

Traversée des détroits: Øresund

Autor(en): **Boskovitz, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **122 (1996)**

Heft 26

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78881>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Traversée des détroits: Øresund

Par Pierre Boskovitz,
rédacteur

Dans un précédent article, nous avons mis en évidence l'importance du trafic à travers les détroits qui séparent les îles danoises et décrit la traversée fixe du Storebaelt, en cours de réalisation¹. Parallèlement et en collaboration avec la Suède, le Danemark procède à la construction de la traversée fixe de l'Øresund, le détroit qui sépare les deux pays.

Cette traversée, longue de 16 km, devra assurer, à partir de l'an 2000, une liaison autoroutière et ferroviaire permanente entre Kastrup dans la région de Copenhague et Lernacken dans celle de Malmö, entre le Danemark et la Suède et rapprocher ainsi la Scandinavie du continent. Bien que les services de ferry actuels fonctionnent bien, le détroit constitue un frein aux échanges. La réalisation de la traversée fixe, permettant la mise en place d'un réseau de transports régionaux intégré, décidée d'un commun accord entre les deux pays, facilitera les échanges économiques et culturels entre les deux rives du détroit et contribuera au développement de la région de l'Øresund dont la popula-



Fig. 2. —Aujourd'hui, la traversée se fait encore par ferries (Photo: Øresundskonsortiet)

tion actuelle est de 3,2 millions d'âmes.

La succession d'ouvrages devra donner passage à une autoroute à deux fois deux voies avec station de péage sur la rive suédoise, ainsi qu'à une ligne de chemin de fer à deux voies. Partant de Malmö, le train à grande vitesse mettra ainsi quinze minutes seulement jusqu'à l'aéroport de Copenhague et vingt-cinq jusqu'à la gare centrale de la capitale danoise.

L'aménagement dans le détroit même comprend :

- la création d'une île,
- la construction d'un tunnel sous le canal de Drogden, entre la côte danoise et l'île artificielle,
- la réalisation d'un pont à travers le Flinterenden, entre l'île artificielle et la côte suédoise.

1. Une île artificielle

La traversée sera facilitée par une île créée au sud de celle (naturelle) de Saltholm (DK) qui divise le détroit d'Øresund en canal du Drogden (à l'ouest) et de Flinte (Flinterenden). Cette étendue de

¹ BOSKOVITZ, P.: « Traversée des détroits au Danemark: Storebaelt » in IAS 122 (1996) 22: 394-401

