaliser du fait que les ouvrages qu'elle dessert peuvent être construits avec une hauteur ou une profondeur moindre. Il va sans dire que le raisonnement n'est valable que si ces ouvrages sont, en nombre et en étendue, suffisants pour que l'investissement massif (2) que représente la construction de l'écluse puisse être compensé par l'ensemble des économies réalisées. Il existe donc en principe une limite au dessous de laquelle il n'est pas « rentable » de fermer un ensemble de bassins et de quais par une écluse. Cette limite dépend d'ailleurs de la taille des navires pour lesquels l'écluse et les bassins sont conçus.

Bien entendu d'autres considérations peuvent influencer (quelquefois de manière radicale) sur le

(1) En 1953 le plus grand des navires en service était de 45 300 tdw. En 1956, il était de 85 000 tdw.

Le pétrolier Nissho Maru, de 132 000 tdw (longueur 291 m, largeur 43 m, tirant d'eau à pleine charge 16,6 m), a été le plus grand navire en 1964 et en 1965.

Il a perdu son rang en 1966 au profit du Tokyo/Maru, de 150 000 tdw (longueur 307 m, largeur 47,5 m, tirant d'eau 16 m).

En 1965, on comptait dans le monde 27 commandes de navires de plus de 100 000 tdw dont une de 167 000 tdw et une de 200 000 tdw.

En Janvier 1966, le pétrolier Idemitsu Maru de 205 000 t a été commandé. Fin Juin intervenait la commande de 6 pétroliers de 275 000 tonnes.

Les sociétés de classification ont déterminé quelles seraient les dimensions d'un navire de 500 000 tdw et l'on même parlé de la possibilité de navires de un million de tonnes.

(2) Les écluses de Dunkerque et du Havre coûteront chacune environ 150 000 000 Francs.

choix de la solution ; notamment peut intervenir le fait que le port soit déjà fermé par des écluses dont la taille est devenue insuffisante. Des raisons purement techniques peuvent aussi entrer en jeu ; ce sera par exemple le cas si les courants engendrés dans les pertuis par le remplissage et la vidange des bassins par le jeu de la marée sont gênants pour la navigation.

Quoi qu'il en soit, il apparaît bien, au Havre comme à Dunkerque, que le problème de la construction d'une grande écluse maritime s'associe à celui d'un véritable changement d'échelle de l'ensemble portuaire ; dans un cas comme dans l'autre, les installations portuaires, après avoir proliféré dans un cadre plus ou moins rigide pendant quelques décades, s'appêtent à partir à la conquête de nouveaux territoires. Ici comme là, la construction de la nouvelle écluse est, à la fois, justifiée par l'expansion à venir, et la condition de cette expansion. A Dunkerque, la nouvelle écluse prendra la relève des écluses Watier et Trystram, désormais utilisées à leur capacité maximale et incapables de faire face à un développement vers l'Ouest des bassins à flot du port qui, à son stade final, aura quadruplé la surface actuelle de ces bassins. Au Havre, la nouvelle écluse permettra l'extension, dans la plaine alluviale de l'Est, des bassins à niveau constant auxquels l'écluse Vétillart ne permet actuellement qu'un accès précaire.

Il est également significatif que dans l'un comme dans l'autre port, les dimensions choisies pour la nouvelle écluse correspondent au navire de 100 000 tonnes environ (1). Certes, à Dunkerque, ces dimensions ont avant tout été choisies en harmonie avec les possibilités de l'avant-port dans lequel débouchera l'écluse. Mais il est peu probable que, ce navire soit un pétrolier ou un minéralier que lorsqu'il s'agira de donner accès au port par le nouvel avant-port qui est projeté à l'Ouest de l'actuel, on construise des écluses de dimensions beaucoup plus considérables. Plus vraisemblablement, les navires les plus gros seront reçus dans

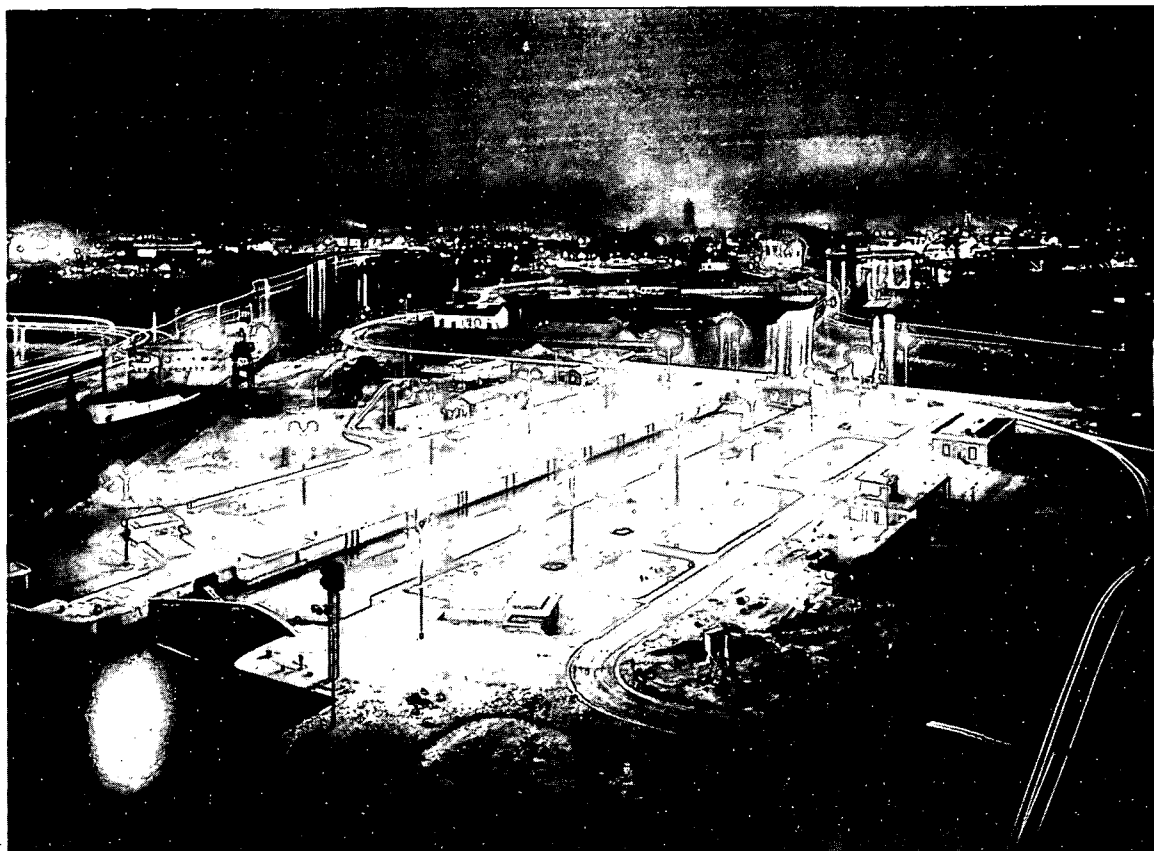
(1) Les dimensions du navire de 100 000 tonnes tdw sont approximativement les suivantes :

- Longueur hors tout de 280 à 290 m ;
- Largeur hors tout de 39 à 43 m ;
- Tirant d'eau maximal de 14 à 15 m ;

que ce navire soit un pétrolier ou un minéralier.

des bassins de marée, les bassins à flot étant ouverts aux seuls navires de moins de 200 000 tonnes. Au Havre, il a de même été considéré qu'il n'était pas justifié de permettre aux navires de plus de 100 000 tonnes d'accéder aux bassins à niveau constant par la nouvelle écluse ; les pétroliers ou les minéraliers de tonnage supérieur seront donc reçus dans les bassins de marée, du moins tant que la fréquence des navires de cette taille ne justifiera pas la construction d'une écluse plus vaste.

Bien que limitée à celles des navires de 100 000 tonnes, les dimensions de ces écluses n'en sont pas moins considérables, et elles rejoignent (et même dépassent) celles des grandes écluses construites un peu avant la première guerre mondiale pour la réception des grands transatlantiques dans des ports comme Amsterdam (Ijmuiden) ou Bremerhaven. Leur longueur utile a été fixée à 365 m de manière à permettre le sassement du plus gros navire accompagné des remorqueurs qui l'assistent. De même la largeur excède largement la



L'écluse Trystram.

Cliché « Desrumaux SPADEM »

taille des navires afin de faciliter leur entrée, qui autrement serait gênée par le pistonement de l'eau. Elle a été fixée à 50 m à Dunkerque et à 54 m au Havre, où l'on désire fréquemment faire entrer plusieurs petits navires ensemble dans le sas. Quant à la cote du seuil, variable selon le port en fonction des conditions de marée, elle a été fixée à (- 13,00) au Havre, et à (- 13,50) à Dunkerque (1). Dans chacun des cas le choix de

cette cote réserve un pied de pilote d'au moins deux mètres sous la quille des plus gros navires, étant observé toutefois que l'accès de ces derniers ne sera possible que pendant une fraction du cycle de la marée. Cette restriction n'est pas imposée par le seul souci d'éviter une dépense dont la contrepartie serait faible, mais résulte aussi du fait que l'accès des grands navires ne se fait pas à marée basse pour des raisons d'ordre nautique.

Bien qu'elles aient été menées de façon relativement indépendantes, les études faites au Havre et à Dunkerque ont conduit les unes et les autres à décider que les écluses projetées dans ces ports

(1) Les terres-pleins étant à (+ 9,00) à Dunkerque et à (+ 9,50) au Havre, la hauteur libre des bajoyers est donc la même : 22,50 m.

seraient dotées de portes de type roulant, à l'exclusion de portes de tout autre type (portes busquées, rabattantes, ou à secteur). De nombreux avantages peuvent en effet être reconnus aux portes roulantes, parmi lesquels on peut citer en premier lieu le fait que leur encombrement dans le sens de la longueur de l'écluse est le plus faible, en second lieu, le fait qu'il est aisé d'aménager l'écluse de manière à permettre la mise à sec des portes sur place, et enfin le fait que ces portes s'accommodent d'un renversement de la dénivellation hydraulique, circonstance qui se présente presque toujours, et notamment au Havre et à Dunkerque. De ce fait, il n'est pas de très grande écluse qui ne soit dotée de telles portes (Ijmuiden, Bremerhaven, Anvers, Terneuzen). Le Port de Dunkerque possède lui-même une bonne expérience en la matière puisque son écluse Watier est dotée de trois portes roulantes.

Rappelons que les portes de type roulant (dites également portes « brouettes ») sont des structures métalliques de forme parallélépipédique dont les dimensions s'adaptent presque exactement à la section de la bouchure à réaliser et qui, en position de fermeture, s'appuient sur trois de leurs côtés contre des feuillures ménagées dans les bajoyers et au fond de l'écluse. Munies d'un bordé continu sur chacune de leurs faces, ces portes peuvent donc faire leur office quel que soit le côté où s'applique la charge d'eau.

À l'ouverture, elles glissent horizontalement dans leur plan et viennent ainsi se loger dans des enclaves ménagées sur l'un des côtés de l'écluse. Ces enclaves peuvent être aménagées comme des formes de radoub et servir ainsi à la visite d'entretien périodique des portes ou à leur réparation.

Les portes roulantes sont guidées dans leur mouvement d'ouverture et de fermeture par des rails situés sur le radier de l'écluse et sur le rebord des murs limitant les enclaves. La porte prend appui sur les rails du fond par l'intermédiaire d'un chariot immergé qui permet les légers mouvements latéraux nécessaires à l'obtention de l'étanchéité. Ce chariot est généralement unique et placé sous le « nez » de la porte (du côté opposé aux enclaves) tandis que la porte est suspendue à l'arrière à un autre chariot circulant sur les rails supérieurs (d'où l'appellation « brouette ») par un attelage articulé ; le chariot supérieur a aussi pour rôle de transmettre à la porte l'effort du mécanisme de manœuvre.

À Dunkerque chaque porte pourra en outre être équipée d'un chariot immergé arrière qui sera mis en place en cas de nécessité.

Vu leurs dimensions (à Dunkerque chaque porte aura environ 53 m de largeur, 22 m de hauteur et

9 m d'épaisseur) et les efforts qu'elles ont à supporter, ces portes atteignent un poids considérable : 1 500 à 2 000 tonnes. Aussi est-il exclu de laisser reposer tout ce poids sur les organes de roulement ; les portes sont donc munies de ballasts qui leur assurent une flottaison presque totale, seul l'excédent de poids juste suffisant pour le guidage étant en fait appliqué aux galets. Grâce à ces ballasts, placés juste au dessous du niveau des plus basses eaux de manière à rendre le poids apparent de la porte quasi-indépendant du niveau réel de l'eau et aussi à lui donner la stabilité maximale, il est encore possible de faire flotter complètement la porte pour la mettre en place ou pour dégager les chariots. L'exploitation de portes de ce type se trouve donc être extrêmement sûre, et à ce nouvel avantage vient encore s'ajouter celui d'une mise en service ou hors service peu gênante pour la circulation dans l'écluse, puisque tout se passe dans l'enclave, ou presque.

Pour permettre l'entretien des portes, et aussi pour parer à une avarie toujours possible, il est reconnu nécessaire de munir chaque tête de deux portes, la porte située du côté extérieur assurant le service normal, et la porte intérieure étant en réserve. Grâce à leur faible encombrement longitudinal, les portes roulantes permettent facilement cette disposition sans une augmentation exagérée de la longueur totale de l'écluse ni une réduction trop importante de sa longueur utile minimale. Quoique trois portes interchangeables entre elles soient en principe suffisantes pour permettre l'entretien, on juge maintenant nécessaire de disposer de quatre portes. Il en a été ainsi en particulier pour les écluses de Zandvliet (près d'Anvers) et de Terneuzen (près de Gand) (1) et il en sera de même à Dunkerque et au Havre. Ce point de vue est d'ailleurs confirmé par la gêne que cause, à l'écluse Watier, l'absence d'une seconde porte à la tête amont.

Notons au passage, la particularité que présenteront celles de l'écluse de Dunkerque, de pouvoir être verrouillées en position de fermeture par un système de vérins appliquant fortement la porte contre ses feuillures. Ce verrouillage aura pour objet d'empêcher les battements de la porte sous l'effet du clapotis qui pourra, par mauvais temps, régner dans l'avant-port, voire dans les bassins. Le recours à ce dispositif a été décidé (malgré les résultats très favorables de l'étude sur modèle réduit de l'implantation de l'écluse) en raison de son faible coût et de l'amélioration considérable

(1) Cette écluse comporte une cinquième porte assurant une division du sas.

qu'un dispositif semblable a apporté à l'exploitation de l'écluse Watier, très exposée à la houle.

Les dispositions du génie civil de l'écluse découlent de celles retenues pour les portes. Les écluses du Havre et de Dunkerque comporteront donc, comme celle de Zandvliet, deux têtes en béton massif dans lesquelles seront aménagées les enclaves des portes et qui seront réunies entre elles par un sas indépendant des têtes. Dans les têtes seront également logés les aqueducs commandés par les vannes levantes assurant les manœuvres hydrauliques de l'écluse. Chaque tête en comprendra deux, un de chaque côté. Dans le massif séparant les enclaves de chacune des têtes trouvera naturellement place la station de pompage qui permettra la mise à sec des dites enclaves, et qui refoulera dans l'aqueduc contournant ces dernières. L'ensemble de chaque tête reposera sur un radier général ceinturé par un rideau d'étanchéité constitué de palplanches battues jusqu'à la couche imperméable (argile de Villerville au Havre, argile des Flandres à Dunkerque).

En ce qui concerne la conception du sas, les dispositions retenues dépendent beaucoup des conditions de fondation. À Dunkerque des conditions de sol convenables ont permis de retenir deux murs indépendants entre eux quant à la stabilité au renversement, mais néanmoins butés l'un sur l'autre par l'intermédiaire de butons établis au niveau de leur semelle. L'assise de ces murs sera protégée à l'avant et à l'arrière par des rideaux d'étanchéité, mais le fond du sas restera nu, à ceci près toutefois que le sable en place y sera protégé contre les affouillements dûs aux hélices par un filtre couvert d'enrochements.

Au Havre, des conditions de fondation plus difficiles ont conduit à retenir des murs bajoyers réunis entre eux par un radier couvrant toute la largeur du sas. Mais dans l'un comme dans l'autre cas c'est le simple mur en béton armé qui a fourni la solution la plus économique.

L'écluse de Dunkerque sera munie, du côté de son débouché dans l'avant-port, d'une jetée d'embecquetage de 210 m de long qui aura le triple rôle de faciliter la présentation du navire, de porter ombre vis-à-vis des houles Nord qui peuvent dans une certaine mesure pénétrer dans l'avant-port, et, par le jeu de la forme de son parement et de la plage d'amortissement qui la couronnera, d'atténuer l'agitation résiduelle qui pourrait la contourner. Cette jetée sera équipée d'amortisseurs capables de s'accomoder d'accostages très rudes.

Au Havre, la nouvelle écluse débouchera en fond de bassin de marée où n'est ressentie aucune agitation. L'embecquetage des navires y sera

assuré par de simples lignes de ducs d'Albe tubulaires.

Dans l'un et l'autre port, la nouvelle écluse sera construite à sec dans une fouille à l'intérieur de laquelle le niveau de l'eau sera abaissé par pompage. La limitation des venues d'eau a posé des problèmes spécifiques des deux sites. Au Havre, l'écluse doit être réalisée en site entièrement terrestre ; comme il existe juste au-dessus du bedrock une couche très perméable, il faudra ceinturer la fouille par une paroi étanche recouvrant cette couche et pour la réalisation de laquelle le béton plastique moulé dans le sol a été préféré au rideau de palplanches, impossible à battre vu sa fiche de 40 m. À Dunkerque, l'emprise de la fouille déborde à l'aval sur les bassins et à l'amont sur l'avant-port ; la zone à assécher sera donc limitée de chaque côté par un batardeau, pour la constitution duquel les cellules en palplanches plates, remplies de sable, ont été retenues ; dans la partie centrale de la fouille la faible perméabilité naturelle du sable qui surmonte l'argile des Flandres ne rend pas nécessaire la constitution d'un écran.

La durée des travaux sera de 4 à 5 ans. L'écluse de Dunkerque, commencée il y a quelques semaines, sera achevée à la fin de 1970 ; sa construction aura entraîné l'exécution de 1 700 000 m³ de terrassement, la mise en œuvre de près de 400 000 m³ de béton et de 12 000 tonnes d'armatures, la réalisation de près de 10 000 tonnes de charpente métallique, sans compter les quelques 13 000 tonnes de palplanches nécessaires aux batardeaux et aux vannages. La construction de l'écluse du Havre doit être entreprise en 1967 et s'achèvera en 1971, et sa construction représentera évidemment un volume de travaux analogue.

Si ces deux écluses auront bien pour rôle principal de permettre le passage des navires de la partie marnante du port à la partie à niveau artificiel, l'écluse de Dunkerque aura de plus un rôle secondaire d'alimentation en eau des bassins à flot du port (problème qui ne se pose pas au Havre où les bassins à niveau constant sont alimentés de manière indépendante). L'écluse de Dunkerque sera ainsi exploitée sous des régimes différents selon le niveau de la marée, comme l'est déjà, d'ailleurs, l'écluse Watier. Au voisinage de la marée haute, toutes les portes seront ouvertes et les navires pourront franchir librement l'écluse par laquelle, pendant ce temps, l'eau perdue depuis la marée haute précédente pourra à nouveau pénétrer dans le port. Une fois le remplissage obtenu et l'étalement de courant atteint, les portes seront refermées et l'écluse pourra alors fonctionner de manière normale.

La durée du cycle de sasement sera voisine de 40 minutes au Havre comme à Dunkerque, malgré quelques légères différences dans la durée des opérations techniques (manœuvre des portes et des vannes, délai de remplissage ou de vidange du sas). Ces opérations ne représentent d'ailleurs qu'une part non prépondérante de la durée totale du cycle, qui dépend surtout de la durée des manœuvres d'entrée et de sortie des navires eux-mêmes.

La construction de sa nouvelle écluse permettra au Port de Dunkerque d'accroître de manière très sensible le volume des marchandises en vrac qu'il pourra recevoir par grands navires ; ce volume, qui est d'actuellement 100 000 tonnes par marée, passera en effet à environ 300 000 tonnes par marée. Au Havre, de même, on escompte que la nouvelle écluse permettra le sasement de 50 navires de tous tonnages par jour.