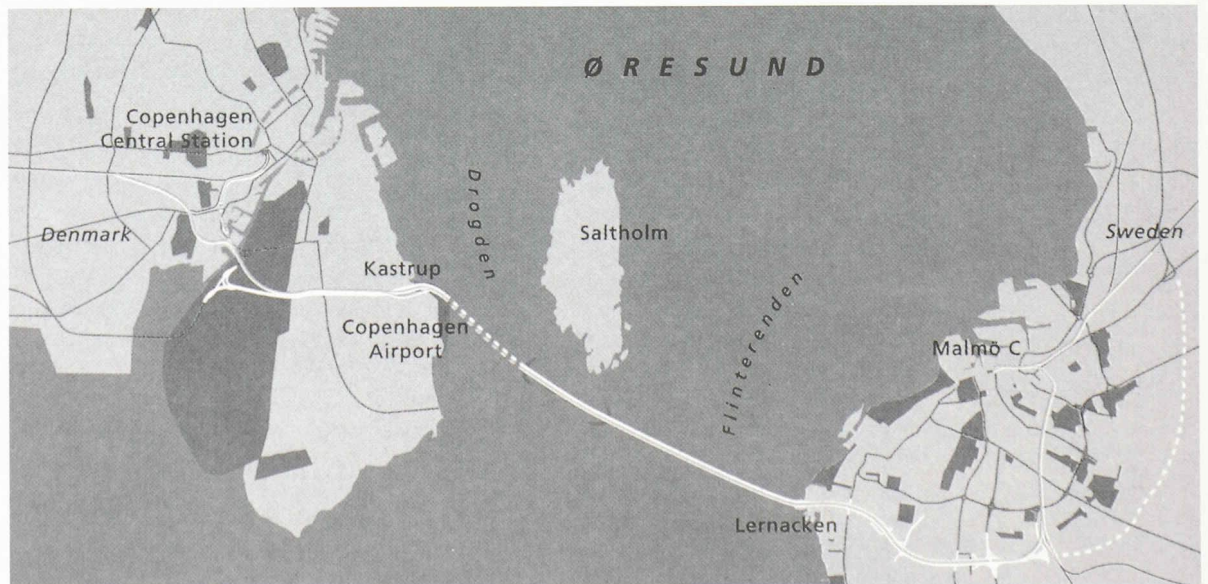


Fig. 1. — L'Øresund entre le Danemark et la Suède

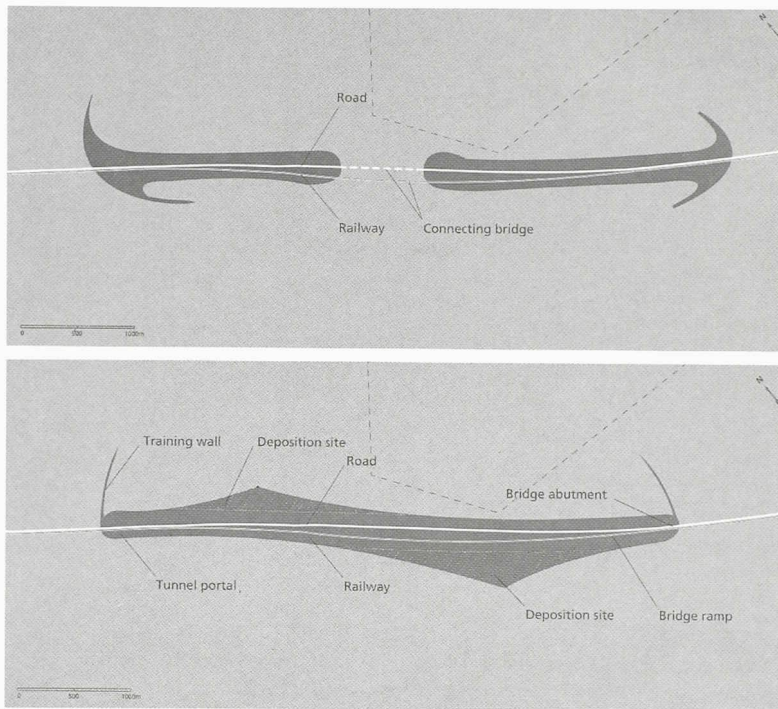


Fig. 3. – L'île artificielle a une forme soigneusement étudiée: variantes à deux îles reliées par un pont et à une seule île

terre est constituée de matériaux extraits du fond de la mer. Son emplacement exact et sa forme ont été étudiés pour préserver l'environnement naturel, assurer l'écoulement des eaux salées aussi bien entre l'île de Saltholm et l'île artificielle que dans les deux bras de mer, et empêcher la sédimentation. En plan, l'île a une forme allongée avec deux « têtes de marteau » à ses extrémités. Initialement, le projet prévoyait la création d'îlots jumeaux reliés par un pont long de 600 m, mais la variante finalement retenue n'en comprend qu'un qui mesure 3850 m de long et une centaine de mètres de large.

2. Tunnel sous le Drogden

Le tunnel relie l'île d'Amager (voisine de celle du Seeland et située près de Copenhague) à l'île artificielle. L'ouvrage mesure 3750 m de long dont 3500 m de tunnel immergé, constitué de vingt éléments de 175 m de long, préfabri-

qués en cale sèche. Pesant quelque 50 000 t (et leurs extrémités étant provisoirement fermées), ils sont remorqués, puis immergés à leur emplacement excavé d'avance et assemblés. Pour sa protection, le tunnel est recouvert d'une couche de pierres d'une épaisseur de 1,5 m.

Sa section est rectangulaire et comprend quatre galeries principales séparées par des parois en béton, pour chaque direction de la route et du chemin de fer, ainsi qu'une galerie de service entre les deux galeries routières. Cette dernière a une fonction technique en même temps qu'elle sert de voie de secours en cas d'incident. La section est haute de 9 m et large de 40 m. A l'endroit le plus profond de la traversée, le trafic passe à environ 20 m au-dessous du niveau de la mer.

Les deux portails et les approches du tunnel proprement dit sont en béton coulé sur place.

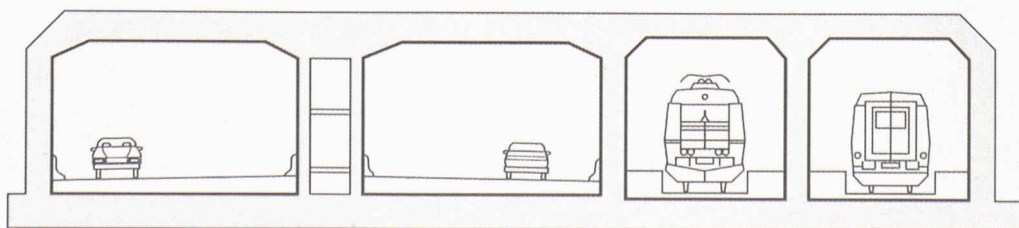


Fig. 4. – Tunnel sous le Drogden: section

3. Pont sur le Flinterenden

493

Le projet a été élaboré et sera réalisé par un consortium international, alors que l'esthétique des diverses variantes a été évaluée par un « conseil artistique » indépendant.

L'ouvrage mesurera 7844 m de long et comprendra en fait plusieurs ponts: deux ouvrages d'approche et un grand pont haubané. Les pylônes et plusieurs piles exposées sont protégés par des « îles » contre l'impact dû à une éventuelle collision avec des bateaux. La fondation des piles, en béton préfabriqué, est posée sur le calcaire à 15 m sous l'eau. Toutes les fondations et les piles des ouvrages d'approche sont préfabriquées dans le port de Malmö et transportées à leur emplacement par grue flottante.

3.1 Ouvrage d'approche de l'Ouest Pont à vingt-deux travées, long de 3013 m (18 x 140 m + 4 x 120 m), constitué d'éléments préfabriqués.

3.2 Ouvrage central

Long de 1092 m, avec une travée centrale de 490 m, cet ouvrage sera le plus long pont haubané à trafic mixte. Il devra assurer une passe navigable large de quelque 370 m et haute de 57 m à son point le plus haut.

Pour la superstructure, deux solutions ont été proposées:

- une structure à un seul niveau, composée d'éléments préfabriqués de 100 m de longueur, en acier, avec un tablier portant la voie ferrée au centre et la route des deux côtés, et suspendue à des pylônes hauts de 188 m aux mâts inclinés et joints en haut;
- une structure à deux niveaux, comportant une poutre en treillis d'acier à section en « U » avec un tablier inférieur portant la voie ferrée et fermée en haut par une large dalle en béton préfabriqué portant la route; des pylônes hauts de 202 m, à mâts parallèles reliés sous le tablier mais sans lien au-dessus de ce dernier. Composée d'éléments