G. GIAUFFRET,

*Ingénieur des Ponts et Chaussées
Directeur des Travaux
de Port Autonome de Dunkerque.*

CES AUTOROUTES

qu'attendent les villes françaises...

Nul ne conteste plus aujourd'hui qu'il faille équiper les villes françaises d'un réseau de voies rapides à haute densité de circulation, pour y faire face au flot des automobiles.

Préparer de tels projets consiste à traduire en termes de géométrie les conditions de bon fonctionnement recherchées en heure pleine. On trouvera ci-dessous les indications sur la manière d'y parvenir.

VILLES, VOIRIES, VOITURES...

La ville est née de la roue qui y amène, ou en emmène, personnes, produits, matériaux, mais la motorisation de ces roues a rompu l'équilibre qui régnait entre bâtiments, habitants et mouvements.

De plus, dans le concert mondial, la France est relativement en avance pour la motorisation de ses habitants, mais en retard pour leur urbanisation, de sorte qu'il y a une inadaptation chaque jour aggravée entre les rues-corridors polyvalentes et étroites de nos villes anciennes et les besoins de la circulation des véhicules modernes. Pour combler cet écart, nous ne pourrions ni ne voudrions éventrer nos villes, ni restreindre abusivement l'usage des voitures particulières et force nous est de résoudre le litige.

Un des moyens d'y parvenir est de classer les voies selon une hiérarchie en même temps qu'on classe les zones de la ville selon leur activité dominante (habitat, industrie ou échange).

Ainsi, on distinguera des voies locales ou de *desserte*, permettant l'accès aux propriétés, puis ces capillaires seront branchés sur des voies *artérielles ou de distribution* rassemblant le flot circulatoire et l'acheminement vers des voies de *liaison rapide* qui le transmettront d'un secteur de la ville à un autre.

Dans cette structure pyramidale à trois étages, à la trilogie : accès aux propriétés – fonctions de quartier – échanges entre quartiers, répondront les trois étapes d'un parcours : rassemblement – acheminement – éclatement. L'acheminement se fera par les voies qui présentent font défaut aux villes françaises : les voies rapides urbaines.

Urbaines, ces voies le seront par leur intense et permanente fréquentation. Rapides, par leur

mode particulier d'exploitation en section courante, dit « statut autoroutier ».

Il s'agit alors d'absence rigoureuse d'accès riverains (pas de desserte des propriétés longées) et de confinement des possibilités d'accès en des points spécialement aménagés.

Si ces derniers sont à niveau séparé, la voie rapide sera une autoroute, si, au contraire, ce sont des carrefours convenablement conçus et coordonnés, ce sera une route express. Celle-ci peut d'ailleurs, assez souvent, n'être qu'une étape d'aménagement progressif vers une future autoroute, l'évolution consistant à supprimer peu à peu les accès à niveau temporairement admis.

Sur le terrain, s'inscrira donc un réseau maillé de voies primaires (ou rapides) s'articulant sur des voies secondaires (ou artérielles) et tertiaires (ou de desserte).

Dans la confrontation triangulaire entre les villes, les voitures et la voirie, il traduira notre souci de rendre les hommes plus mobiles tout en conciliant à la fois leur interdépendance, née de la division du travail, et leur autonomie, ferment d'initiative, dans un cadre qui leur offre les dimensions qu'exige toute activité moderne.

On y retrouve la double marque de ce siècle : une masse qui a su s'organiser, puisque la voie rapide urbaine sera le moyen d'innover l'ensemble des structures sociales afin qu'elles communiquent entre elles sans se gêner. L'expression urbanistique de cette desserte tangentielle des zones de résidence ou d'activité économique s'est d'ailleurs récemment affirmée et a donné droit de cité (c'est le cas de le dire) par exemple à la notion d'« unité d'environnement », secteur urbain en équilibre, où ne peuvent pénétrer les circulations de transit qui n'ont rien à y faire.

Toutefois ce réseau hiérarchisé devra faire preuve d'une double cohérence, puisque la nature du déplacement dépend de celle des activités qu'il relie : il y a interaction évidente entre l'habitat, les activités de la ville et les transports qui brochent sur le tout. Cette cohérence concernera donc d'une part l'habitat et l'emploi, et d'autre part les moyens de transports concurrents susceptibles de les faire communiquer.

L'instrument de cette cohérence est le « schéma de structures et de transports », nouveau venu de

l'urbanisme français et – en quelque sorte – « portrait robot » de la ville à équiper et du fonctionnement qu'elle aura.

De plus, sauf dans les villes nouvelles – dont la création ex nihilo pose d'ailleurs d'autres problèmes –, il faudra aussi que le réseau hiérarchisé établi dans les zones d'expansion des villes anciennes soit en harmonie avec la voirie des centres déjà construits (et pas seulement sous l'angle du stationnement ou de l'accès dans ces centres).

Il faudra alors, par des mesures de classement administratif appropriées (règlement de police, interdictions de stationner ou de tourner à gauche, mise en sens unique notamment), y prévoir aussi une spécialisation des rues existantes qui devra tendre également à séparer les fonctions de desserte, de collecte et de transit.

UNE VOIE RAPIDE URBAINE, QU'EST-CE QUE C'EST ?

Même pour contredire l'humoriste Alphonse Allais qui proposait de transporter les villes à la campagne pour résoudre tous leurs problèmes, il n'est pas possible d'imposer à une ville une autoroute de rase campagne.

En effet, les problèmes fonciers, l'ampleur des débits à écouler, la multiplicité des accès et la complexité des travaux nous l'interdiraient, ne serait-ce que par leur conséquence cumulée : à surface de plate-forme égale, le coût d'une autoroute urbaine est 4 à 10 fois supérieur à celui d'une autoroute de rase campagne.

Du reste la route de rase campagne peut servir de faire valoir à la route urbaine puisque sur l'une, on vise à assurer au véhicule considéré isolément une vitesse élevée, alors que sur l'autre, au contraire, on désire garantir à un grand nombre de véhicules simultanément admis une vitesse suffisante.

La route de rase campagne exprime ainsi la vitesse dans ce qu'elle a de plus individualisé : la trajectoire qu'elle s'efforce d'épouser au mieux, alors que la route urbaine doit traduire, elle, la manifestation la plus collective de la lutte contre le chronomètre : le débit d'un fluide qu'il s'agit d'écouler au mieux.

Transposé en termes de géométrie (la vitesse de base, ou vitesse possible en toute sécurité en heure creuse), le véritable absolu se révèle : le fonctionnement (le débit écoulable en toute sécurité en heure de pointe).

Or c'est bien le point le plus important. D'abord

parce que les heures de pointe sont un phénomène urbain qui exprime à sa façon que les citadins attachent une valeur plus élevée à cette tranche de temps dans leur journée, car c'est celle où ils sont obligés de quitter leur domicile ou d'y revenir et ils voudraient y consacrer le minimum de temps.

Ensuite par ce que c'est sur la qualité de fonctionnement en heure pleine que cette masse de citadins juge l'équipement qui assure ses déplacements.

Enfin parce que, en dehors de ces heures pleines, le service sera de meilleure qualité.

Pour toutes ces raisons, une voie rapide urbaine se projette pour le régime de pointe et, son volume de trafic de pointe étant défini par la demande de trafic, on en déduit la géométrie à donner à la section courante et aux accès les plus chargés.

Le point de vue collectif du constructeur doit d'ailleurs rejoindre le point de vue individuel de l'usager dans le choix judicieux du régime de pointe car c'est lui qui déterminera non seulement les dimensions de l'équipement mais aussi sa fréquentation, la stabilité de son fonctionnement, et enfin, synthétisant le tout, son bilan économique généralisé, tant individuel (qualité du service rendu, c'est-à-dire attractivité) que collectif (quantité du service rendu, c'est-à-dire rentabilité).

Il va sans dire que les contraintes multiples, la diversité des situations rencontrées, les difficultés techniques de toute nature, les conditions géométriques imposées (emprises restreintes, accès au droit des rues existantes), empêcheront de donner à la voie rapide une géométrie uniforme sur toute sa longueur.

Or, c'est le bon fonctionnement que nous visons et nous en traduisons les conditions en termes de géométrie, selon le langage nécessaire et familier au Projeteur pour définir son propos. Il faudra lui demander, à titre de réciprocité, que, dans la géométrie finalement disponible, l'écoulement routier puisse se faire convenablement. C'est lui donner des impératifs d'homogénéité et de cohérence, notamment aux accès, en vue d'éviter les goulots d'étranglement.

Pour projeter une voie rapide urbaine, les principes d'aménagement doivent donc être extrêmement souples pour pouvoir tirer parti de chaque circonstance, en vue d'un fonctionnement le moins mauvais possible dans toutes les hypothèses.

Le point essentiel sera le contrôle des accès, qui est le résultat d'un tournoi triangulaire entre la ville, l'autoroute et l'espace disponible.

Le premier sommet est l'emplacement des rues à raccorder. D'une part, dans les villes anciennes, trop denses, elles sont trop rapprochées et cela pose de difficiles problèmes techniques pour construire les échangeurs. D'autre part, dans les zones d'urbanisation moderne, il faut lutter contre

une idée fautive selon laquelle une autoroute, ou un échangeur sur celle-ci, peut absorber n'importe quel débit : un échangeur courant (par exemple le classique losange) écoule normalement 1 000 véhicules en heure de pointe soit 10 à 15 000 par jour, ce qui permet la desserte d'environ 20 000



Vue aérienne « Durandaud »

Une autoroute urbaine de rocade s'insinue entre des immeubles collectifs, des stades, un cimetière, un tissu de petits ateliers et de pavillons.

logements soit moins de 100 000 personnes. La construction d'un trop grand nombre de logements près d'un échangeur d'autoroute, s'il est un banal argument commercial pour les promoteurs, est parfois un mauvais calcul dont pâtissent les nouveaux habitants qui retrouvent sous leurs fenêtres l'embouteillage du matin et du soir qu'ils croyaient avoir fui...

Le second sommet est le fonctionnement même de l'autoroute : il n'est jamais si bon qu'avec de rares échangeurs, car chacun perturbe l'écoulement des véhicules déjà lancés sur la chaussée et non désireux de l'utiliser. Mais si ces échangeurs sont trop rares, l'autoroute desservira mal la ville et sera sous-alimentée, deux handicaps pour que son projet soit rentable...

Le troisième sommet est la constitution physique même d'un échangeur, généralement assez gros consommateur d'espace (puisqu'il faut mettre en vitesse jusqu'aux environs de 80 km/h ou ralentir progressivement les véhicules qui entrent ou sortent de l'autoroute). Or, on désire le construire sur une rue déjà fréquentée et attractive, c'est-à-dire en des points où l'espace est recherché, mesuré et cher. A l'image des voitures de ville elles-mêmes « grandes à l'intérieur et de faible encombrement hors-tout », l'échangeur devra donner de l'aisance aux manœuvres qui s'y pratiquent tout en les confinant dans des emprises difficiles à libérer et toujours trop étroites.

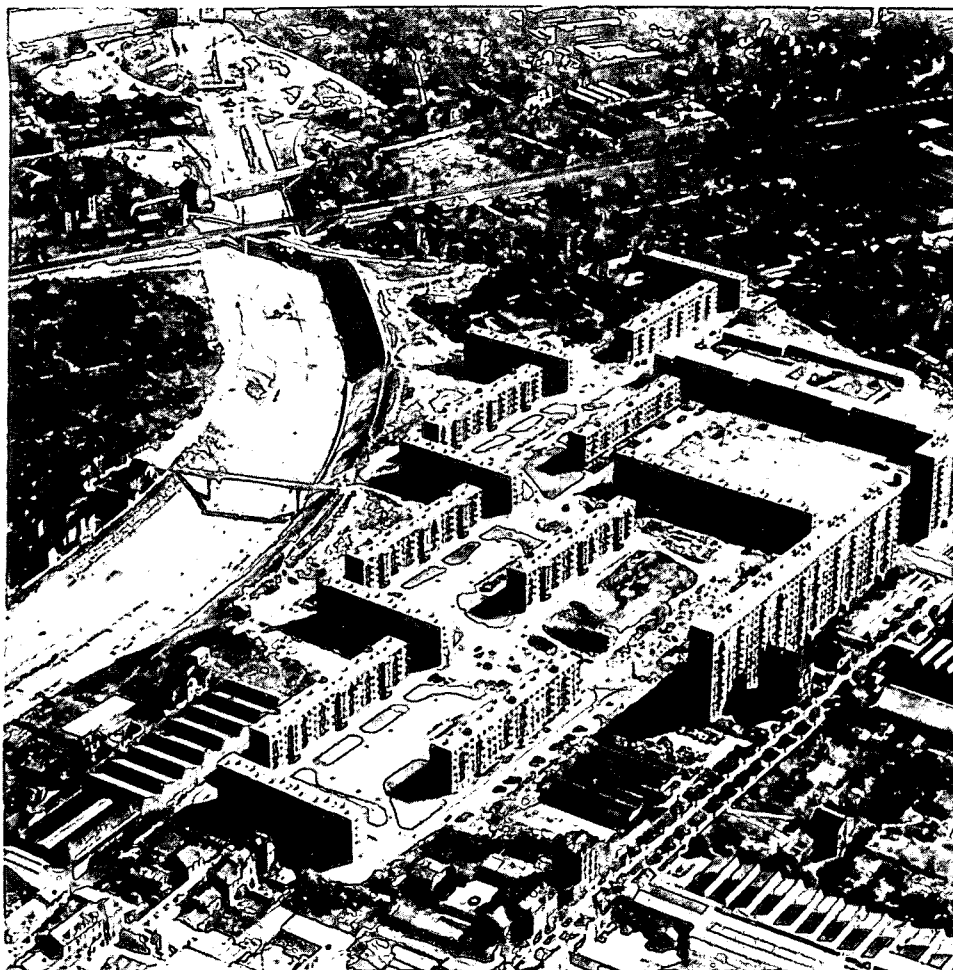
Aussi le compromis entre le souhaitable pour la ville et l'acceptable pour la voie, devra-t-il se

mouler au corset souvent trop serré de la géométrie disponible. Sous pareilles contraintes, le résultat sera rarement idéal.

Enfin, l'usage d'une autoroute urbaine, aussi bien dessinée soit-elle prend toujours un aspect aléatoire, car il dépend du comportement des nombreux autres conducteurs qui s'y engagent en même temps que vous. Ainsi se créent et se modifient de façon incessante les conditions d'écoulement de ce fluide énergétique nouveau : des flots de voitures autonomes. Cet écoulement a des lois que tous ne respectent pas au même degré et il peut en résulter des perturbations ou, pour le

moins, des fluctuations (de vitesse, de débit, de temps moyen de parcours entre deux points donnés). Quelquefois même, une grande quantité d'automobilistes prudents subiront des retards provoqués par quelques imprudents, quelques égoïstes ou quelques inconscients.

Une voie rapide urbaine, en heure pleine, n'offre donc pas une certitude absolue de faire un trajet bon et assez rapide mais, par exemple, une chance sur dix d'en faire un médiocre, moins bon même que si on était resté sur la voirie ordinaire, qu'on ne pourra pas rejoindre en cas d'embouteillage...



Vue aérienne « Durandaud »

Une autoroute urbaine radiale en construction évite un grand ensemble, franchit des rues nombreuses et une voie ferrée de banlieue et s'établit en tranchée profonde.

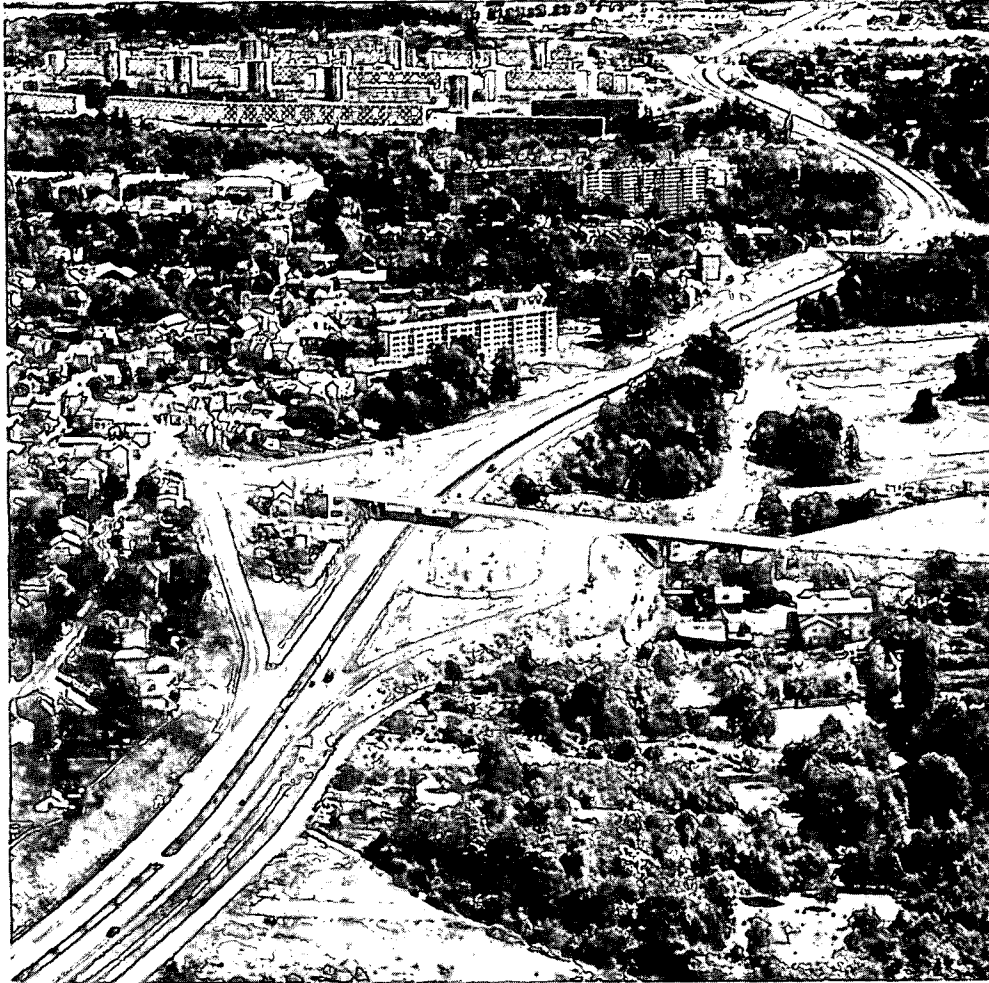
PORTRAIT PROVISOIRE DES PREMIÈRES AUTOROUTES URBAINES FRANÇAISES

Pour définir d'urgence et à titre temporaire les conditions techniques d'aménagement des autoroutes urbaines dont les chantiers seront ouverts

au cours du V^e Plan, la Direction des Routes et de la Circulation Routière du Ministère de l'Équipement a créé en son sein un Groupe d'Études des Problèmes Urbains (en abrégé : G. E. P. U.). Dès Juin 1966, le G. E. P. U. a établi et diffusé une Note Technique connue sous le Numéro 13 qui

défini en 7 chapitres et en 45 pages les « Bases des Projets ». Un complément de 5 chapitres et d'environ 60 pages, qui recevra le Numéro 14, doit lui être apporté en 1967 et concernera le « Contrôle des Accès » et les « Compléments d'Étude ».

Sans entrer dans le détail d'un texte qui constitue en fait un véritable « Petit Précis du Projeteur », poussant déjà fort loin le souci de rigueur et de conduite rationnelle des études, il est possible d'en brosser à larges traits une revue qui en fera saisir l'esprit et la démarche.



Vue aérienne « Durandaud »

Un échangeur d'autoroute urbaine et son effet d'« urbanisme induit » : tous les immeubles collectifs visibles sur la photo n'existaient pas il y a six ans, avant l'achèvement de l'autoroute.

Un *premier chapitre* prolonge la nomenclature routière pour l'adapter aux besoins des voies rapides urbaines et l'on y remarquera surtout que le G. E. P. U. envisage :

— la *composition des profils en travers* en section courante au moyen de trois éléments fonctionnels exclusifs les uns des autres : les *largeurs roulables* (entre glissières) séparées entre elles par un *séparateur* (central) et du monde extérieur par des *isolateurs* (latéraux). Une plateforme résulte alors d'une addition sans omis-

sion ni répétition d'éléments de ces trois sortes et une voie rapide urbaine sera caractérisée par sa catégorie de largeur roulable (définie au chapitre cinq) ;

— la *hiérarchisation des trois sortes d'accès* possibles : les *carrefours* (accès à niveau), les *diffuseurs* (accès dénivelés où se gagne ou se perd le statut autoroutier), les *nœuds* (où il se conserve), chacun étant réalisés avec des organes d'échange appropriés du trafic : *couloirs, attaches et branches* (respectivement).