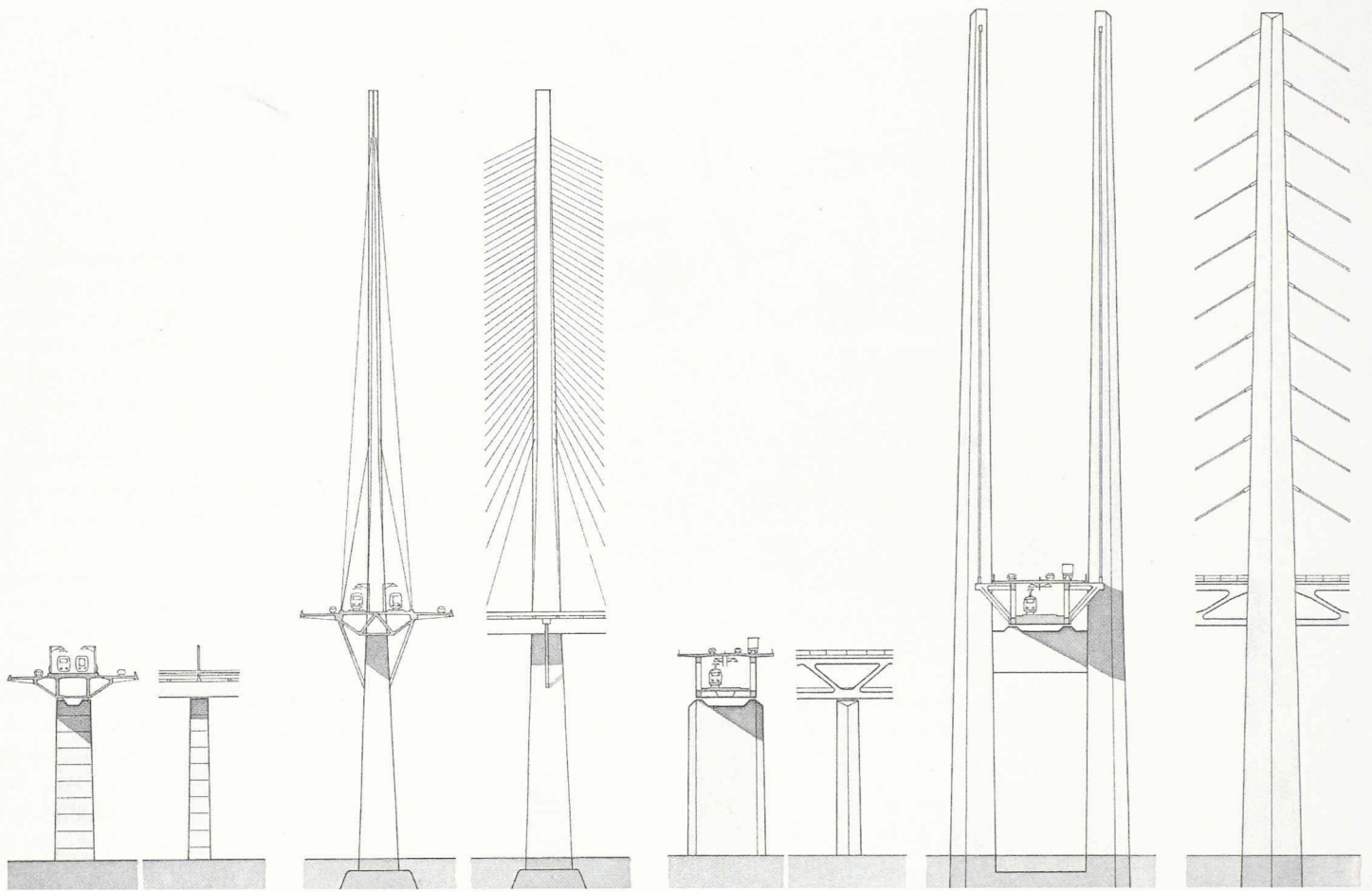


Fig. 5. - Variantes à un et à deux tabliers pour le pont haubané et les viaducs d'approche

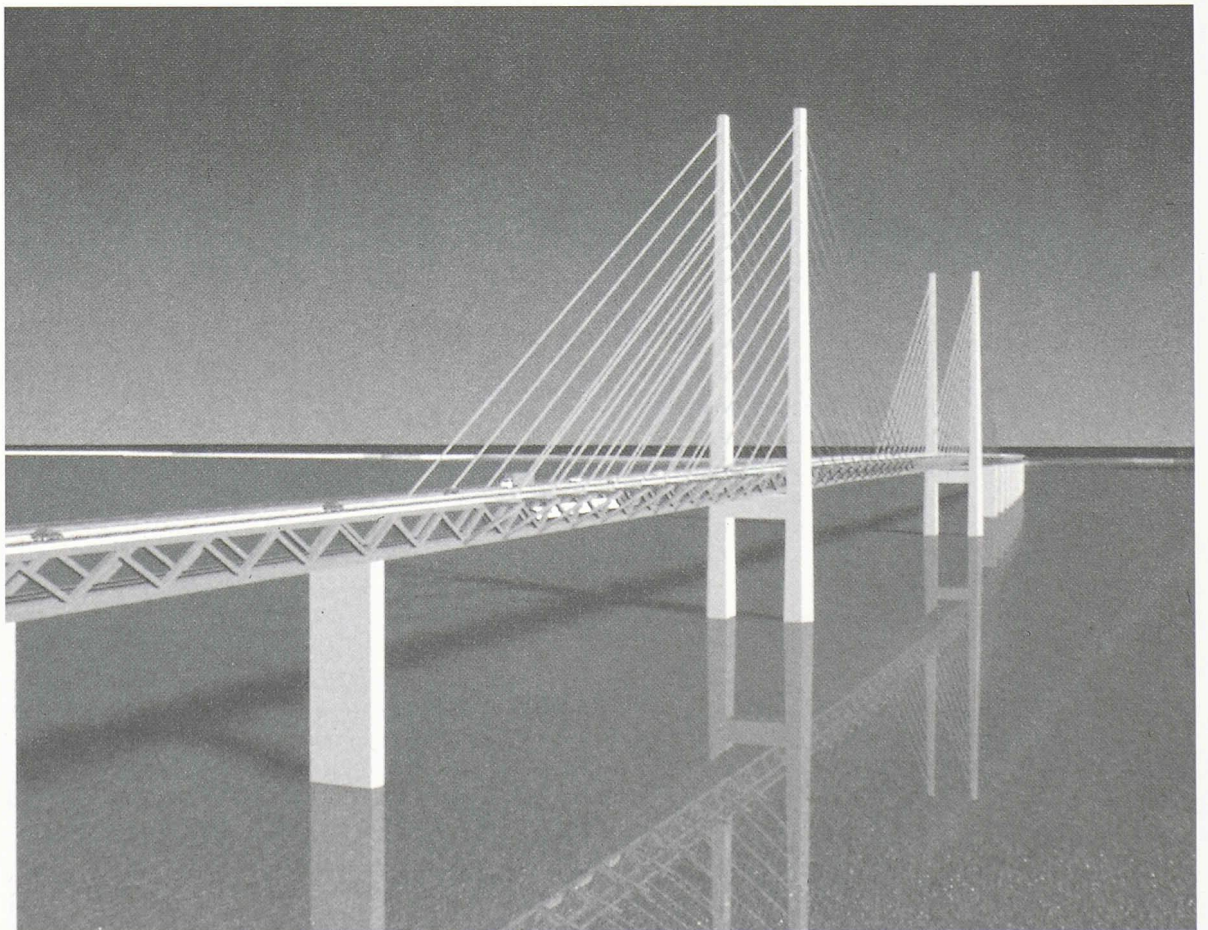


Fig. 6.- Pont haubané: photographie de maquette (Øresundskonsortiet, Copenhague et Malmö)