Le *second chapitre* fixe provisoirement les débits qui pourront s'écouler en heure de pointe. Les valeurs adoptées par le G. E. P. U. se rapportent à des écoulements déjà assez denses qu'on peut schématiquement définir comme suit : des files de véhicules espacés en moyenne de 40 à 30 mètres et roulant entre 70 et 50 kilomètres à l'heure.

De plus, une méthode assurant la cohérence entre les accès et les sections courantes est esquissée au moyen de trois règles :

- les accès (entrée ou sortie) ont normalement lieu sur la droite et en file unique et leur débit de pointe, additionné à celui des véhicules roulant sur la voie de droite sans utiliser l'accès (véhicules directs ou en transit), ne doit pas excéder 1 800 véh./h.
- Au droit de tout accès, le débit total de la chaussée à n voies ne doit pas excéder $1\ 800 \times n$ véh./h. en heure de pointe.
- Entre un point d'entrée au plus tôt et un point de sortie au plus tard qui lui fait suite, doit exister une longueur de l'ordre de 15 mètres au moins par centaine de véhicules qui entrent ou sortent à l'heure de pointe, et qui créent sur cette longueur le phénomène d'entrecroisement.

Les *troisième et quatrième chapitres* définissent les normes géométriques de base du tracé : rayons en plan, déclivités longitudinales, devers transversaux, rayons de courbure en point haut ou en point bas, distance de visibilité, etc...).

On notera simplement que la vitesse praticable en heure creuse (vitesse de base) a été fixée à des valeurs moyennes universellement admises en ville :

- 100 ou 80 km/h pour les autoroutes ;
- 80 ou 60 km/h pour les routes express.

On sait, en effet, que des vitesses trop élevées conduisent à une géométrie trop ample, hors de prix en zone de peuplement ancien, mais on sait moins que des vitesses trop basses ont pour conséquence de réduire de façon importante les débits de pointe (d'environ 15 % entre 80 et 60 km/h) en rendant plus difficiles les manœuvres à faire dans un flot continu et dense.

Plus encore qu'en rase campagne, le point essentiel est d'assurer une visibilité aussi bonne que possible, notamment au voisinage des points d'accès, de façon à ce que les nombreuses manœuvres qui s'y font en heure de pointe n'entraînent pas une baisse trop grande de la vitesse d'ensemble de l'écoulement, ou pire encore, la formation de bouchons qui se propagent vers l'amont comme de véritables ondes de ralentissement régressives à la vitesse d'environ 35 km/h.

Le *cinquième chapitre* définit en détail la composition des profils en travers des sections courantes et, pour cela, le G. E. P. U. a introduit la notion nouvelle de *catégorie de largeur roulable*. Fixer cette catégorie c'est prendre position vis-à-vis des immobilisations éventuelles de véhicules par pannes ou accidents, susceptibles de compromettre l'écoulement en heure de pointe.

En effet, de part et d'autre d'une chaussée à n voies, la largeur roulable offre devant les glissières de sécurité, des surlargeurs appelées « bandes dérasées », qui, si elles ont une dimension suffisante peuvent (ou non) permettre d'évacuer hors de la chaussée le véhicule immobilisé, et de sauvegarder ainsi (ou non) les n files de circulation « nominales » de celle-ci.

Ces immobilisations forcées de véhicules sont appelées « arrêts d'urgence » par référence au fait que le « statut autoroutier » interdit par définition le stationnement volontaire sur une chaussée d'autoroute.

En appelant « arrêt lourd » l'immobilisation forcée d'un véhicule encombrant (camion ou autobus) et « arrêt léger » celle d'une voiture particulière (ou d'une petite camionnette), les quatre catégories de largeur roulable qu'envisage le G. E. P. U. sont :

- la catégorie A : aucun arrêt ni léger ni lourd, c'est-à-dire que la panne d'un véhicule y fait perdre une file de circulation ;
- la catégorie B : arrêt léger mais au prix d'une inflexion des trajectoires de tous les véhicules, le nombre nominal de files en circulation est maintenu ;
- la catégorie C : arrêt lourd dans les mêmes conditions ;
- la catégorie D : arrêt lourd sans inflexion ni réduction du nombre des files de circulation normales.

Le choix de la catégorie de largeur roulable définit la stabilité des écoulements d'heure de pointe et la probabilité d'assister à des ruptures de flot (bouchons, embouteillages locaux ou généralisés voire blocage total).

Pour cette raison, et bien qu'on soit tenté de le faire (en invoquant la faible longueur des trajets, le coût de ces surlargeurs et leur fréquentation apparemment faible), il ne faut pas supprimer sur les autoroutes urbaines les possibilités d'arrêt d'urgence offertes par les bandes dérasées (telles qu'on les prévoit sur l'autoroute de liaison) car on se condamnerait sans remède à des difficultés de fonctionnement et d'exploitation parfois insurmontables : certaines autoroutes urbaines de conception ancienne, en Europe ou dans le Nouveau Monde, présentent aujourd'hui de fréquents

embouteillages pouvant se prolonger plusieurs heures et l'une des causes essentielles en est toujours l'absence de bandes d'arrêt d'urgence, c'est-à-dire des chaussées directement bordées d'obstacles verticaux pour les pneumatiques (bordures de trottoir) ou les carrosseries (glissières de sécurité).

De plus, les bandes dérasées qui bordent la chaussée proprement dite éliminent l'appréhension du conducteur vis-à-vis des obstacles latéraux (effet de paroi) facilitent l'arrivée de la police et des dépanneuses en cas d'accident grave, offrent des possibilités d'entretien mécanisé des accessoires de l'autoroute (glissières, éclairage, téléphone, drainage). Lorsqu'elles ont été prévues assez larges elles peuvent même constituer une étape ultime d'aménagement progressif en se transformant en voie supplémentaire de chaussée, lorsque l'augmentation du trafic l'exige.

Enfin, il est économiquement inexact que les bandes dérasées ne soient pas rentables et on a pu démontrer qu'elles le sont toujours pour l'autoroute la plus étroite (celle qui ne présente que deux chaussées à sens unique offrant chacune seulement deux voies). Le calcul a été fait à partir du taux de pannes observé en France (1 panne pour 25 000 véhicules parcourant 1 kilomètre), ce qui, pour une autoroute urbaine écoulant 60 000 véh/j équivaut à la certitude d'une panne par heure de pointe sur toute section de 5 kilomètres, susceptible de faire perdre environ 5 minutes à chacun des usagers se présentant sur celle-ci après la panne, même résorbée en 30 minutes.

Le *sixième chapitre* concerne les transitions à ménager entre deux segments d'autoroute ayant des profils en travers ou des caractéristiques de tracé (vitesse de base) très différents. Le G. E. P. U. a dégagé trois règles principales :

- tout d'abord un *profil en travers* donné règne toujours sur un itinéraire de longueur suffisante (au moins 2 kilomètres) ;
- toutefois s'il se présente une *section dure* (de prix de revient unitaire au moins double des sections adjacentes) ou un *point dur* (section étroite de passage obligé par suite de très grande difficulté technique par exemple : tunnel ou trémie), on peut pratiquer un changement de profil en travers ;
- celui-ci obéit aux règles de *simple* ou de *double* réduction (remonter d'un cran ou de deux crans l'échelle des catégories, par exemple en passant de D à C ou de C à A, respectivement) si la longueur de profil réduit dépasse 200 m (simple réduction) ou 500 m (double réduction).

Ainsi le projeteur ne dispose *pas de profils en travers types* mais d'une *gamme de sections courantes* dont il use au mieux selon ses problèmes, et qu'il relie par des transitions indispensables pour réaliser un ensemble cohérent.

Le *septième chapitre* donne alors des indications sur la géométrie des *éléments* des accès : bretelles (pour les accès dénivelés) ou couloirs (pour les carrefours), c'est-à-dire essentiellement les règles de détail d'un projet d'accès à une voie rapide urbaine (rayons, pentes, dévers, profils en travers, longueurs d'insertion ou de déboîtement).

Mais ce n'est qu'un A. B. C. (attaches, branches et couloirs) qui permettra certes d'inscrire un accès dans une situation déterminée mais ne constitue pas pour autant un langage complet pour le problème-clé des voies rapides urbaines : le contrôle de leurs accès qui va désormais constituer l'essentiel de l'activité du G. E. P. U. d'abord, des projeteurs ensuite : *la conception des échangeurs représente au moins la moitié du temps total d'étude.*

CONTROLLER LES ACCÈS C'EST GARANTIR LEUR FONCTIONNEMENT

Cela fait fort longtemps que l'on sait, à PARIS, que ce qui commande le débit des ponts sur la Seine, ce n'est pas essentiellement leur largeur mais le fonctionnement de leurs carrefours de tête. C'est pourquoi on n'en construit pratiquement plus sans déniveler leurs extrémités par rapport aux voies sur quais...

Sur cet exemple en raccourci se condense la seconde moitié des travaux du G. E. P. U. sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines.

Avant que ne soit publiée la Note Technique qui traitera du sujet, ce serait trop anticiper sur leurs résultats que de décrire dès à présent par le menu les modalités envisagées pour le « contrôle des accès ».

Toutefois, un trio s'y dessine déjà qui schématise assez couramment la destinée progressive d'un accès de voie rapide urbaine : le *carrefour* (on est alors sur une route express), le *diffuseur* (échange entre une rue et une autoroute) et le *nœud* (échange entre deux autoroutes).

Dans les chapitres 8, 9 et 10, ils font chacun l'objet d'une étude de fonctionnement, d'une méthode de choix et de calcul de leur débit maximal, d'une classification comparative des divers types selon ce qu'on en attend.

Mais ils partagent tous un commun souci, que chacun résoud à sa manière, et qui a nom : *les véhicules tournant à gauche*.

En effet, ce sont ces véhicules qui posent le problème majeur d'accès sur des chaussées à sens unique où l'on conduit à droite.

Dans un *carrefour* à niveau, les intersections (utilisation d'une surface banalisée de chaussée par des véhicules de direction différente) sont réglées par le découpage alternatif du temps au moyen de feux tricolores. Lorsqu'un mouvement de véhicules tourne-à-gauche y devient important, on lui affecte un couloir spécial et un *troisième temps* (une phase) du cycle de feux initialement à deux phases.

Dans un *diffuseur* (entrée ou sortie d'autoroute sur une rue ordinaire), les bretelles (appelées ici *attaches*) permettent à bon nombre d'échanges de se faire de façon assez continue, mais si l'un des mouvements de véhicule tourne-à-gauche devient important, on pourra, pour le rendre continu, lui affecter une attache *en boucle* qui transforme en *trois quarts de tour* (par la droite) le changement de direction correspondant, qui était initialement un quart de tour par la gauche.

Enfin, dans un *nœud* (raccordement entre deux autoroutes), un important courant tourne-à-gauche ne peut plus s'accommoder d'une boucle (dont les rayons forcément limités en ville aux environs de 50 m, feraient trop baisser la vitesse des voitures et seraient de ce fait dangereux) et il faudrait tracer une bretelle (appelée ici *branche*) assez *directe* qui devra conquérir un *troisième niveau* (nœuds à 3 ou à 4 niveaux).

L'augmentation des tourne-à-gauche dans un accès de voie urbaine à chaussées séparées conduit donc, soit à allonger le cycle des feux dans un carrefour, soit à accroître la surface dans un diffuseur, soit à augmenter le volume dans un nœud.

Classées dans l'ordre croissant suivant lequel on vient de les présenter, ces extensions sont toujours coûteuses. Leur choix et leur usage

judicieux commanderont l'aménagement progressif des voies rapides urbaines et notamment la durée de chaque étape et le prix de chaque remodelage.

On conçoit toutefois que, dans une perspective à long terme (horizon de 15 à 20 ans) on puisse prévoir des dispositions concertées autorisant une évolution optimale, de façon à suivre le développement du trafic, et à y adapter les accès tout en étalant dans le temps les dépenses à consentir et les problèmes de fonctionnement.

C'est toucher du doigt la nécessité d'entreprendre assez tôt les études de voirie urbaine primaire si l'on veut éviter que les aménagements réalisés soient à la fois vieux de naissance, essouffés d'entrée de jeu et impossibles à amender. Un délai minimal de 10 ans, voire 15 entre les premières études et les premières mises en service semble donc être dans la nature des choses, si l'on veut un jour maîtriser les problèmes de circulation routière.

Il semble bien, dans tous les cas, que ce soit un domaine où la hâte soit toujours mauvaise conseillère, et finalement trop coûteuse. Pour la voirie rapide de nos villes des organes permanents et des programmes continus d'études sont donc indispensables.

Dans les villes françaises denses, serrées, à forte génération pulsée de trafic de pointe hétérogène et composé de conducteurs nombreux et individualistes, égoïstes et habiles, impatientes et prompts à interpréter, ce ne sera pas une mince entreprise que d'adapter la voirie aux voitures.

C'est un rendez-vous que nos villes ont avec la fin du siècle, et même avec l'horizon 85, et c'est aussi un problème d'architecture à mille facettes, bien dans le goût de la Cité Grecque : organiser l'espace pour l'homme et voir dans la ville l'expression d'un art de vivre, la subordination de la géométrie et de la matière à des idées et à des actes.

R. BONNET,

*Ingénieur des Ponts et Chaussées
Service Général des Autoroutes.*

OUVERTURE COMPLÈTE DE LA SECTION PARIS-AVALLON

I. - HISTORIQUE

La mise en service de la section Nemours-Auxerre de l'autoroute Paris-Lyon constitue la dernière phase de la mise à la disposition complète des usagers de l'autoroute Paris-Avallon sur 210 km de longueur.

Les travaux sur cet axe ont d'abord concerné la construction de l'autoroute du sud de Paris qui s'est effectuée de 1955 à 1960 et qui a permis dès cette date aux usagers de rejoindre la R. N. 7 au Plessis-Chenet, c'est-à-dire immédiatement au sud de Corbeil-Essonnes.

Après une courte interruption les travaux ont repris simultanément en 1961 en Seine et Marne pour le prolongement de l'autoroute du sud en direction de Nemours et dans l'Yonne pour la construction de la première section Auxerre-Avallon destinée à doubler la R. N. 6 dans son parcours le plus sinueux et le plus dangereux entre ces deux localités.

Dès la fin de 1962 l'autoroute du sud était ainsi prolongée jusqu'à l'orée de la forêt de Fontainebleau, tandis qu'à la fin de l'année suivante la première section d'autoroute Venoy-Nitry était ouverte dans l'Yonne. Les dates essentielles de cette progression ont été cependant le 8 avril 1965 qui a vu l'ouverture définitive de la section Corbeil-Nemours et le 15 décembre 1965 pour la mise en service de la section Appoigny (Auxerre-Nord)-Avallon.

Pendant cette période était intervenue le 19 septembre 1963 la concession à la Société de l'Autoroute Paris-Lyon de l'autoroute en construction à partir de St-Germain-s-Ecole. Le programme des travaux suivants devait permettre d'atteindre à la fin de 1966 l'échangeur de Sepeaux à proximité de Joigny et de réaliser à la fin de 1967 la jonction définitive entre Nemours et Auxerre, et par conséquent entre Paris et Avallon. Il a été possible depuis lors d'accélérer ce programme en engageant de façon presque simultanée les travaux sur la dernière section Sepeaux-Appoigny ce qui permet ainsi d'ouvrir dès la fin de l'hiver la totalité de la section Paris-Avallon.

Pendant 3 ans l'échangeur d'Avallon constituera le terminus provisoire de l'autoroute Paris-Lyon puisque les travaux sur le prolongement du tracé en direction de Lyon sont seulement engagés cette année. Mais ceux-ci vont être poursuivis avec une intensité jamais atteinte pour permettre en 1970 la mise en service complète de l'autoroute Paris-Lyon.

II. - TRACÉ

A la sortie de Paris l'autoroute du sud a un tracé assez accidenté causé par le franchissement des vallées des affluents rive gauche de la Seine dont les principaux sont la Bièvre, l'Orge, l'Essonne et l'École. Entre ces vallées l'autoroute court sur le plateau correspondant à l'étage du calcaire de Brie pour traverser ensuite la plaine de Bière avant d'aborder le massif boisé de Fontainebleau. La traversée de la table de grès qui charpente ce massif est l'obstacle le plus sérieux rencontré depuis Paris avant de redescendre sur la large vallée du Loing dans la région de Nemours.

La section Nemours-Egreville se situe dans une zone particulièrement plate à travers les bois de Nanteau au sud-est de Nemours et le plateau de Chaintraux, ce qui permet un profil en long relativement plat : 1/1 000^e de pente pendant 5 km. Les autres rampes sauf une sont inférieures à 1,5 %.

La longueur totale des alignements droits représente environ le quart de la longueur totale de la section qui comprend 6 courbes de 5 000 m et une courbe de 10 000 m. Ce tracé ne présente aucune courbe en clothoïde.

La section Egreville-Courtenay-Sepeaux se développe sur les plateaux argileux et légèrement vallonnés du Gâtinais pauvre, coupés seulement par deux rivières : le Betz et la Clairis. Sur 11 km l'autoroute traverse une zone boisée où la nature imperméable et le relief du terrain se sont prêtés à la création de nombreux étangs. La plus grande partie du profil en long présente des pentes comprises entre 0,2 et 1 %. La pente la plus élevée

est de 2 %. Le tracé ne comporte qu'un petit nombre d'alignements droits mais il se compose principalement d'une succession d'arcs circulaires raccordés entre eux par des courbes en « S ».

A Sepeaux l'autoroute quitte l'argile à silex du sparnacien pour plonger dans la vallée du Vrïn

et dans la craie avant de rejoindre la vallée de l'Yonne en traversant une dernière butte de sable fin. C'est la section où le relief est le plus mouvementé ce qui a conduit d'une part à de nombreuses rampes de 2 % à 4 % et d'autre part à un important volume de terrassements. Cette section



Autoroute Auxerre-Avallon près de Provency.

comporte en outre 5 ouvrages hydrauliques de plus de 3 m d'ouverture. Elle ne comporte aucun alignement : le tracé est formé de cercles raccordés par des « courbes en S » ou par des « courbes à sommet » sans cercles. Au total, le tracé compte 15,300 km de clothoïdes et 9,700 km de cercles.

Après Appoigny l'autoroute s'élève rapidement sur les plateaux calcaires de l'Auxerrois et du Tonnerrois qu'elle suivra longtemps en évitant les vallées jusqu'aux environs d'Avallon où elle pénètre dans les pâturages et les marnes du lias, tandis que les croupes du Morvan se profilent à l'horizon.

Toutes les caractéristiques du tracé sont conformes aux normes de la circulaire du 1^{er} mars 1962 pour une vitesse de base de 140 km/h.

III. - OUVRAGES D'ART ET TERRASSEMENTS

La section Nemours-Auxerre ne comporte aucun ouvrage d'art exceptionnel entre les deux viaducs à travées indépendantes en béton précontraint qui franchissent le Loing et l'Yonne. Tous les passages inférieurs et supérieurs sont ainsi des ouvrages classiques, soit des cadres en béton armé, soit des ponts-dalles continus en béton précontraint. Il convient de rappeler que ces passages supérieurs avaient fait l'objet d'un appel d'offres groupées avec les ouvrages analogues d'autres sections d'autoroute pour une large mise en concurrence des divers types de construction, en béton ou en acier.

Les terrassements généraux de la section Nemours-Auxerre ont été adjugés avec les chaus-

sées en 4 lots d'une vingtaine de kilomètres chacun. Les 3 premiers marchés ont été approuvés le 1^{er} avril 1965, celui de la 4^e section Sepeaux-Appoigny n'ayant pu l'être que 3 mois plus tard lorsque les difficultés qui s'opposaient au lancement de ces travaux ont pu être levées. Ainsi, c'est en 1965 que la plus grande partie des terrassements a été exécutée puisque la construction des chaussées devait occuper essentiellement la campagne 1966.

Malheureusement l'année 1965 a été très médiocre au point de vue météorologique avec des pluies importantes tous les mois et une seule période vraiment favorable au mois d'octobre dont les entreprises ont profité au maximum. Cette situation jointe à la nature généralement très argileuse des terrains a entraîné un allongement imprévu de la durée des terrassements sur tous les lots, ce qui a repoussé dangereusement en 1966 la période de démarrage des travaux de construction des chaussées proprement dits.

La traversée des bois et des étangs du Loiret entre les vallées du Betz et de la Clairis a été pendant longtemps le point le plus critique de l'ensemble des chantiers, cette région ne possédant en outre aucun matériau naturel de bonne qualité pouvant être substitué économiquement aux argiles du sparnacien exclusivement rencontrées sur le tracé.

C'est seulement en juin 1966 que le décapage a pu être entièrement terminé dans la traversée de ces bois, mais quelques semaines plus tard de nouvelles précipitations avaient rendu à nouveau cette traversée impossible. Finalement c'est seulement à la fin du mois d'août que la situation a pu être considérée comme définitivement sauvée pour une demi-largeur de plate-forme, permettant ainsi de poursuivre normalement la construction des chaussées.

A l'inverse de la situation toujours difficile sur cette section, les travaux de terrassement du dernier lot Sepeaux-Appoigny ont été conduits avec une efficacité exceptionnelle. Bien que ce lot ait seulement démarré en juillet 1965 et malgré l'importance exceptionnelle des terrassements correspondants (plus de 5 millions de m³ de déblais et d'emprunts pour une longueur de 25 km d'autoroute), les entreprises de terrassement, grâce aux très gros moyens mis en œuvre et à l'utilisation maximale des derniers beaux jours et des emprunts possibles à proximité du tracé, ont réalisé pendant le 2^e semestre 1966 seulement, la plus grande partie du programme qui leur était tracé. Cette section commencée la dernière s'est trouvée ainsi prête la première en 1966 pour le démarrage des travaux de construction de chaussées.

IV. - CHAUSSÉES

Comme celles de la section Paris-Nemours, toutes les chaussées de la section Nemours-Auxerre ont été exécutées avec des revêtements bétonnés reposant sur une couche de fondation en grave stabilisée au ciment.

Pour les 80 km du tracé, 5 centrales ont fabriqué la grave-ciment à partir de matériaux provenant des vallées du Loing ou de l'Yonne. Ces chantiers ont démarré le 9 mai à Appoigny et dans le courant du mois de juin sur les autres sections. La mise en œuvre de la grave-ciment a été effectuée soit avec des machines à coffrages glissants comme pour le béton, soit avec des dispositifs spécialement étudiés pour ces matériaux et se réglant toujours au moyen de palpeurs sur des cordeaux de guidage soigneusement nivelés.

Pour la fabrication du béton des revêtements, 4 centrales ont été installées sur l'autoroute pour alimenter les 4 lots de travaux. L'importance d'un tel chantier de bétonnage représentant l'exécution simultanée de 80 km d'autoroute a posé quelques problèmes imprévus d'approvisionnement de ciment. En effet, étant donné les particularités propres aux fabrications de ciment de chaque usine, l'administration avait imposé une origine unique du ciment pour chaque lot ; en contrepartie, il ne peut être question pour une usine de suspendre pendant plusieurs mois toutes ses fournitures à ses divers clients pour alimenter un chantier d'autoroute, soumis lui-même d'ailleurs à des irrégularités d'avancement en fonction des conditions météorologiques. C'est pourquoi il est indispensable de s'adresser à des usines de ciment particulièrement importantes et bien équipées pour pouvoir livrer de façon régulière le ciment destiné à l'autoroute tout en conservant un régime général de livraisons assez normal. Dans ces conditions les ciments destinés aux 4 chantiers de l'autoroute ont été livrés à la fois par des usines du Nord de la France, de la région parisienne et de la région lyonnaise. Pour les 2 derniers lots une véritable gare cimentière avait été construite à Joigny pour recevoir sur 2 voies spéciales des trains complets de ciment et alimenter ainsi par la route les centrales de Sepeaux et d'Appoigny.

La mise en œuvre du béton sur les chaussées de l'autoroute a commencé suivant les lots entre le 9 juillet et la fin du mois d'août, elle s'est terminée sur les diverses sections entre le 16 septembre et les derniers jours d'octobre. La mise en œuvre du béton sur toutes les sections a été faite avec des machines à coffrages glissants, et le rendement journalier maximum a partout dépassé 1 000 ml de chaussée. Le record absolu a été atteint à partir de la centrale d'Appoigny avec une longueur journalière de bétonnage de 1 430 m.

En dehors de l'importance exceptionnelle de ces chantiers de revêtements bétonnés et de la qualité de roulement généralement obtenue, il faut signaler en particulier les mesures de protection exceptionnelles qui ont été prises pour éviter la fissuration du béton pendant la saison chaude, en jouant à la fois sur la nature du ciment, la composition du béton et les produits de protection, ce qui a permis d'obtenir des résultats remarquables dans ce domaine sur les deux derniers lots de travaux.

V. - CONDITION D'UTILISATION DE L'AUTOROUTE

La mise en service complète de la section Paris-Avallon entraîne une mise en place définitive du dispositif de perception des péages et une modification de la situation existante sur les deux sections déjà ouvertes à la circulation. Jusqu'à maintenant en effet le péage était perçu pour chaque section à une gare située en barrière, c'est-à-dire en travers de l'autoroute, quelles que soient l'origine et la destination des usagers. Dans l'exploitation définitive tous les usagers reçoivent une carte perforée lorsqu'ils pénètrent sur l'autoroute à péage et c'est à la sortie par un autre échangeur qu'ils acquittent le montant du péage sur présentation de cette carte.

En dehors de la grande gare de péage de Fleury-en-Bière située près de l'origine de l'autoroute concédée côté Paris, tous les postes de péage se trouvent ainsi situés aux divers échangeurs : Ury, Nemours, Courtenay, Joigny, Auxerre-Nord, Auxerre-Sud, Nîtry, Avallon.

La majorité de ces échangeurs sont ainsi du type « trompette » qui conduit les usagers à passer par un tronç commun entre l'autoroute et la voie raccordée. Il subsiste deux exceptions à cette règle pour deux demi-échangeurs du type « losange » et qui n'assurent ainsi une liaison qu'avec une direction de l'autoroute : l'échangeur de Nîtry orienté seulement côté Paris, où le trafic actuel ne justifie pas pour le moment l'établissement d'un échangeur complet ; et l'échangeur de Sepeaux-Joigny, également orienté côté Paris, car pour les liaisons vers Lyon les usagers de la région de Joigny pourront rejoindre beaucoup plus directement l'échangeur d'Auxerre-Nord qui joue ainsi également le rôle d'échangeur de Joigny-Sud.

Sur toute la longueur de l'autoroute concédée, celle-ci est du type II c'est-à-dire qu'elle comporte deux chaussées de 7 m de largeur utile séparées par un terre-plein central de 12 m de largeur entre bords théoriques des chaussées. Ce type

d'autoroute permettra dans l'avenir l'établissement d'une 3^e voie de circulation par empiètement sur le large terre-plein central, et dans l'immédiat il assure aux usagers les meilleures conditions d'agrément et de sécurité. Une voie supplémentaire pour poids lourds se trouve d'ailleurs dès maintenant réalisée dans toutes les sections en forte rampe susceptibles d'entraîner un ralentissement important de la marche des poids lourds.

Comme nous l'avons dit les chaussées de l'autoroute sont en béton de ciment de Paris à Auxerre et en béton bitumineux d'Auxerre à Avallon. Chacun de ces deux types de revêtements présente des avantages et des inconvénients et leur choix est dicté principalement par la nature des terrains et par les ressources locales en matériaux destinés à la construction des chaussées.

Il faut noter qu'en dehors de cette différence importante de couleur, l'usager ne doit ressentir aucune différence appréciable de confort sur l'un ou l'autre type de chaussée, étant donné les perfectionnements réalisés dans l'utilisation de ces divers procédés. Si un gros progrès a été fait en 1962 dans les techniques d'exécution des revêtements bétonnés, progrès qui est toujours très nettement sensible lorsque l'on passe au Plessis-Chenet de la section de type ancien à la section de type nouveau, depuis cette date les caractéristiques de surfacage et de roulement obtenues pour les revêtements bétonnés sont généralement demeurées excellentes. Le confort maximum doit être ressenti sur la dernière section Sepeaux-Appoigny car elle bénéficie à la fois d'un paysage varié, d'un tracé entièrement curviligne et soigneusement étudié et d'une qualité d'exécution presque sans défaut. La recherche de cette qualité a conduit même à réaliser sur les passages inférieurs une continuité absolue du revêtement bétonné qui a été exécuté avec les machines à coffrages glissants sans aucune interruption.

Sur toute leur longueur les chaussées de l'autoroute sont bordées du côté droit par une bande d'arrêt d'urgence recouverte de matériaux enrobés qui peut être utilisée pour le stationnement de tous les véhicules, mais exclusivement dans les cas d'urgence indiscutables et lorsqu'il est impossible pour ce véhicule de rejoindre une aire de stationnement spécialement aménagée. En effet de telles aires de stationnement sont dès maintenant mises à la disposition des usagers avec un espacement moyen d'une dizaine de kilomètres. La plupart de ces aires ont pu être implantées dans des zones boisées particulièrement agréables aussi bien pour le pique-nique que pour le repos des conducteurs, et certaines d'entre elles sont déjà équipées de toilettes.

On peut noter que dès maintenant sur la section en service Auxerre-Avallon qui a moins de 60 km de longueur et où 4 aires de stationnement sont installées le long de chaque chaussée, elles sont utilisées par plus de 25 % des usagers de l'autoroute ; sur les 210 km de l'autoroute Paris-Avallon on peut donc estimer que la plupart des usagers s'arrêteront au moins une fois pour profiter en toute sécurité des installations qui leur sont offertes.

En dehors de ces aires de stationnement, la Société de l'Autoroute Paris-Lyon met à la disposition des usagers de véritables stations-service ou aires de service normales, la première près d'Ury, la deuxième avant l'échangeur de Joigny et la troisième au sud d'Auxerre. Enfin, des aires

de service principales avec restaurant panoramique et équipement complet vont être mises incessamment en construction près de Nemours et près d'Auxerre.

En conclusion la nouvelle section d'autoroute Nemours-Auxerre a bénéficié des progrès les plus récents dans les domaines de la conception et de l'exécution ; l'utilisateur doit bénéficier pleinement de ces perfectionnements dans les domaines de l'agrément, de la rapidité et aussi de la sécurité : il ne faut pas oublier en effet que sur la section de l'autoroute Auxerre-Avallon déjà en service, le taux d'accidents corporels est plus de 4 fois plus réduit que sur la R. N. 6 et le taux de risque pour un véhicule 7 fois plus réduit que sur cette route.

L'AMÉNAGEMENT DU RHÔNE

I. - Considérations générales et régime

La longueur du Rhône sur le territoire français est de 522 kms. De la frontière franco-suisse à Lyon, soit sur 187 kms, il traverse tantôt des défilés (Génissiat, Gorges de la Balme, Gorges de St Alban) tantôt de vastes plaines (dans les-

quelles il se ramifie en d'innombrables bras, très instables), toutes largement submersibles lors des crues (plaines de la Chautagne, de Morestel, de Miribel). Cette section du Rhône à l'amont de Lyon est appelée communément « Haut-Rhône », en opposition à la section à l'aval de Lyon, appelée « Bas-Rhône ».



Clichés « Studios Villeurbannais »

C.N.R. - Aménagement de Baix-Logis-Neuf.
Vue aérienne prise de l'amont sur l'ensemble des ouvrages de l'usine et de l'écluse.

Le régime du Rhône est complexe : il est à la fois glaciaire, nival et pluvial :

- Glaciaire, car les torrents alpins sont alimentés en été par la fonte des glaciers des hautes vallées des Alpes ; les débits provenant de ces glaciers, forts en Juin, Juillet et Août, cessent brutalement en Septembre.
- Nival, car le Rhône reçoit les eaux provenant de la fonte des neiges tombées sur le

Jura et sur les Alpes d'altitude moyenne (alimentation de Mars à Juin avec maximum en Mai).

- Pluvial, car il reçoit toutes les pluies tombant sur son bassin : pluies océaniques abondantes en automne affectant la partie nord de son bassin et pluies d'origine méditerranéenne, abondantes en Septembre, Octobre et Novembre, affectant son bassin plus particulièrement à l'aval de Valence.

Grâce à cette triple alimentation, les débits du Rhône sont relativement forts, mais, au cours de saisons sèches, des étiages sévères peuvent être observés, notamment durant les mois de Septem-

bre et Octobre. Les différents débits du Rhône avec leurs maxima et minima sont indiqués ci-après :

SECTIONS DU RHONE	D É B I T			Dates
	Maximum	Moyen	Minimum	
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	
Haut-Rhône, en amont de Lyon..	4 650 (a)	510	150 (b)	a) 31 mai 1966
Rhône à Valence	8 660 (a)	1 100	250 (b)	b) basses eaux de 1921
Rhône à Avignon	12 000 (a)	1 670	400 (b)	

II. - Des aménagements du Rhône

a) HAUT-RHONE

Sur le Haut-Rhône, il existait autrefois un service de bateaux à vapeur pour voyageurs qui, pendant trois mois par année, — durant les hautes eaux — fonctionnait entre Lyon et Aix-les-Bains, mais à la suite de la construction du chemin de fer Lyon-Chambéry, ce service a rapidement disparu. Seule, une navigation de marchandises a subsisté encore jusqu'en 1910 environ, consistant surtout au transport de moellons et pierres de taille utilisés alors pour les constructions de bâtiments à Lyon. Ces transports s'effectuaient sur des bateaux à fond plat désignés sous le nom de « rigues ». A noter qu'à leur arrivée à Lyon, ces bateaux et les pierres transportées étaient intégralement vendus, la remontée « à vide » étant à peu près impossible. Le tonnage transporté sur le Haut-Rhône était alors de 200 000 tonnes par an.

Aujourd'hui, toute navigation a pratiquement disparu sur le Haut-Rhône malgré les aménagements effectués par le Service Navigation. Les principaux aménagements réalisés étaient les suivants :

- De 1850 à 1860, la construction du canal de Miribel sur une longueur de 20 km environ destinée à rassembler toutes les eaux à l'étiage ; cette conception qui, alors paraissait logique, n'a pas donné les résultats escomptés, mais a permis d'utiles observations qui ont permis à M. l'Ingénieur en Chef Girardon d'adopter une méthode remarquable pour l'aménagement du Bas-Rhône à courant libre.
- En 1880, la dérivation éclusée de Sault-Brenaz comprenant un canal de 1680 mètres de longueur avec une écluse de 160 mètres

de longueur utile, 16 mètres de largeur entre bajoyers avec porte intermédiaire et rachetant une chute de 2 m 40 à l'étiage.

- Il existe également en amont de Lyon une autre dérivation dite « de Jonage ». Sa longueur est de 18 km environ et comprend deux écluses de 105 m de longueur et de 16 m entre bajoyers. L'écluse la plus à l'aval formée de deux marches d'escaliers rachète une chute totale de 13 mètres en basses eaux. Toutefois, cette dérivation n'a pas été construite spécialement pour améliorer la navigation ; elle a été établie dans le but principal de créer une chute pour produire de l'énergie électrique. Cette construction date de 1892.

Tous ces aménagements de navigation sont à l'heure actuelle totalement inutilisés, toute navigation ayant cessé d'exister. Par contre, à la suite de la création de la Compagnie Nationale du Rhône par décret du 13 janvier 1931, le Haut-Rhône a fait l'objet d'importants aménagements hydroélectriques de la part de cette Compagnie.

Il s'agit de l'important barrage — usine de Génissiat de 104 m de hauteur mis en service en 1948 et d'une productibilité annuelle moyenne de 1 700 millions de kw/h.

Un autre ouvrage a été construit plus à l'aval pour compenser les éclusées du barrage de Génissiat. Il s'agit de l'usine — barrage de Seyssel de 7 mètres de chute et d'une productibilité de 150 millions de kw/h.

Le programme restant à réaliser sur le Haut-Rhône entre Seyssel et Lyon comprend l'aménagement de 5 chutes, mais la date de leur exécution n'est pas fixée, la Compagnie Nationale du Rhône portant tous ses efforts en premier lieu sur le Bas-Rhône.

b) BAS-RHÔNE

Si sur le Haut-Rhône, la navigation n'a jamais été très active même dans les temps les plus reculés, il en est fort différemment sur le Bas-Rhône à l'aval de Lyon. Jusqu'au début du XIX^e siècle, cette partie du fleuve a été utilisée à l'état naturel, celui qu'ont connu les navigateurs antiques, les marchands grecs, les conquérants romains et les évangelistes de la Gaule. Les transports étaient alors réglés par le régime du fleuve, interrompus pendant les étiages prolongés. Le Rhône se présentait alors comme un labyrinthe complexe de bras et d'îles, instables et variant à chaque crue. Les bateaux de faible enfoncement, empruntaient, suivant qu'il s'agissait de la remontée ou de la descente, suivant également l'état des eaux, de préférence tel chenal ou tel autre. Tous ces bateaux étaient halés par des équipages de chevaux – le poète Mistral parle des « sept barques de maître Alpian et de leur équipage de quatre vingts chevaux » et ce n'est que lors de l'apparition de la navigation à vapeur que l'on songe à un aménagement du Rhône.

En 1836, un Ingénieur en Chef est désigné pour l'ensemble de la navigation du Rhône et les premiers travaux exécutés de 1840 à 1870 consisteront à concentrer les eaux d'étiage et moyennes dans un bras principal. Cette méthode, dite de resserrement, vient naturellement à l'esprit, mais le fait de resserrer un fleuve à courant libre lorsqu'il présente de fortes pentes et un fort débit constitue une erreur ; durant les premières années, on croit que le but cherché est atteint, les eaux à l'étiage, enserrées entre des digues construites, présentent un mouillage en nette augmentation, puis, soudain, le fond du lit se met en mouvement, un véritable basculement du lit se produit, de fortes érosions se produisent à l'amont, correspondant à des remblaiements d'égale importance à l'aval. Ces phénomènes se sont produits à peu près aux mêmes époques sur le Rhin (barre d'Istein), sur le Haut-Rhône (Canal de Miribel) et sur le Bas-Rhône (région de Valence et de Tournon).

L'aménagement du Rhône par la méthode de resserrement ne peut donc, en raison de la perturbation apportée dans le profil en long à l'étiage, conduire à des résultats convenables.

Aussi, après 1870, les Ingénieurs du Rhône recherchent une nouvelle méthode d'aménagement du fleuve. C'est dans cette période de recherche et de tâtonnements que M. Girardon, s'appuyant sur l'expérience de ses prédécesseurs concevra et réalisera avec le succès que l'on connaît l'aménagement final du fleuve pour la navigation à courant libre. Travaillant à l'inté-

rieur du lit moyen fixé par ses prédécesseurs, M. Girardon a orienté par ouvrages très progressifs l'action des courants en vue de transformer – sans bouleversement du profil en long – les mauvais passages en bons passages dont le fleuve propose lui-même en certains points le modèle. A cet effet, M. Girardon emploie simultanément les digues basses, les épis noyés ou plongeants, les seuils de fond en vue d'obtenir le remodelage souhaité des lits moyen et d'étiage.

Cet aménagement du fleuve, appelé de « régularisation du lit », a donné d'excellents résultats. C'est ainsi que le mouillage à l'étiage assuré en moyenne pendant 340 jours par an, passe de 0 m 80 avant les travaux à 1 m 60 en 1893. Après 1893, et jusqu'en 1921, des travaux complémentaires, basés sur la même méthode d'aménagement permirent d'améliorer encore sensiblement les mauvais passages, mais, eu égard à la puissance hydraulique du Rhône, il est apparu qu'il n'était guère possible d'obtenir de meilleurs résultats.