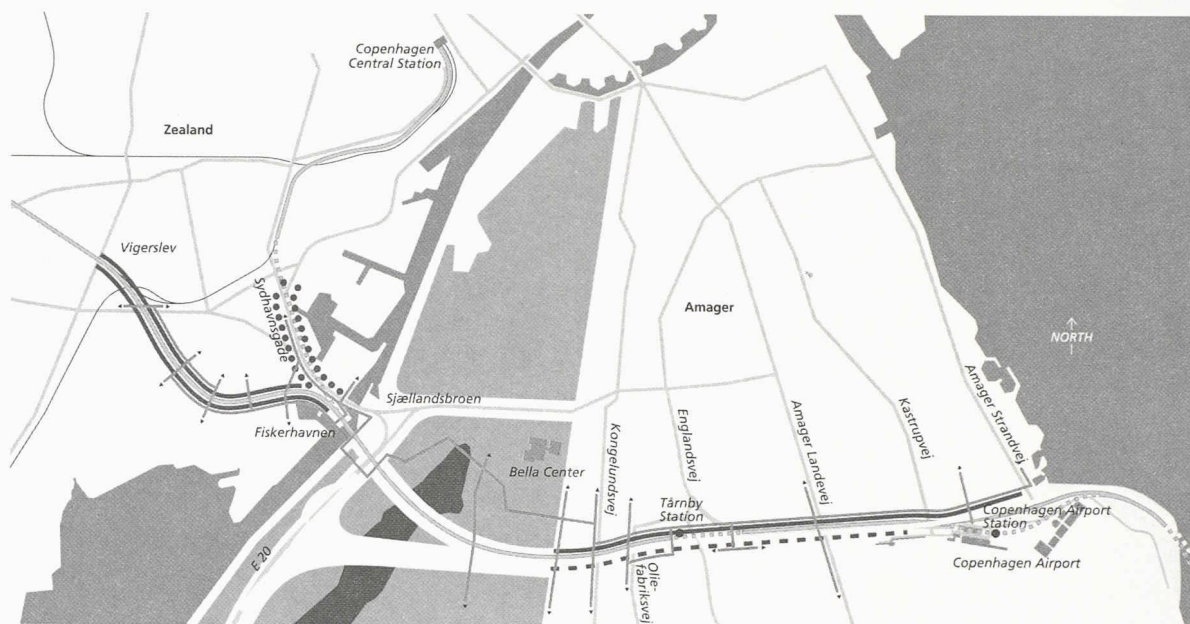


Fig. 7. – Plan des aménagements au Danemark

préfabriqués de 120 m de longueur, la structure est supportée par des nappes de haubans disposés en harpe.

En définitive, c'est la seconde variante qui a été retenue avec des pylônes, en béton coulé sur place, qui s'élèveront à 203,5 m au-dessus de l'eau².

3.3 Ouvrage d'approche de l'Est
Pont de vingt-sept sections, long de 3739 m (24 x 140 m + 3 x 120 m), en éléments préfabriqués.

Ecologie: « option zéro »

Selon l'accord conclu en 1991 entre les gouvernements danois et suédois, le projet de traversée fixe de l'Øresund devait être « responsable du point de vue écologique, possible du point de vue technique et viable du point de vue financier ». En particulier, la traversée ne devait en rien modifier l'environnement de la mer Baltique. Certes, entre la mer du Nord et la Baltique, seuls 30 % des courants marins passent par l'Øresund, le reste par le Lillebaelt et surtout par le Storebaelt, mais ces courants devaient être maintenus intégralement. Une solution dite « option zéro » est donc visée par deux moyens.

D'une part, la recherche de solutions limitant au minimum l'entrave aux courants créée par l'implanta-

tion des ouvrages a été associée à toutes les phases des études. Ainsi, le projet initial a pu être considérablement amélioré en réduisant la diminution de la section libre de 2,3 % à 0,5 % seulement.

D'autre part, pour éliminer même cette entrave résiduelle, le fond de la mer doit être dragué, quelque 2,3 millions de m³ de matériaux devant être excavés à titre de compensation, en plus des 4,5 millions de m³ excavés pour les ouvrages eux-mêmes. Par rapport au projet initial, le volume total à excaver a pu être ramené de 13,7 à 6,8 millions de m³.

Le fond de mer est constitué surtout de calcaire et de silex, ce qui simplifie les travaux de fondation mais nécessite des mesures spéciales lors des excavations pour neutraliser leurs effets sur la flore et la faune. L'excavation devait donc se dérouler sous des conditions strictement contrôlées afin de minimiser les possibles traînées sédimentaires.