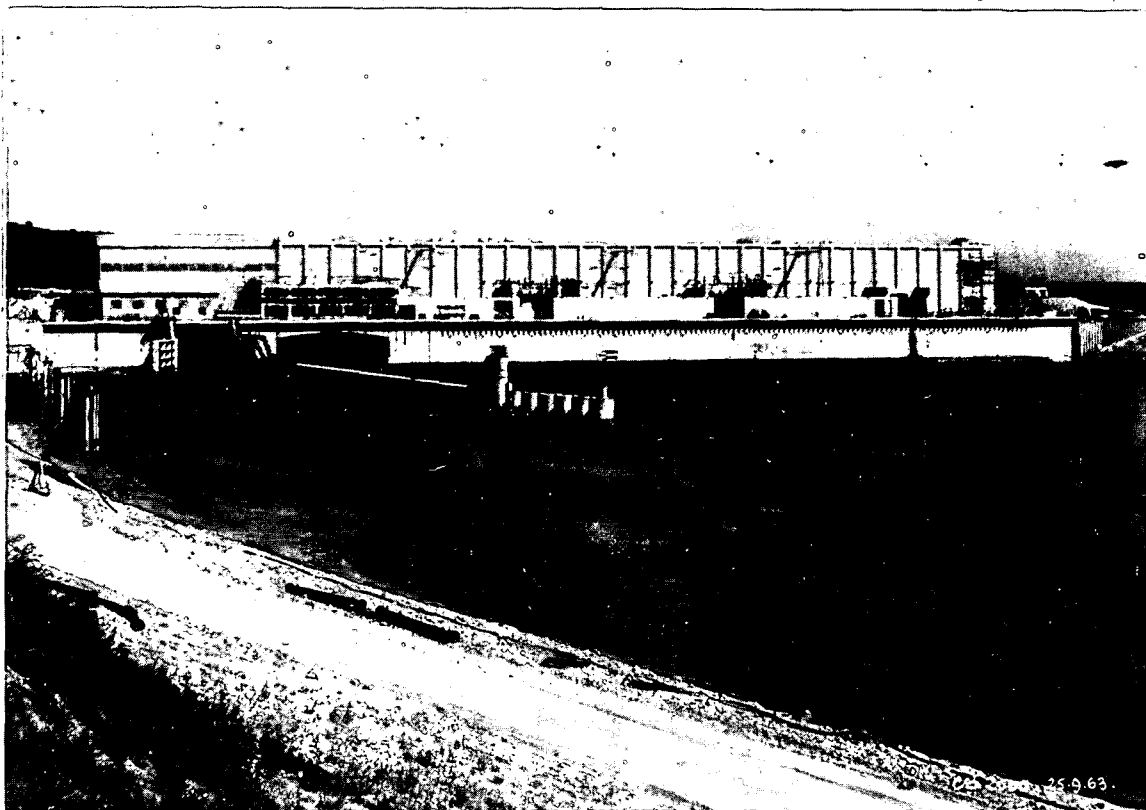
Cependant, il devenait nécessaire par suite de l'augmentation considérable du trafic d'améliorer le Rhône de telle façon qu'il puisse présenter à l'étiage, une profondeur minimum de 3 mètres correspondant à un enfoncement de 2 m 50 pour les bateaux, avec une largeur de chenal de 60 m.

Or, il convient de remarquer que par suite du tracé sinueux du fleuve – tracé soit naturel, soit voulu et obtenu artificiellement par les digues basses – on est bien loin d'avoir un chenal de 60 mètres alors que sa profondeur atteint 3 mètres. Dans la plupart des sections du fleuve présentant des rayons inférieurs à 700 mètres, la profondeur de 3 mètres à l'étiage est bien atteinte, mais on constate alors que la largeur du chenal n'excède pas 30 mètres et le fait d'exécuter des dragages sur la rive convexe n'apportera qu'une solution éphémère à ce problème, le banc de graviers s'y reformera dès la première crue. C'est là un phénomène bien connu sur le Rhône comme du reste sur tous les cours d'eau présentant le même régime.

Il en est de même en ce qui concerne le mouillage sur les seuils. Certains de ceux-ci ne sont distants que de quelques centaines de mètres, parfois d'un kilomètre, et tous sont séparés par des sections appelées « mouilles ». La méthode Girardon a permis d'obtenir sur les plus mauvais seuils un mouillage de 1.60 à l'étiage et l'on pourrait concevoir que le fait de draguer ces seuils puisse améliorer ce mouillage. Or, il n'en est rien pour la raison suivante : le fait d'écrêter un seuil abaisse le plan d'eau dans la mouille d'amont et le seuil d'amont voit sa chute augmenter et, par là-même, son mouillage diminuer.

En résumé, l'aménagement du Rhône à courant libre ne peut donner de meilleurs résultats que ceux obtenus par la méthode Girardon et, pour obtenir des résultats plus satisfaisants, il n'existait pas d'autre moyen que de recourir à la solution de barrages avec dérivations. C'est alors qu'a été créée la Compagnie Nationale du Rhône chargée d'un nouvel aménagement du fleuve au

triple point de vue Navigation - Production d'Énergie Électrique et Agriculture. Dans les premières années de son existence, la Compagnie a pour des raisons de rentabilité, porté son effort sur la construction du barrage de Génissiat, comme indiqué ci-devant, puis dès 1948, elle s'est tournée résolument sur le Bas-Rhône.



Clichés « Studios Villeurbannois »

C.N.R. - Aménagement de Beaucastel, vue d'ensemble de l'usine-écluse.

L'aménagement du Bas-Rhône comprend l'exécution de douze chutes conçues sur le même schéma. Chacune comporte d'abord un barrage de retenue, puis un canal de dérivation sur lequel se trouve les ouvrages principaux, usine et écluse. Le barrage est implanté dans un étroit de la vallée ; c'est un barrage mobile comprenant 5 ou 6 grandes vannes ; le remous plus ou moins étendu qu'il provoque est contenu par des digues généralement insubmersibles.

Ce barrage, qui sert à évacuer les crues, surélève les eaux du fleuve et les oblige à s'entonner dans le canal de dérivation qui se développe dans un épanouissement de la vallée et qui se prolonge jusqu'au point où les eaux sont restituées ; ce confluent dénommé « restitution » est situé dans le remous de la chute aval de manière à assurer

la parfaite continuité de la voie navigable sous une profondeur minimum de 3 mètres dans les conditions les plus défavorables.

Le découpage de ces chutes a fait l'objet d'études très poussées du fait que l'on doit tenir compte des agglomérations bordant le fleuve, de la position des ouvrages d'art et des terrains de fondation, ainsi que de la nature et des caractéristiques des affluents du Rhône.

Toutes les dérivations sont conçues pour présenter une largeur minimum de 60 mètres au plafond, des rayons de courbure inférieurs à 800 mètres et une profondeur minimum de 3 mètres dans les circonstances les plus défavorables (basses eaux, éclusées ou chasses).

II. - État actuel de l'aménagement du Bas-Rhône

Contrairement aux autres fleuves français, et probablement aux autres fleuves de même régime, le profil en long du Rhône ne constitue pas une courbe parabolique. C'est ainsi que du confluent de la Saône à celui de l'Isère - section appelée tiers amont - sa pente est de l'ordre de 0,50 m par km. Entre le confluent de l'Isère et celui de l'Ardèche - section appelée tiers central - la pente atteint 0,77 m par km, pour revenir ensuite à 0,49 m par km entre le confluent de l'Ardèche et celui du Gardon, dernier affluent du Rhône (cette section est appelée tiers aval). De ce dernier confluent à la mer, on observe une brusque rupture de pente, celle-ci n'étant plus que de 0,08 m par km dans cette section dite « Rhône-Maritime ». La forte pente de 0,77 m par km dans le tiers

central n'a jamais pu être expliquée complètement par les différents spécialistes qui se sont penchés sur cette question, mais il est admis généralement que les nombreux affluents cévenols de caractère torrentiel ont pu, par leur débit solide considérable et composé de gros éléments non susceptibles d'être entraînés par le Rhône, n'être pas étrangers à cette singularité.

Ces considérations ont amené la Compagnie Nationale du Rhône en accord avec le Service Navigation à aménager tout d'abord le tiers central dont la pente est la plus forte. C'est évidemment dans cette région que la navigation présentait le plus de difficultés (courants violents, donc mauvais mouillage sous l'étiage) et, pour la Compagnie Nationale du Rhône, chutes de meilleur rendement. Cinq chutes ont donc été aménagées correspondant à une longueur totale aménagée de 110 km (voir tableau ci-dessous) :

NOM des aménagements	LONGUEUR du Rhône aménagé	CHUTE maximum en m	PRODUCTIVITÉ en Cr W H	
Bourg-les-Valence	20 km	12	1 060	en cours
Beauchastel	15 km	13,65	1 200	
Baix-le-Logis-Neuf	20 km	13,75	1 200	
Montélimar	20 km	18,50	1 670	
Donzère-Mondragon ..	35 km	24	2 100	

Le tiers central étant aménagé en priorité, un point noir subsistait pour la navigation : c'est le hiatus existant à Lyon, au confluent de la Saône et du Rhône. En effet, nul n'ignore que la navigation sur la Saône - et également sur les canaux adjacents - s'effectue au moyen de bateaux de faible puissance (60 à 11 Ch) pour un tonnage de 300 tonnes. Or, ces bateaux ne pouvaient se rendre au port E. Herriot situé sur le Rhône, ayant à emprunter le fleuve sur une distance de 3 km dont le courant nécessite une puissance de 1 Ch par tonne transportée. Force était donc de décharger ces péniches au Port Rambaud sur la Saône ; l'agrandissement récemment réalisé du port E. Herriot ne pouvait donc pas être utile au trafic en provenance ou à destination de la Saône.

En accord avec la Compagnie Nationale du Rhône et aussi avec les collectivités locales, un

barrage avec dérivation et écluse a été établi à l'aval de l'entrée du Port E. Herriot pour obvier à ce grave inconvénient. Si la chute n'est pas rentable du seul point de vue énergétique, elle a permis l'accès du port E. Herriot de toutes les marchandises en provenance ou à destination du Nord. A noter également que l'aménagement de Pierre-Bénite a fait une œuvre remarquable d'aménagement du territoire à l'aval immédiat de Lyon, et a amélioré la navigation sur le Rhône à l'aval sur une distance de 18 km du confluent Rhône-Saône (le barrage de La Mulatière sis dans le remous de celui de Pierre-Bénite a été dérasé). Cet aménagement vient d'être terminé tout récemment.

Par ailleurs, un nouvel aménagement vient d'être mis en chantier, celui de Vallabrègues, situé à la jonction du tiers aval et du Rhône

Maritime. Celui-ci permettra l'aménagement de 25 km du fleuve en supprimant quatre passages qui gênaient la navigation à l'étiage.

Le tableau ci-après résume l'état d'avancement des aménagements réalisés et restant à réaliser (de l'amont vers l'aval).

DÉSIGNATION des aménagements	LONGUEUR du Rhône aménagé	HAUTEUR des chutes	PRODUCTIVITÉ en Cr W H	OBSERVATIONS
1° - Tiers amont				
Pierre-Bénite	18 km	10,50	485	terminé
Vaugris	20 km	7,50	300	non exécuté
Le Péage de Roussillon ..	30 km	15,50	840	»
Saint-Vallier	24 km	11,10	690	»
2° - Tiers central				
Bourg-les-Valence	20 km	12	1 060	en cours sera terminé en 1968
Beauchastel	20 km	13,65	1 200	terminé
Baix-le-Logis-Neuf	18 km	13,75	1 200	»
Montélimar	19 km	18,50	1 670	»
Donzère-Mondragon	35 km	24	2 100	»
3° - Tiers aval				
Orange	18 km	9	700	non exécuté
Avignon	22 km	10,50	1 050	»
Vallabrègues	26 km	12	1 100	en cours

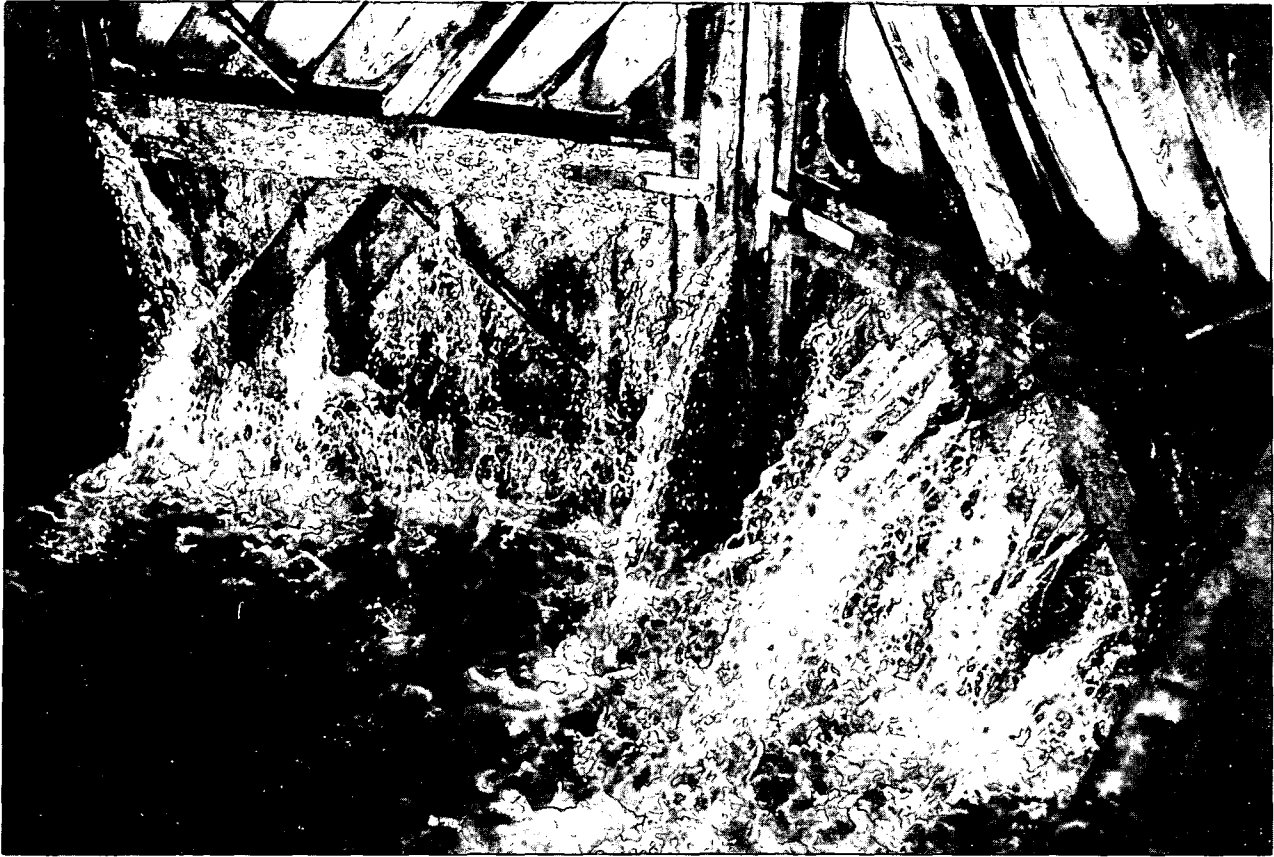
En conclusion

Sur les 12 chutes à aménager sur le Bas-Rhône, 5 sont complètement terminées et 2 sont en cours d'exécution. D'après les estimations, on peut penser que l'aménagement intégral sera réalisé dans une dizaine d'années. Sur une longueur de 268 km entre le confluent de la Saône et Beau-

caire, les 12 chutes sus-désignées équipées d'écluses de 195 m de longueur sur 12 m de largeur constitueront une voie navigable de très haute qualité comparable aux meilleures voies européennes, susceptibles par conséquent d'attirer le trafic. Elle équipera une vallée où ne manquent pas les terrains susceptibles de recevoir des usines reliées à l'eau, au fer et à la route.

J. AGARD,

*Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
Chef du Service de Navigation du Rhône*



Portes d'écluses en bois (Région de Montbéliard).

OUVRAGES ANCIENS ET MODERNES **de franchissement de chutes**

La navigation intérieure est l'un des plus anciens moyens de transport qu'ait connu l'humanité.

Elle s'est d'abord pratiquée sur les cours d'eau naturels, qui permettaient, suivant leur importance, le passage de bateaux de dimensions plus ou moins grandes. La recherche d'une meilleure rentabilité conduisit les ingénieurs à améliorer fleuves ou rivières par des travaux de régularisation qui, tant au cours du siècle dernier qu'à notre époque, firent l'objet d'études de plus en plus poussées. Malheureusement, ces travaux ont toujours une limite, fonction de la pente et du débit des cours d'eau, et la concurrence de plus en plus vive des autres moyens de transports, contre laquelle la navigation intérieure ne pouvait se défendre que par des tonnages unitaires de plus

en plus élevés, recula rapidement, depuis un siècle, les possibilités d'utilisation de fleuves ou rivières à courant libre. Ce n'est plus aujourd'hui que sur certains grands fleuves dont le débit est toujours important, tel le Rhin en aval de Strasbourg, qu'il est encore possible d'envisager ce type de navigation.

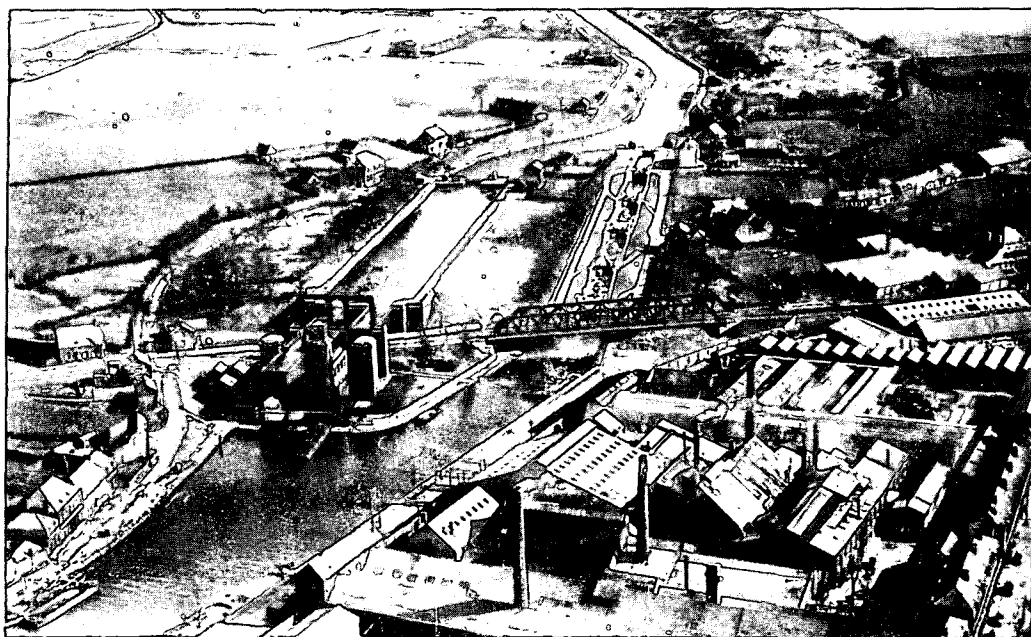
La construction de canaux, puis la canalisation de rivières devait cependant permettre au transport par voie d'eau de continuer à vivre et à se développer. Dans l'un et l'autre cas, la voie navigable comprend une série de biefs à des niveaux différents, horizontaux ou en légère pente suivant que la vitesse du courant est ou non nulle. Le franchissement par un bateau de la chute entre deux biefs consécutifs nécessite un ouvrage spécial.

Le type à la fois de beaucoup le plus ancien et le plus couramment utilisé d'ouvrage de franchissement de chute est l'écluse à sas, dont l'invention semble dater du XV^e siècle. Une telle écluse aurait été construite à Milan, vers 1439, pour permettre l'amenée des pierres de taille destinées à la construction de la cathédrale et le premier véritable canal à écluses aurait été réalisé à Venise vers 1481. Léonard de Vinci a introduit ce type d'ouvrage en France au début du XVI^e siècle.

Quoi qu'il en soit, ce système se développa rapidement et la plupart des canaux construits au siècle dernier ont été équipés de telles écluses.

Le sas de l'écluse, limité de part et d'autre par des murs généralement verticaux appelés bajoyers, a des dimensions suffisantes pour contenir le bateau ou l'ensemble de bateaux qu'il s'agit de faire passer d'un bief dans l'autre. Le niveau de l'eau dans le sas peut monter ou descendre et, en particulier, atteindre celui de l'un ou de l'autre des biefs que l'écluse permet de réunir. Le sas peut communiquer avec ces biefs, d'une part

par des portes par où peuvent passer les bateaux et qui, la plupart du temps, dégagent une largeur égale à celle du sas lui-même, d'autre part par des vannes assurant une communication hydraulique du sas et de l'un ou l'autre bief. Les portes et les vannes sont fixées dans des massifs de béton qui prolongent le sas de part et d'autre et que l'on appelle les têtes de l'écluse. Le radier de la tête aval est arasé à une cote égale (ou très voisine) de celle du radier du sas. Le radier de la tête amont l'est généralement à une cote plus élevée, et un « mur de chute », perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'écluse et généralement vertical lui aussi, assure la liaison entre cette tête amont et le sas proprement dit. La largeur utile de l'écluse est celle qui sépare les bajoyers supposés verticaux ; la longueur utile de l'écluse est celle du rectangle ayant cette largeur et à l'intérieur duquel un objet quelconque et notamment un bateau peut se trouver sans gêner la manœuvre des portes. Les vannes peuvent être soit de simples ventelles permettant d'obturer des orifices percés dans les portes elles-mêmes,



Cliché « Durandaud »

Canal de Neuffosé.
Ascenseur des Fontinettes et échelle d'écluses, vu d'aval.

soit des mécanismes plus évolués situés dans les maçonneries des têtes. Dans l'un ou l'autre cas, elles doivent pouvoir fonctionner en charge, alors que, généralement, les portes ne sont manœuvrées qu'après égalisation, plus ou moins précise, des niveaux du sas et du bief.

La manœuvre de l'écluse est très simple et présente un caractère cyclique qui permet de la

rendre automatique. Toutes les opérations s'y font toujours dans le même ordre. Si, par exemple, un bateau venant du bief amont, est à l'intérieur du sas, il convient de fermer les vannes et les portes amont, d'ouvrir les vannes aval, puis, lorsque le niveau de l'eau dans le sas est approximativement celui du bief aval, les portes aval ; le bateau peut alors sortir, un bateau allant en

sens inverse entrer ; la manœuvre se poursuit par la fermeture des vannes et portes aval, l'ouverture des vannes amont puis, lorsque le niveau de l'eau dans le sas est approximativement celui du bief amont, des portes amont. Le bateau « montant » sort, est remplacé par un bateau descendant et le cycle des opérations se poursuit, toujours identique. Il ne serait pas modifié, d'ailleurs, si aucun bateau allant dans un sens déterminé n'étant susceptible d'emprunter l'écluse, on devait faire passer l'un après l'autre deux bateaux allant dans l'autre sens, au moyen de ce que l'on appelle une « fausse bassinée ».

La durée de ce cycle d'éclusage, variable d'ailleurs suivant qu'il comporte ou non une fausse bassinée, permet de définir la capacité de l'écluse, c'est-à-dire le nombre de bateaux, et par suite, au moins approximativement, le tonnage de marchandises transportées, qui peuvent passer dans l'unité de temps.

Pendant fort longtemps, la technique de la construction des portes et des vannes des écluses limita la hauteur des chutes qu'elles permettaient de franchir à des valeurs assez faibles, de l'ordre de 2 à 3 mètres. Il était donc nécessaire, pour franchir des dénivellations tant soit peu importantes, de prévoir de très nombreux biefs, séparés par autant d'écluses, et les canaux français construits au cours du siècle dernier sont malheureusement, des exemples encore actuels de cette ancienne contrainte technique. C'est ainsi que l'on rencontre 99 écluses (sur environ 150 km aussi bien entre Vitry-le-François et Nancy sur le Canal de la Marne au Rhin qu'entre Toul et la Saône sur la branche sud du canal de l'Est ; l'embranchement de Nancy de ce dernier canal comporte 18 écluses sur une longueur de 10 km et, sur le premier, l'échelle d'écluses d'Arzwiller en comporte 17 sur 4 km.

Le temps que doivent mettre les bateaux pour naviguer sur de telles voies entraîne d'importantes dépenses pour les transports par navigation intérieure et les rend de moins en moins concurrentiels.

La technique des portes et des vannes a fort heureusement permis de très importants progrès en matière de hauteur de chute des écluses, mais deux problèmes continuent à se poser lorsqu'on augmente celle-ci.

Le premier est celui de l'agitation de l'eau dans le sas au moment du remplissage ou de la vidange. Si l'on ne prenait pas de précautions, cette agitation pourrait gêner la tenue des bateaux dans le sas et même provoquer des accidents ; mais on sait l'atténuer et pratiquement la supprimer en remplissant le sas sur toute sa

longueur, – soit par des aqueducs longitudinaux placés dans les bajoyers et communiquant avec le sas, au niveau du radier, par de petits aqueducs transversaux appelés « larrons », – soit, mieux encore, en créant, sous le radier du sas, qui est alors percé de trous, une chambre répartissant le débit sur toute sa surface.

Le deuxième est celui de la consommation d'eau. Sans précautions spéciales au cours de chaque cycle d'éclusage, le volume d'eau contenu dans le sas entre les niveaux des biefs amont et aval passe du premier dans le second. Or ce volume est important de l'ordre de 2 000 mètres cubes par mètre de chute pour une grande écluse moderne. Sans doute peut-on diminuer la quantité d'eau ainsi consommée par le procédé des bassins d'épargne, mais ceux-ci allongent sensiblement la durée du cycle, diminuant la capacité de l'écluse. A moins de disposer d'un débit important, on peut être ainsi conduit à remonter par pompage du bief aval dans le bief amont le volume d'eau consommé par les éclusages.

Quoiqu'il en soit, la technique actuelle ne permet guère d'aller au-delà d'une chute de plus de 20 à 30 mètres. C'est dix fois mieux qu'il y a un siècle, mais on rencontre souvent, notamment pour le franchissement de seuils, des dénivellations nettement plus importantes.

Sans doute, peut-on alors utiliser un ouvrage comportant une suite de sas tel que la porte aval de l'un soit la porte amont de l'autre, en sorte qu'un bateau descend ou remonte cette « échelle d'écluses » comme un escalier d'eau. Mais il est alors à peu près indispensable, eu égard à la durée du cycle d'un tel ouvrage, de disposer de deux « échelles » juxtaposées, affectées à chaque sens de navigation. Le problème de la consommation d'eau, sans doute nettement moins aigu qu'avec une écluse qui permettrait de franchir la totalité de la chute, n'en subsiste pas moins et les « échelles d'écluses » ralentissent le trafic.

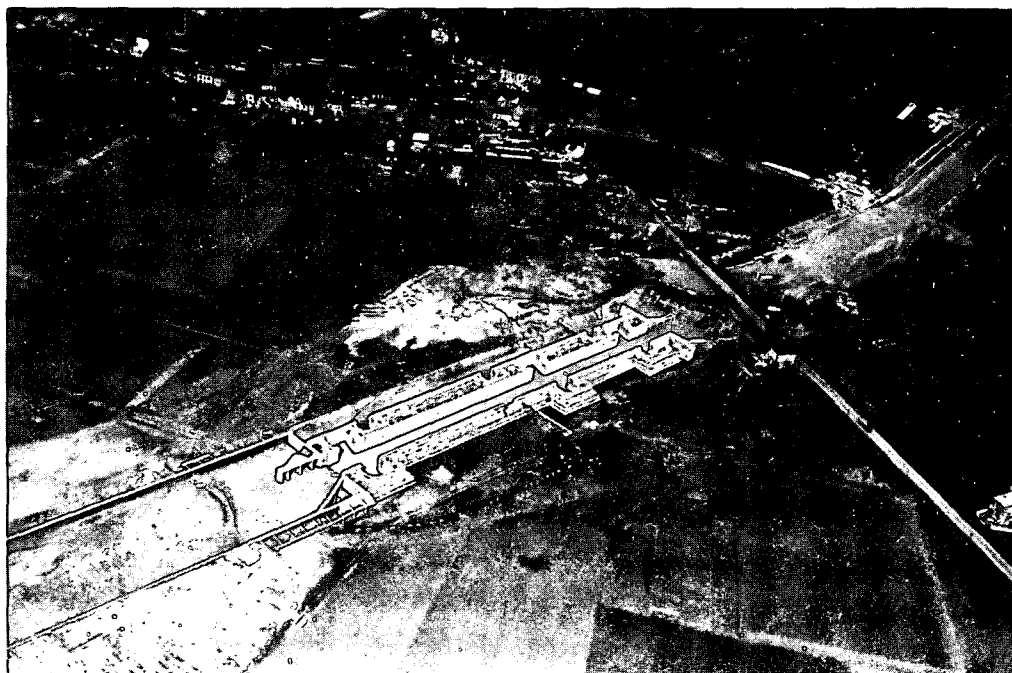
C'est pourquoi, depuis longtemps, les Ingénieurs ont cherché d'autres moyens que l'écluse pour franchir des chutes relativement importantes.

Dès la fin du siècle dernier, alors que les hauteurs de chute des écluses étaient encore relativement limitées, ils construisirent des ascenseurs à bateaux. Il s'agit de bacs métalliques allongés pleins d'eau, fermés par des portes à leurs deux extrémités, de dimensions telles qu'ils puissent contenir un ou plusieurs bateaux susceptibles de se déplacer verticalement et se placer alternativement devant l'un ou l'autre des biefs à réunir, de telle manière que le niveau de l'eau dans le

bac soit le même que dans le bief ; l'extrémité de celui-ci étant normalement fermé par une porte, il suffit alors d'établir un dispositif permettant de retenir l'eau entre les portes voisines du bac et du bief pour pouvoir ouvrir ces portes et laisser un bateau sortir du bac et un autre y entrer. Les portes, tant du bief que du bac, sont alors fermées, et le dispositif d'étanchéité supprimé, — ce qui n'entraîne qu'une perte d'eau très faible, — et le bac peut se déplacer jusqu'au niveau de l'autre bief. Les bacs des ascenseurs à bateaux, qui représentent des masses très importantes, comportent obligatoirement un dispositif d'équilibrage constitué, soit par la masse d'un deuxième bac de mêmes dimensions, soit par des flotteurs, soit par des contrepoids supportés par des câbles. Ces

trois types d'ascenseurs existent et fonctionnent normalement. L'ascenseur des Fontinettes, de 13,20 m de dénivellation, sur le canal de Neufossé, est en service depuis 1887 ; les Ingénieurs Allemands viennent de mettre en service un nouvel ascenseur à flotteurs, de 14,5 m de chute, à Henrichenbourg, sur le Canal Dortmund-Ems.

L'ascenseur à bateau présente de nombreux avantages, dont celui de la rapidité de manoeuvre. Il est relativement onéreux, non pas tant en lui-même que du fait qu'à moins de circonstances topographiques exceptionnellement favorables, il nécessite la plupart du temps la construction d'ouvrages d'accès importants et chers, notamment à l'amont.



Cliché « Durandaud »

Nouvelle écluse de Don.

Il ne semble pas, par ailleurs, que ce type d'ouvrage permette, dans l'état actuel de la technique, de franchir des chutes supérieures à 45 m.

C'est pourquoi d'autres formules ont été recherchées, depuis fort longtemps d'ailleurs, dont les premières consistaient à tirer le bateau à sec sur un chariot mobile sur un plan incliné. Après que l'on eut construit, dès le 15^e Siècle, des ouvrages de ce type en Italie, on en équipa, à la fin du 18^e Siècle, le canal de Shropshire en Angleterre. Il est bien évident qu'un tel système, qui avait d'ailleurs donné lieu à des perfectionnements assez remarquables, n'était valable que pour des bateaux relativement légers. Les études récentes

de déplacement des bateaux sur « coussins d'air » ou « coussins d'eau » n'ont d'ailleurs pas été concluantes.

C'est, en définitive, avec le système du bac plein d'eau, analogue à celui des ascenseurs, mais se déplaçant par l'intermédiaire de roues sur un plan incliné, que ce type d'ouvrages devait trouver une forme encore valable de nos jours. Plusieurs élévateurs basés sur ce principe furent construits au cours du XIX^e siècle mais c'est évidemment au plan incliné de 68 m de dénivellation, en cours d'achèvement à Ronquières en Belgique, sur le canal de Charleroi à Bruxelles, que l'on pense quand on parle de plan incliné longitudinal moderne.

Par rapport à l'ascenseur, le plan incliné longitudinal présente à la fois des avantages et des inconvénients. Comme lui, il peut être équilibré et il est certainement beaucoup plus facile de trouver un site se prêtant à l'implantation d'un plan incliné que d'un ouvrage de type vertical. Toutefois, l'existence, résultant de la conception même de l'ouvrage, de composantes horizontales d'accélération ou de décélération provoque, dans l'eau du bac, des phénomènes d'oscillations qui nécessitent des précautions très particulières, et notamment des accélérations très faibles, si l'on veut éviter des accidents. Il convient en particulier de proscrire tout arrêt brutal du bac pendant sa marche, ce qui exige un ensemble de sécurités relativement fort onéreux. Par ailleurs, la position du bac au contact avec l'un des biefs est obligatoirement définie en plan ; si donc le niveau de l'un des biefs vient à varier, le niveau de l'eau dans le bac peut ne pas être égal alors au niveau du bief, ce qui pose certains problèmes concernant tant l'égalisation des niveaux entre bac et bief que la variation de la masse du bac rempli d'eau à niveau variable, et par suite son équilibre.

Pour pallier le premier des inconvénients signalés ci-dessus, qui paraît bien être le plus grave, on peut remarquer qu'à accélération égale, les phénomènes d'oscillations sont d'autant plus importants que la longueur de la masse d'eau soumise à cette accélération est plus grande. D'où l'idée de déplacer le bac, non pas dans le sens de sa longueur, mais dans celui de sa largeur. C'est le principe du plan incliné transversal ; un ouvrage de ce type est en cours de construction à Arzwiller (Moselle) sur le Canal de la Marne au Rhin ; il permettra de franchir une dénivellation de 44,55 m et de remplacer les 17 écluses dont il a été question plus haut. Cet ouvrage n'est d'ailleurs destiné qu'à des bateaux de 350 tonnes, alors que l'élevateur de Ronquières permettra le passage de bâtiments de l'ordre de 1 500 Tonnes. Le plan incliné transversal présente les mêmes inconvénients que le longitudinal en ce qui concerne les variations des niveaux de l'eau dans les biefs.

Il peut cependant offrir, lorsque la topographie des lieux s'y prête, des possibilités fort intéressantes, que l'on ne saurait trouver ni pour l'écluse, ni pour l'ascenseur, ni pour le plan incliné longitudinal. Dans tous ces cas, en effet, un bateau ne peut entrer dans l'ouvrage que lorsque le (ou les) bateau allant en sens inverse en est sorti et s'en est suffisamment éloigné.

Or, on peut facilement concevoir, dans le cas du plan incliné transversal, où le bac se présente dans une position sensiblement parallèle aux lignes de niveau du terrain naturel, de construire,

pour chacun des biefs haut et bas, deux têtes, l'une à droite, l'autre à gauche du bac, raccordées à la voie principale par un canal de forme plus ou moins circulaire ; ce qui permet à un bateau d'entrer dans le bac pendant qu'un autre en sort. On gagne ainsi beaucoup de temps sur la durée du cycle de fonctionnement de l'ouvrage dont une partie importante, dans les autres cas, résulte des manœuvres décrites ci-dessus.

Quoi qu'il en soit, on ne possède pas encore l'expérience réelle du fonctionnement de grands plans inclinés, qu'ils soient longitudinaux ou transversaux. Il sera certainement très intéressant et très profitable d'étudier comment se comporteront dans la pratique les deux élévateurs de Ronquières et d'Arzwiller.

On peut également mentionner l'idée de plans inclinés longitudinaux automoteurs dont le bac ne serait pas équilibré ; ils ne paraissent pas offrir d'avantages assez substantiels pour compenser les importantes dépenses d'énergie qu'ils nécessiteraient.

C'est cependant à ce principe de déplacement autonome que se rattache la pente d'eau. Un tel ouvrage comporte :

- d'une part un canal en béton, dont le tracé en plan est rectiligne, mais pourrait, peut-être, être circulaire, dont le profil en long suit une pente constante et les bords intérieurs sont parfaitement lissés ;
- d'autre part un masque relié à un poussoir, fonctionnant un peu à la manière d'un grand bull-dozer, dont les bords sont munis de dispositifs d'étanchéité qui lui permettent de retenir et de pousser une masse d'eau de section longitudinale triangulaire. Cette masse d'eau, dans laquelle flotte un ou plusieurs bateaux, peut être amenée au niveau du bief amont, dont il suffit alors d'ouvrir la porte pour permettre la sortie des bateaux et l'entrée de ceux qui doivent descendre. Elle peut être également amenée au niveau du bief aval, et le masque doit alors être soulevé pour permettre aux bateaux de passer dessous. Comme dans le cas de plans inclinés longitudinaux, il convient de prendre des précautions pour éviter les oscillations du plan d'eau, et le calcul montre que celles-ci sont très réduites si la mise en accélération, ou en décélération, se fait progressivement pendant une durée égale à la période d'oscillation de l'eau devant le masque. Des essais sur modèle

réduit vont être incessamment entrepris pour confirmer ces résultats. La pente d'eau présente, par rapport aux autres plans inclinés, l'avantage, partagé par l'ascenseur, et bien entendu par l'écluse, de permettre une parfaite égalisation des niveaux dans le canal en pente et dans les biefs. Il semble bien, également, que la dépense de premier investissement puisse être plus faible, que pour l'ensemble des autres ouvrages.

Par contre, les frais de fonctionnement, du fait de l'absence d'équilibrage, seront certainement importants. On peut espérer que les essais sur

modèle réduit auxquels il va être procédé, permettront de tirer des conclusions précises sur les possibilités d'exploitation d'un tel type d'ouvrage.

Ainsi, à l'heure actuelle, on connaît fort bien les avantages et inconvénients des écluses, et bien ceux des ascenseurs à bateau. La mise en service des plans inclinés de Ronquières et d'Arzwiller, et les essais sur modèle réduit de la pente d'eau permettront, dans un proche avenir, de mieux connaître ces nouveaux types d'ouvrages de franchissement de hautes chutes et de choisir avec le maximum de sécurité ceux qui devront être implantés sur les grandes liaisons fluviales dont l'aménagement est prévu au cours des prochaines années.

R. VADOT,

Ingénieur Général des Ponts et Chaussées.

Les grandes formes DE CONSTRUCTION NAVALE

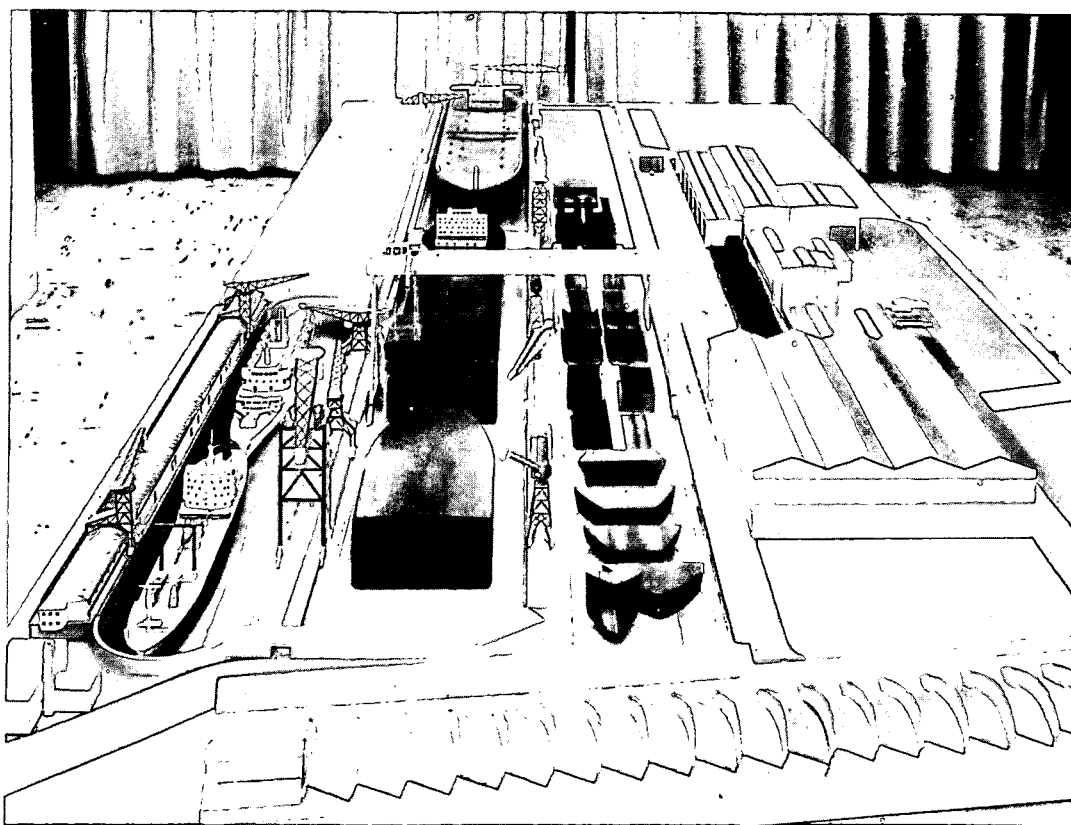
C'est pour deux raisons qu'apparaît actuellement une tendance à la création, pour les besoins de la construction navale, de bassins ou « formes » de très grandes dimensions.