L'étude a été faite à l'aide d'un modèle tridimensionnel informatisé incluant les données sur la teneur de l'eau en sel et en oxygène et comparant l'état précédant les travaux aux différentes variantes envisagées. Les travaux sont accompagnés d'une surveillance continue de leurs effets physiques, chimiques et biologiques sur l'environnement, afin qu'après leur achèvement, la Baltique soit rendue à sa condition naturelle initiale.

Aménagements complémentaires

Au Danemark, de très importants travaux d'aménagement ont été entrepris en relation avec la traversée fixe, mais ils dépassent de loin le cadre de celle-ci, puisqu'ils s'étendent à la modernisation des infrastructures autour de Copenhague, région à forte densité de population, et à l'amélioration de la desserte de l'aéroport de la capitale, situé à l'extrémité de l'île d'Amager. Ils comprennent la construction de 18 km de voie ferrée (lignes de voyageurs et de fret en partie séparées) et de 9 km d'autoroute (avec un échangeur) pour l'intégration de la traversée dans les réseaux existants, d'un pont ferroviaire, d'une tranchée couverte de 680 m pour la traversée de la localité de Tårnby, de 1,6 km de tunnel ferroviaire entre Copenhague-Gare centrale et Copenhague-Aéroport, et de deux nouvelles gares souterraines à Tårnby-sur-Amager et à Copenhague-Aéroport. A l'est de l'aéroport, dont les pistes s'avancent jusqu'à proximité de la côte naturelle, l'île est agrandie par une péninsule artificielle sur une longueur de 430 m. L'entrée du tunnel de Drogden est située sur cette presqu'île.

En Suède, 10 km d'autoroute et 20 km de voie ferrée sont construites, la gare de Lundavägen est déplacée et un poste de contrôle frontalier et de péage est créé à Lernacken.

² « Stretching the imagination », « The scenic route » et « Expensive business » in Bridge design & engineering, janvier 1996, pp.19-21

Financement

Les coûts sont estimés à 21 milliards de couronnes danoises (1995), soit environ 4,2 milliards de francs suisses.

Le projet et sa réalisation relèvent de la responsabilité de trois sociétés. Deux sociétés nationales assument les aménagements respectifs sur la terre ferme, tandis que la troisième, à participation paritaire, est responsable des ouvrages créés entre les deux côtes et de l'exploitation ultérieure de la liaison.

Par principe, la construction de la traversée doit être financée par ses utilisateurs, les usagers de la route contribuant en partie aux frais du rail. Les capitaux nécessaires sont empruntés sur le marché avec la garantie des deux Etats. Le remboursement de la dette commence à partir du début de l'exploitation et les bénéfices sont versés aux deux sociétés nationales parentes. Les bénéfices de ces dernières sont versés aux Etats respectifs.

Les deux compagnies nationales de chemins de fer, DSB pour le Danemark et SJ pour la Suède, devront payer ensemble, indépendamment de l'utilisation effective des installations, 300 millions de couronnes danoises par année (valeur 1990, à indexer), ce qui constituera 30 % des revenus escomptés. Le reste devrait être assuré par les revenus du péage routier incluant ainsi une contribution du trafic routier en faveur du rail. Le trafic routier estimé pour l'an 2000 est de 10 000 véhicules par jour (3 millions de véhicules de tourisme, 560 000 camions, 60 000 autocars par année) avec un accroissement de 1,7 % par an pendant les vingt années suivantes. L'amortissement de l'ouvrage est ainsi prévu en vingt-six ans. Les travaux côtiers au Danemark seront amortis en trente ans à raison de 390 millions de couronnes par année. Ceux de la Suède, bien plus modestes, seront amortis beaucoup plus vite.



Fig. 8. – Très importants aménagements dans une région à forte densité (Photo: J.K. Winther, Øresundsforbindelsen, Copenhague)

Calendrier

Les travaux ont commencé en 1993 et leur achèvement est prévu vers l'an 2000. Cependant, les liaisons

terrestres entre le centre de Copenhague, les réseaux danois et l'aéroport de la capitale devraient être ouvertes en 1998. Bon voyage !