Pour satisfaire à la demande des armateurs, il faut pouvoir construire des navires de plus en plus grands.

Pour soutenir une concurrence qui se durcit sans cesse, les chantiers doivent disposer d'instal-

lations unitaires de grande production afin d'obtenir le meilleur niveau de productivité.

La première de ces raisons est bien connue des lecteurs de ce bulletin. Pour transporter le pétrole brut – et aussi le minerai – au meilleur prix les armateurs sont conduits à concevoir des navires toujours plus grands : on sait que les mises en service probables, au cours des prochaines décennies, de pétroliers d'un port en lourd de 300 000 à 500 000 tonnes ont amené le ministre de l'Equi-



Cliché « Chantiers de l'Atlantique »

Maquette de la nouvelle forme Jean-Bart.

peuvent à créer une commission interministérielle chargée d'étudier les problèmes portuaires posés par de telles unités.

La deuxième raison est moins souvent exposée. Des études précises prouvent que les nouvelles méthodes de construction, telles que la concen-

tration du montage des coques sur une plateforme unique, la possibilité de monter couramment des ensembles préfabriqués de plusieurs centaines de tonnes, la mécanisation de la fabrication de ces éléments, l'amélioration de la précision, la diminution des délais, entraînent une

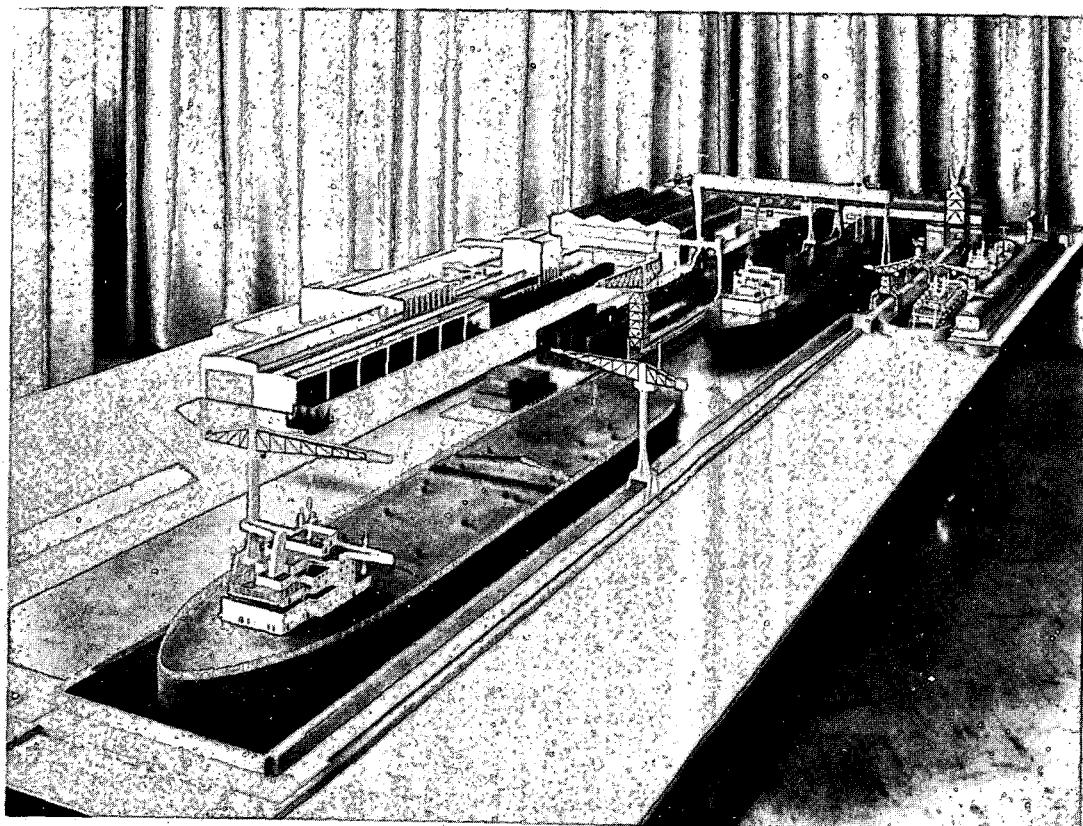
amélioration de la productivité de 20 % au moins dans la construction des coques métalliques.

A l'étranger, on peut citer essentiellement les projets ou réalisations de grandes sociétés du Japon qui donneront bientôt à ce pays 5 formes de construction susceptibles de construire des navires dépassant 300 000 tonnes de port en lourd. Ces formes sont longues d'environ 400 mètres et larges de 70 mètres.

En Suède, de telles installations existent aux Chantiers d'Arendal et de Malmö.

En Grande-Bretagne, les Chantiers de la Clyde prévoient aussi des cales géantes.

En France, enfin, plusieurs projets sont à l'étude sur les deux façades maritimes, et une réalisation est déjà en cours, celle des Chantiers de l'Atlantique, à Saint-Nazaire. Il s'agit de



Maquette de la nouvelle forme Jean-Bart.

Cliché « Chantiers de l'Atlantique »

conserver le principe de la forme « Jean-Bart », ouvrage construit avant la dernière guerre et qui était fort en avance sur son époque, mais qui est aujourd'hui de dimensions insuffisantes.

La nouvelle forme, gagnée sur l'estuaire de la Loire, se composera de deux ouvrages successifs de dimensions à peu près égales – le premier étant une forme de construction d'environ 470

mètres de long sur environ 65 mètres de large, et le deuxième étant une forme d'armement édifée dans le prolongement de la précédente –. Bien entendu cet ouvrage s'accompagnera de la création ou de la rationalisation des installations qui desservent la forme, notamment pour la préfabrication des gros éléments. La forme sera desservie par un portique roulant susceptible de transporter des charges de 500 tonnes.

Yves ROCQUEMONT,

*I. C. P. C. 1^{re} Classe Génie Maritime
Directeur Adjoint de la flotte de Commerce
et de l'Équipement Naval.*

L'EXPLOITATION

Moyen moderne de gestion de l'infrastructure routière

QU'EST-CE QUE L'EXPLOITATION ?

Est-ce le moyen de réduire dans la mesure du possible les inconvénients d'une insuffisance de capacité ?

Est-ce le moyen de mieux adapter les véhicules, la route et son environnement ?

Est-ce le moyen de maintenir la chaussée en état pour le service que l'on attend d'elle ?

Aucune de ces définitions n'est satisfaisante, la première est beaucoup trop restrictive et donne une image de l'exploitation qui ressemble trop à celle d'une retraite en bon ordre, en attendant que les voies nouvelles libèrent l'automobiliste des contraintes jugées excessives.

La deuxième est beaucoup trop générale, l'exploitant travaille dans le présent, il ne peut prétendre bénéficier d'éventuelles modifications des normes de construction routière, d'une évolution des caractéristiques des véhicules ou d'une réforme du Code de la Route, lesquelles ne peuvent produire leurs effets qu'à long terme. La conception de la voirie et de la réglementation doit effectivement s'appuyer sur l'expérience de l'exploitant, mais ce dernier ne peut compter sur les transformations qu'il inspire pour améliorer la situation actuelle. Les Anglais distinguent bien le Traffic Engineering, discipline de portée très générale touchant à la planification, à la programmation et à l'exploitation, et le Traffic Management qui fait l'objet du présent exposé.

La troisième prête à confusion, car l'exploitation ne doit pas se confondre avec l'entretien : le renouvellement des enduits superficiels, le maintien en état de la chaussée et de ses accessoires sont des opérations d'entretien qui ne peuvent s'assimiler à des mesures d'exploitation.

Si l'on devait confondre l'exploitation avec la nécessité de tirer le meilleur parti d'un réseau inadapté, on devrait admettre qu'une voirie moderne largement dimensionnée n'a plus besoin de moyens propres pour assurer son exploitation. L'automobiliste serait libéré de toute contrainte,

la voie s'exploiterait toute seule, l'exploitant n'aurait plus qu'à contempler son œuvre à la manière de la vache qui regarde passer les trains.

Or, fait étrange, un statut du personnel d'exploitation adapté aux nécessités des permanences et des astreintes lesquelles sont indispensables à une exploitation moderne, n'a été obtenu que tout récemment bien que réclamé depuis longtemps et ceci grâce à la mise en place des moyens nécessaires à l'exploitation des autoroutes de déchargement qui ne sont pas toutes saturées.

A-t-on pensé à ce que sera sans doute l'exploitation d'un itinéraire comme Paris-Lyon dans une dizaine d'années : Postes centraux de régulation au centre des grandes villes, postes de contrôle périphériques sur les autoroutes de déchargement, postes d'exploitation le long de la voie tous les 50 kms, moyens de télécommunication et d'intervention, services de police et de sécurité, secours aux blessés, assistance routière, accueil des usagers ?. Croit-on que les moyens envisagés : contrôle des accès (ramp metering) contrôle et/ou régulation des vitesses, systèmes de surveillance et d'alerte seront moins complexes que ceux utilisés par la S. N. C. F. avec les cantons, les blocs automatiques, les postes « tous relais » et même la banalisation des voies ?

Il est facile de montrer, par une comparaison internationale, que plus l'infrastructure est développée, plus les moyens consacrés à son exploitation sont importants. Il est non moins facile d'expliquer ce phénomène car l'investissement concentre et accroît le trafic : toute infrastructure moderne est un moyen de transport de masse à forte productivité dont la bonne gestion est indispensable, aussi bien pour des raisons d'efficacité économique que pour satisfaire les usagers et l'opinion qui seront immédiatement informés et sensibilisés par tout incident d'exploitation qui ne peut plus passer inaperçu.

Un arbre couché par la tempête sur une route nationale d'importance moyenne : 3 usagers concernés, des dégâts matériels...

En avril 1965, sur une des autoroutes* de dégagement de Paris (Autoroute du Sud) à 3 km d'une des sorties de Paris, le pneu d'un camion éclatait. L'accident ne fit aucune victime corporelle mais le camion se coucha sur le côté, en travers de la route, bloquant deux voies de circulation sur trois et ne laissant sur la 3^e qu'une largeur de 2 mètres, interdisant son emploi par les poids lourds. Le débit sur l'autoroute était assez élevé, puisqu'il s'agissait d'un mardi de Pâques. Le nombre de véhicules bloqués a été de 12 000 et chacun d'entre eux l'a été en moyenne 1 h. 15 minutes.

Avant de mieux définir l'exploitation, il est bon de faire un rapide historique des types d'intervention dans ce domaine.

L'âge de la pierre, c'est l'affirmation traduite en termes plus ou moins voilés selon les époques dans les Codes de la Route des différents pays et d'après laquelle l'automobiliste emprunte la chaussée à ses risques et périls et doit rester « maître » en toute circonstance de son véhicule « en fonction des difficultés de la circulation ou des obstacles prévisibles ».

Le silex taillé (mauvais pour les pneumatiques), c'est le panneau « Attention, chaussée déformée avec vitesse maximum 30 km/h » sur l'ensemble des sections suspectées d'être dangereuses.

L'âge de bronze, c'est le gendarme, son sifflet et sa bicyclette, à la quête du « fou du volant » qui viendrait troubler la tranquille harmonie de l'écoulement de la circulation.

L'époque actuelle : c'est une signalisation traditionnelle permanente ou temporaire qui s'efforce de tenir compte à la fois de la situation de l'infrastructure et de la psychologie du conducteur pour que le message soit à la fois utile et perceptible.

C'est une recherche systématique des sections et points dangereux pour orienter les améliorations localisées.

C'est une détection des goulots et des périodes de pointe pour distribuer dans le temps et dans l'espace les forces de police et tirer tout le rendement possible des mailles du réseau les plus surchargées.

C'est une surveillance des accessoires de la route pour assurer l'entretien prioritaire de tout ce qui peut contribuer à accroître la sécurité : signalisation horizontale, bonne délimitation des terre-pleins axiaux, dégagement des zones de visibilité, aménagement des aires de stationnement.

C'est la prise en compte du bilan de l'usager, à l'occasion de toute déviation ou ouvertures de chantiers.

C'est enfin l'examen des permissions de voirie

et autorisation de toutes sortes données aux riverains, aux concessionnaires de réseaux ou autres utilisateurs du domaine public, en tenant compte de l'usage principal de la voie, même lorsqu'elle n'est pas affectée exclusivement à la circulation routière.

A ces préoccupations répondent le fichier départemental des accidents, les opérations « Primevère » et l'aménagement de zones de dépassement.

Au nombre des dispositions appliquées dans le cadre des opérations « Primevère » en vue de maintenir le maximum de fluidité sur les principaux axes routiers, ont été prononcées, à certaines périodes de grand trafic et pendant certains week-ends prolongés, des interdictions de la circulation des véhicules de poids lourd.

Ces interdictions intéressaient des sections lourdement chargées pendant certains jours d'été, en particulier les week-ends de début et fin juillet.

D'autres mesures ont porté sur les départements limitrophes de pays dans lesquels la circulation des poids lourds est également soumise à des restrictions, tels que l'Allemagne, la Suisse, l'Italie. Dans ces pays, les mesures prises sont en général plus sévères qu'en France, allant jusqu'à l'interdiction totale ou partielle de la circulation des véhicules de poids lourds sur certains itinéraires ou à certaines époques. Les dispositions de restriction dans les départements frontières avaient surtout pour objet d'éviter le stationnement à proximité des frontières des nombreux poids lourds n'ayant pas la possibilité de rouler à l'étranger les jours interdits.

Il était difficile d'apprécier par avance les difficultés causées par ces restrictions, si limitées soient-elles, aux transports routiers tenus à des horaires stricts ; les transports routiers internationaux (T. I. R.) risquaient de poser de sérieux problèmes. En fait, grâce à l'utilisation d'itinéraires de déviation et aux dérogations accordées aux camions effectuant des transports urgents (isothermes, frigorifiques ou transportant des denrées périssables : produits laitiers, poissons, fruits, animaux), ainsi qu'aux véhicules regagnant leur point d'attache à vide, il apparaît que la gêne pour l'économie des transports de marchandise n'ait pas été excessive.

Dans l'ensemble, l'expérience a démontré que, malgré un accroissement du volume de la circulation, l'écoulement du trafic s'est nettement amélioré.

Des résultats meilleurs pourront sans doute être obtenus si l'on applique ces mesures à des itinéraires plus longs et si l'on veille à remédier aux difficultés de traversée d'agglomérations. En

revanche, il est assez hasardeux d'affirmer que cette réglementation ait joué un rôle prépondérant sur le nombre des accidents. Les données statistiques sont trop limitées pour être significatives et ne permettent pas de tirer des conclusions valables.

L'aménagement de l'itinéraire Paris-Lyon par Avallon dans la traversée du Morvan est un bon exemple *d'aménagement de zones de dépassement*.

La section de l'autoroute A 6 entre Paris et Avallon sera mise en service au début du printemps 1967.

A la sortie de l'Autoroute A 6 au Sud d'Avallon, à Etrée, le trafic en provenance de Paris, à destination de Lyon, devra emprunter la RN 6 par Saulieu, Chagny et Mâcon.

Cette route traverse le département de la Côte d'Or sur une longueur de 87 km. Sur ce parcours, situé dans la région du Morvan, le tracé de la RN 6 est assez sinueux. En profil en long, il comporte dans les deux sens, des rampes importantes où très souvent se produisent des bouchons de circulation, dus principalement à la présence des poids lourds sur les voies montantes. La chaussée a 7 m 00 de largeur.

Le trafic moyen actuel de la RN 6 en Côte d'Or est de l'ordre de 6 500 véhicules/jour, dont 1 000 poids lourds.

Au moment des départs en vacances, la moyenne des 4 jours de pointe s'est élevée à 22 200 v/j avec des pointes horaires de 1 800 véhicules.

Il est probable qu'au moment où l'autoroute sera continuée entre Paris et Avallon, le trafic sur la RN 6 augmentera de 25 % environ, aussi a-t-il été décidé d'améliorer les conditions de circulation à la traversée du Morvan, en créant des sections à 3 voies (chaussées de 10 m 50) afin de diluer les embouteillages en permettant les dépassements.

Quatorze sections dont la longueur varie de 800 à 1 800 m. ont été élargies à 10 m 50. Une dernière section de 4 km à la limite Nord du département le sera prochainement. Ces sections ont été réparties avec soin afin d'assurer une plus grande fluidité de la circulation. Elles intéressent notamment la presque totalité des côtes.

De plus, de nombreuses autres sections ont été renforcées pour résister au surcroît de trafic et remettre en état les sections les plus déformées.

Au total, sur les 87 km de route en Côte-d'Or, il y aura au printemps prochain :

- 23 km de chaussée à 3 voies
- 43 km de chaussée renforcée.

Le montant de la dépense aura été de l'ordre de NEUF millions.

Sur les sections à 3 voies, les couloirs de circulation seront matérialisés par des bandes jaunes.

Sur les sections à forte rampe, il sera réservé deux voies pour la circulation montante, une voie pour la circulation descendante.

Sur les sections ne présentant pas de forte déclivité, les trois voies seront matérialisées par un tracé pointillé.

L'amélioration obtenue par le jeu des voies préférentielles sera également répartie dans les deux sens Paris-Lyon et Lyon-Paris.

De plus, pour permettre les déviations de trafic lors des pointes de circulation, un saut de mouton sera construit à Vernon au croisement de la RN 6 avec la RN 70 et il est possible qu'un même ouvrage soit construit à Corpeau au croisement de la RN 6 et de la RN 74.

L'ensemble de ces travaux dont la plupart sont déjà réalisés permettant de penser que, lors de la mise en service de l'autoroute Paris-Avallon, l'important trafic qui empruntera la RN 6 dans la Côte-d'Or, ne subira pas d'à-coups trop sévères, bien qu'il reste 64 km de routes à deux voies.

Voilà pour le présent, mais *qu'en sera-t-il du futur ?* Le théoricien souhaitera tout naturellement rendre opérationnelle la notion de gêne marginale apportée à la collectivité par l'usager supplémentaire qui emprunte le réseau et recherchera par un système de contingentement ou de tarification, une optimisation de l'ensemble, c'est-à-dire un équilibre convenable de l'offre et de la demande de capacité. Il rejoindra, en cela, le praticien qui limite l'accès à un giratoire pour éviter son blocage ou ferme certains accès aux autoroutes pour ne pas dépasser le débit critique qui conduit à des écoulements instables.

Peut-on aller plus loin ? Un familier des affaires économiques peut aisément imaginer appliquer à un tel objectif les progrès de l'Informatique et de l'Automatique. On posera, par exemple, un « répondeur » sur chaque véhicule qui, véritable numéro minéralogique électronique, permettra l'identification de la voiture et la « mise en mémoire » de l'information sous une forme assimilable par l'ordinateur. A partir de là, on peut rêver à de nombreuses applications possibles. De même que le chèque magnétique va transformer le travail bancaire et l'identification des wagons la gestion de la S. N. C. F., le répondeur bouleversera peut-être l'exploitation de la voirie en permettant le réglage optimum des feux, à partir de la mesure directe des temps de trajet ou, suprême raffine-

ment, la perception automatique du droit de stationnement modulé à plaisir selon le coût marginal ou du péage urbain calculé en fonction du coût de la voirie dans la zone traversée. N'a-t-on pas parlé de l'ambivalence du progrès ?

En fait, la rigueur du raisonnement et les perfectionnements de la technologie ne doivent pas masquer la réalité des phénomènes.

Exploiter, c'est obtenir le meilleur service d'une infrastructure donnée. Or, ce service se traduit par trois qualités : la rapidité, la sécurité et le confort. La rapidité se mesure pour l'économiste en terme de temps de trajet et non de vitesse maximum, la sécurité en termes d'accident et le confort ne s'appréciera jamais aisément en valeur monétaire. Ces trois qualités demandées au transport routier ne sont pas indépendantes et les interventions les plus rentables pour améliorer le niveau de service seront le plus souvent bien difficiles à sélectionner.

L'amélioration de la Sécurité, par exemple, exige la compréhension et l'intégration d'une large variété de facteurs sociaux, économiques, politiques, psychologiques et juridiques aussi bien que technologiques en relation avec le véhicule, la route et le conducteur. Ce système est caractérisé non seulement par sa complexité mais aussi par le haut degré d'interconnexion et d'interdépendance de ces nombreux facteurs. Le concept de cause n'a que peu de signification opérationnelle dans l'étude des accidents, les accidents correspondent à un défaut du système plutôt qu'à la défaillance d'un composant. On parlera plus précisément de facteurs contributifs ou potentiels. Le développement de la sécurité routière en tant que science exige la formulation d'une véritable théorie de l'accident comme celui de la Circulation Routière, celui d'une théorie de l'écoulement du trafic.

Il faut sortir de la description épisodique des circonstances pour formuler une hypothèse globale qui intégrera les facteurs dans un schéma cohérent. À la notion de responsabilité qui suppose une mise en cause, il faut substituer celle de combinaison critique de facteurs potentiels d'accident.

Pour bien faire comprendre la nature du problème, il est commode de le ramener à une formulation très simplifiée. On admettra un conducteur seul sur la route qui désire connaître la vitesse maximum qu'il peut pratiquer. Cette vitesse devra répondre à quatre conditions :

- Possibilité de freinage en cas d'apparition d'un obstacle sur la chaussée. C'est la condition de sécurité dite « longitudinale » ;

- Stabilité transversale du véhicule tenant à ses qualités de tenue de route et aux effets aérodynamiques. C'est la condition de sécurité dite « transversale » ;

- Règle de continuité difficile à satisfaire si au cours de la progression du véhicule la vitesse maximum autorisée après avoir été bornée par la condition 1, par exemple, devient soumise à la condition 2 ou vice versa. Les performances d'accélération ou de décélération peuvent être insuffisantes pour supporter cette permutation ;

- Appréciation du risque présent (par la faute possible d'autrui (refus de priorité par exemple) ce qui suppose le choix d'un taux de risque accepté.

Il est facile de montrer que le calcul de la vitesse de base par une méthode purement objective sur une route donnée à caractéristiques non homogènes n'a pas encore trouvé de solution. On ne s'en étonnera pas car si les spécialistes de la mécanique mathématique n'ont pu encore expliquer la marche à pied, on ne voit pas pourquoi on aurait trouvé la solution pour la conduite automobile.

Le pilote automatique ne pourra jamais qu'effectuer des opérations relativement simples et l'exploitation devra bien tenir compte de cette complexité des choses qui fait que l'homme et donc les sciences humaines, seront toujours présentes lorsque l'on traitera du comportement du conducteur.

Alors comment exploiter la route avec des moyens modernes ?

D'abord, en perdant le complexe de frustration de l'exploitant répartiteur de pénurie, l'exploitation n'est pas une technique de bouchage de trou, mais une discipline noble et difficile qui exige beaucoup de connaissances et d'expérience et qui fera sans aucun doute très largement appel dans l'avenir, à la fois aux techniques modernes de régulation, aux sciences humaines et aux analyses de système.

Ensuite, en faisant plus largement appel à la méthode expérimentale. Il existe en France plus de 4 200 compteurs et cependant les forces de police utilisent le plus souvent, les jours de grande pointe, l'appréciation visuelle des agents sur la fluidité du trafic. Il existe des méthodes qui ont fait leurs preuves pour l'annonce des crues. Elles reposent sur une analyse des données recueillies dans le passé et l'examen systématique des corrélations entre les mesures faites en amont et les constatations recueillies quelques heures ou quelques jours plus tard sur les sections à protéger. Si

la progression du flot de circulation est plus rapide, le calculateur en « temps réel » donnera cependant des indications parfaitement utilisables pour l'action. L'expérience prouve que la connaissance empirique ou l'intuition ne sont pas toujours de bons guides. L'indifférence devant les calculs des hommes qui sont sur le tas comme de certains ingénieurs chevronnés, n'est souvent que paresse de pensée et ignorance des méthodes rationnelles modernes. L'expérience acquise est destinée à interpréter et à nuancer les calculs et non à les remplacer.

Enfin, en faisant comprendre à tous ceux qui sont concernés par la Route que l'exploitation est leur affaire. On ne peut planifier, on ne peut projeter, on ne peut entretenir une infrastructure sans avoir présent à l'esprit l'usage que l'on

attend d'elle. Mieux adapter l'ouvrage à sa fonction doit être une préoccupation de tous les instants, le routier doit penser, l'automobiliste et le conducteur intégrer la route. A ce titre, même l'usager est un exploitant et son comportement réagira inévitablement sur la qualité du service que la route offrira aux autres usagers.

Ces quelques réflexions, cette recherche d'une bonne définition de l'exploitation avaient essentiellement pour objet de sensibiliser sur ce sujet tous ceux, qui par leur action de tous les jours, comme par leur réflexion, peuvent rendre plus efficace, donc mieux rentabiliser un effort toujours croissant d'investissement routier.

A tous ceux là, on peut dire à la fois « Bonne Route » et « Rapidité, Sécurité, Confort aux exploitants de bonne volonté ».

Michel FRYBOURG,

*Ingénieur en Chef des Ponts
et Chaussées*

*Chef au Service des Etudes
et Recherches de la
Circulation Routière.*

LES MUTATIONS EN COURS DANS LES MODES DE TRANSPORT MARITIME DES MARCHANDISES CONDITIONNÉES

« *L'action est une aventure* »

P. MASSÉ.

Il est maintes manières d'exploiter un navire. Il sera seulement traité ici des mutations en cours dans le domaine particulier des lignes régulières. L'armateur de lignes régulières est un industriel qui met une capacité de transport à la disposition de la clientèle, chargeurs et réceptionnaires, à dates fixes sur un itinéraire défini. Les navires qui assument ces trafics sont généralement agencés en vue du transport des marchandises conditionnées mais suivant les besoins du commerce des pays touchés peuvent être conçus pour charger, en outre, des liquides ou solides en vrac. Leur structure a depuis vingt ans évolué dans le même sens mais moins rapidement que l'organisation des transporteurs de vracs : accroissement de la vitesse (les cargos transocéaniques ont couramment des vitesses supérieures à 20 nœuds), accroissement de taille (certaines unités atteignent 170 m de longueur et 23 m de largeur) ; automatisation poussée, aides radio-électriques nombreuses. Pourtant beaucoup tiennent ces cargos pour désormais désuets et au mois de novembre 1966, le premier « container-ship » transocéanique a touché un port français.

Il semble que le navire traditionnel soit victime de ses qualités nautiques : ces unités rapides et puissantes admirablement conçues pour assurer des transports rapides, réguliers et sûrs traversent si bien les mers que le poids du temps passé dans les ports est devenu prépondérant car elles sont au cours de leurs escales traitées de la manière la plus traditionnelle malgré les perfectionnements intervenus dans le détail des procédures. Le coût de l'immobilisation de navires onéreux dans les ports, le coût des opérations de manutention particulièrement lourd dans les pays à niveau de vie très élevé ont conduit les armateurs à rechercher une modification radicale du mode de chargement des navires.

Parmi les techniques nouvelles, trois semblent s'imposer, pouvant être caractérisées par le type d'unité de charge à partir de laquelle est défini le

navire mais d'autres seront mises au point ; des navires porte-chaland sont à l'étude et chaque jour apporte des idées nouvelles parfois séduisantes, parfois peu réalistes. La seule certitude qui puisse être avancée est la disparition à terme du navire traditionnel.

La palette constitue une première solution ; le navire porte-palettes comprend de nombreux ponts de faible hauteur ; la manutention est effectuée par chariots élévateurs ; la liaison avec la terre est assurée par de courtes passerelles assurant une continuité entre le quai traditionnel et des portes latérales percées dans le bordé. Le navire prend la forme d'un magasin d'usine. Cette formule est très souple et s'accommode des usages commerciaux actuels.

Si l'unité de charge choisie est la semi-remorque, le navire devient un garage immense à un ou plusieurs étages relié à la terre par une passerelle placée généralement à l'arrière. Cette technique dite « roll-on roll-off » donne des responsabilités particulières au transporteur terrestre qui devient pour l'armateur, réduit au rôle de « passeur », le client essentiel et qui doit à son tour assumer vis-à-vis de la marchandise le rôle commercial essentiel.

Mais la technique qui soulève le plus d'espoirs et de problèmes est celle du container : le container maritime est une boîte solide mais légère d'un volume de 30 ou 60 m³ capable de recevoir entre 15 à 25 t de marchandises, assez résistante pour supporter un gerbage sur six plans. Ces cadres sont disposés en piles verticales le long de guides dans le navire spécialement conçu et sont manutentionnés par des portiques, appareils du navire ou outillage portuaire. L'idée de remplacer la multiplicité des emballages de tailles diverses par des unités beaucoup plus importantes réutilisables et standardisées afin de simplifier les manutentions, de faciliter les ruptures de charge et de mieux protéger contre les chocs et les vols le produit transporté, est ancienne. Le fait nouveau réside

dans le choix des dimensions (1) : les containers standardisés ont une hauteur et une largeur de 8' (2,435 m), une longueur de 20' (6,10 m) ou de 40' (12,20 m). Il existe également des containers de 35' (10,70 m) de longueur, de 8' (2,435 m) de largeur et de 8' 6" (2,60 m) de hauteur.

Ces matériels sont typiquement des caisses de semi-remorques ou de wagons : le transport combiné est allé à la limite de sa logique en définissant l'unité de charge à partir du moyen de transport aux limites des plus sévères et en exigeant que le navire soit repensé autour de l'unité ainsi définie. La technique du container donne à l'armateur des responsabilités particulières : tant que de vastes organisations d'échange et de compensation ne seront pas créées c'est lui qui devra mettre à la disposition du client le cadre à remplir et cette nécessité porte en elle le germe d'une organisation commerciale intégrée où dépassant son rôle, l'armateur assumerait la totalité de la chaîne de transport.

Le domaine d'emploi de chaque technique n'est pas éclairci : le transport par containers paraît à beaucoup adapté aux lignes longues très achalandées reliant des pays hautement industrialisés mais certains armements et non des moindres ont décidé, pour relier la Côte Est des Etats Unis aux ports de la Manche et de la mer du Nord, de faire construire des navires mixtes porte-containers et porte-véhicules. Le navire à manutention horizontale semble adapté aux lignes courtes mais le Chemin de Fer britannique envisage la mise en service de portes-containers entre l'Angleterre et la Belgique. Au demeurant, peu de décisions ont été prises dans les domaines qui touchent le commerce extérieur de la France et il est à présumer que devant l'ampleur des investissements à consentir, la mutation se fera lentement. Si le développement du transport des camions à travers la Manche est très brillant, l'implantation du navire porte-containers sur les liaisons transatlantiques se fait dans un climat de « destruction créatrice » : l'initiative de mettre en service sur la ligne de New York des navires porte-containers est celle d'un groupe, d'ailleurs américain, qui ne peut pas être considéré comme un armateur traditionnel ; les plus vastes entreprises européennes ont constitué un groupement dont l'idée même ne pouvait être envisagée il y a peu d'années. Des navires de 200 m de longueur et de largeur à peine inférieure à 30 m, vont apparaître, d'une puissance de transport inconnue jusqu'ici et beaucoup ne pourront avoir pour longtemps un coefficient de remplissage satisfaisant.

(1) Les écluses de Dunkerque et du Havre coûteront chacune environ 150 000 000 Francs.

Mais la révolution des lignes régulières, particulièrement la révolution du container, ne met pas seulement en cause la situation de l'armateur. On a insisté sur les justifications portuaires des choix intervenus mais le container doit supprimer encore bien des ruptures de charge au cours du transport intérieur. Trop vaste pour traiter de porte à porte tous les transports, il doit cependant être rempli et vidé le plus près possible du lieu d'origine et de destination de la marchandise et pour cela, il est important que soient créés dans toute la France des centres de groupage régionaux. En bien des points, le volume du trafic ne justifiera pas la création d'organisations particulières à chaque armement et des centres publics de groupage seraient indispensables. En face des initiatives prises par une compagnie qui ne touche pas les ports français, les projets élaborés dans le sens indiqué par les transitaires devraient donner lieu à réalisation rapide. Le Chemin de Fer qui dispose d'une organisation de surface remarquable, plus de cent gares pouvant manutentionner les containers, peut fournir une infrastructure adaptée.

La succession traditionnelle des ruptures de charge étant allégée, le rôle des intermédiaires de transport sera modifié et en particulier réduit dans le port, rapide escale technique. Au demeurant, la politique de l'Administration des Douanes adoptée bien avant la mise en service des techniques nouvelles tend à l'accomplissement des formalités au point de destination finale. Toutefois, les transitaires qui sauront prendre la responsabilité du transport de bout en bout trouveront un rôle nouveau.

En matière de transports intérieurs, tous les moyens existants peuvent être adaptés : il n'est pas interdit de penser que sous quelques années, les ports de la Basse Seine soient reliés à Paris par des convois poussés chargés de containers. Mais le programme autoroutier qui prévoit pour le proche avenir une liaison de Lyon, Paris et Lille aux ports d'Anvers et Rotterdam, suscite des inquiétudes dans les ports français de la Manche. Le dynamisme, dont la Société Nationale des Chemins de Fer Français et ses filiales spécialisées dans les transports combinés font preuve dans cette affaire, constitue pour eux un sujet de satisfaction et d'espoir.

Dans les ports beaucoup craignent une modification brutale du niveau de l'emploi des ouvriers dockers : une équipe de dockers œuvrant sur un navire porte-containers peut manutentionner 25 containers à l'heure ; dans le cas où ces containers contiennent 12 t de marchandises, la cadence sera de 300 t/h. Une équipe plus nombreuse chargeant ou déchargeant un navire traditionnel peut manutentionner de 10 à 20 t/h. de marchandises

diverses suivant la nature de la cargaison. En ce sens, il y a pratiquement suppression de l'emploi. Mais les techniques ne s'implanteront que lentement, ligne par ligne : des études précises montrent que la diminution naturelle des effectifs suffira, toutes choses égales par ailleurs, à compenser la diminution du volume de travail. Les perspectives du plan montrent que les choses ne peuvent rester égales et que le commerce extérieur de la France s'accroissant, il ne sera probablement même pas nécessaire de supprimer tout recrutement. La crainte du chômage technologique doit être écartée mais la situation actuelle doit inciter à poursuivre les processus d'industrialisation portuaire qui permettront de retrouver, et au-delà, les emplois perdus.

Sur un plan très général enfin, pour un cadre transporté de Lyon à Chicago sans rupture de charge, le transport maritime apparaît comme un incident du transport total et l'on peut se demander si à terme toutes les règles du droit maritime international si précieusement élaborées depuis des siècles n'auront pas à perdre leur caractère spécifique. Sur le plan commercial, bien des taxations maritimes ont un caractère *ad valorem* : on peut se demander si l'armateur pourra toujours taxer suivant leur valeur des marchandises qu'il ne voit pas.

Au total, c'est la chaîne de transport tout entière qui se trouve bouleversée. Une telle mutation supprime pour un temps toutes les viscosités de l'appareil économique ; les problèmes les mieux résolus sont à nouveaux posés ; il est donc essentiel pour chacun de s'adapter vite car les trafics échappés seront difficilement repris.

Quelles positions peuvent dans ce sens prendre les autorités portuaires ? Il semblerait d'après l'exposé qui précède que leur rôle soit effacé dans la mutation entreprise. Certes le problème portuaire ne doit pas être tenu pour essentiel dans une analyse d'ensemble mais un effort important sera exigé des élus.

Les armateurs choisissent des ports d'escale moins nombreux suivant des critères plus contraignants. Pour ces navires très onéreux, la notion de rapidité des accès est primordiale comme sont primordiales de bonnes liaisons avec l'hinterland et une organisation adaptée des installations. Certes les armements traditionnels seront heureux d'utiliser les postes à quai devenus désuets pour leurs concurrents mais d'importants investissements seront à consentir.

Leur description détaillée dépasserait le cadre de cet article, d'autant qu'ils se caractériseront par une grande variété : alors que jusqu'ici le

navire transporteur de marchandises diverses était conçu indépendamment du quai destiné à le recevoir, une étroite adéquation est désormais nécessaire entre les dispositions du navire et l'organisation du poste à quai. Il est toutefois possible de dégager les lignes générales du programme des installations destinées à accueillir les trois types de navires dont il a été fait état.

La manutention des marchandises chargées sur navires porte-palettes s'effectue par des portes latérales : il n'est donc pas possible dans la plupart des cas d'envisager de recevoir de telles unités dans des bassins de marée ; compte tenu, toutefois, des dispositions prises par les armateurs soucieux de toucher de nombreux ports où les niveaux du quai, par rapport au niveau du bassin, peuvent être différents, certains mouvements du plan d'eau sont acceptables. En outre, les navires porte-palettes peuvent se satisfaire des installations portuaires traditionnelles ; il est, toutefois, nécessaire que la zone comprise entre le hangar et le quai soit suffisamment large pour que l'évolution des chariots à fourches puisse s'effectuer aisément.

Les navires à manutention horizontale disposent généralement d'une porte à l'arrière, parfois une porte à l'avant. Il convient dans un bassin de marée de relier l'arrière du navire à la terre par une passerelle qui, dans les ports où la marée est importante, peut prendre des dimensions notables si l'on désire que la pente de la chaussée empruntée par les véhicules ne soit pas supérieure à 10 %. Dans les ports de la Manche, on trouve des passerelles de 60 m de longueur. La mise en place des semi-remorques par un tracteur lié à l'installation s'effectue généralement en marche arrière ; les chariots à fourches latérales qui peuvent être amenés à charger et décharger des containers ont un encombrement excédant les limites imposées par le Code de la Route ; sur un grand navire, on peut pour gagner du temps, désirer procéder en même temps au chargement et au déchargement : pour toutes ces raisons, il est souhaitable que la passerelle soit dotée de deux voies d'une largeur totale de 7 m environ. Certes ces ouvrages considérables sont fort onéreux. Toutefois, comme aucune manutention latérale ne s'effectue, il n'est plus nécessaire d'accoster le navire à un quai traditionnel et ainsi qu'il est procédé pour les navires transporteurs de vrac liquides, on peut l'appuyer sur de simples ducs d'Albe.

Pour les navires porte-containers, le problème se pose différemment suivant que le navire dispose ou ne dispose pas de son propre matériel de manutention. Quelle est la bonne solution ? Il n'y a pas de réponse à une question trop générale mais il est certain que si le nombre des navires desservant une ligne est élevé, les escales peu nombreuses, la

construction de portiques portuaires s'impose. Ces portiques pour être susceptibles de manutentionner des containers de 40 t doivent offrir une charge utile supérieure à 30 t pour une portée à partir du rail avant de 35 m. Le schéma général de tels engins est voisin de celui des portiques utilisés pour la manutention des minerais.

Mais pour le navire porte-containers ou le navire à manutention horizontale, le problème essentiel n'est pas la réalisation d'infrastructures ou d'outillages. Il convient, en effet, de disposer à proximité du poste à quai de vastes terre-pleins et cette nécessité constitue une nouvelle sélection par la qualité du site. On a donné quelques indications sur les cadences susceptibles d'être obtenues dans la manutention des containers. L'utilisation optimum d'un poste à quai peut être définie par un calcul économique à partir de la théorie des files d'attente. Si la mise en service de navires porte-containers ne modifiait pas les éléments essentiels du calcul, la capacité annuelle d'un poste à quai en tonnes de marchandises serait multipliée par le rapport des cadences de manutention. En fait, les navires porte-containers sont plus onéreux que les navires traditionnels et le coefficient d'utilisation optimum de tels postes est de ce fait moins élevé que le coefficient d'utilisation d'un poste traditionnel. Au total et malgré

cette restriction, un poste à containers a une puissance incomparablement supérieure à celle d'un poste classique et l'organisation à terre doit tenir compte de cette puissance en réservant les superficies nécessaires aux marchandises en attente. Il est admis qu'une largeur de terre-pleins de 350 m à partir du front d'accostage est nécessaire. L'organisation d'un poste à quai classique exigeait de 120 à 150 m de profondeur et l'élément le plus important était le hangar d'une superficie souvent supérieure à 5 000 m². Le schéma nouveau est fondamentalement différent.

Il se produit tant de mutations dans notre univers économique que paradoxalement, les tenants pour normales dans les domaines qui nous sont étrangers, nous en refusons l'évidence dans notre propre spécialité. La révolution du container, prometteuse et angoissante, se pose dans des termes différents à de très nombreux agents économiques ; le Ministère de l'Équipement qui contrôle le navire, le port, la route et le rail et les cités commerciales et industrielles en pleine transformation, peut jouer dans ce domaine le rôle de l'initiateur, point de rencontre et centre d'incitation qui permettra à l'économie française des transports de s'adapter avec la rapidité et la justesse de vue indispensables.

L. VIGUÉ,

*Ingénieur des Ponts et Chaussées
Directeur de l'Outillage
du Port Autonome du Havre.*

