

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 123 (1997)
Heft: 17/18

Artikel: Transport par conteneurs: la route du ferrosilicium
Autor: Weibel, Jean-Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79142>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Transport par conteneurs : la route du ferrosilicium

Par
Jean-Pierre Weibel
Rédacteur en chef

Norvège: un pays prédestiné à la navigation

La Scandinavie est riche en minéral, notamment de fer. Pour la Norvège, il constitue une importante ressource (env. 2 millions de t par an, contre $\frac{3}{4}$ million de t pour l'aluminium).

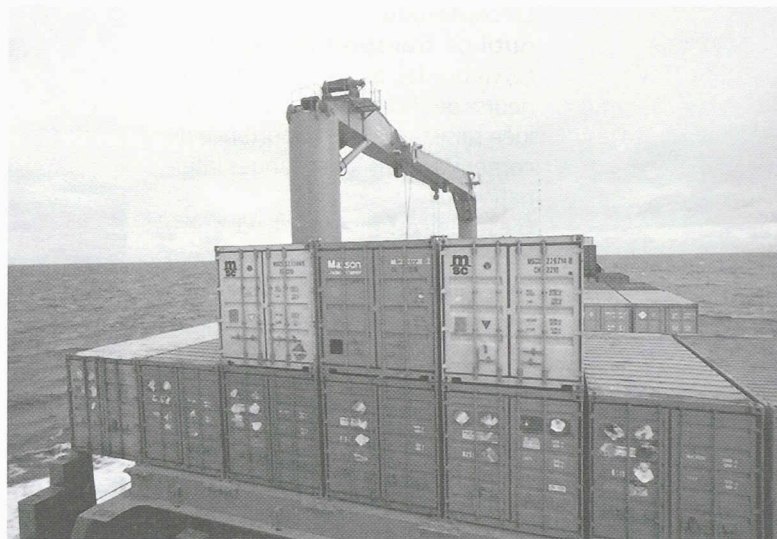
On sait qu'en Suède, la route du fer relie Kiruna, ville minière du nord du pays, au centre sidérurgique d'Eskilstuna. Le minerai de fer y est transporté par d'interminables convois ferroviaires, tractés par de puissantes locomotives doubles ou triples. L'acier suédois étant connu et apprécié dans le monde entier, c'est sous forme de produits finis ou semi-finis qu'il est exporté à partir des centres industriels.

La situation géographique de la Norvège, avec ses fjords s'avancant profondément dans l'arrière-pays pour l'ouvrir sur la mer du Nord et l'Atlantique, a formé un peuple de marins et favorisé l'essor de la navigation tant côtière que de haute mer, donc les échanges internationaux.

Voie royale pour l'exportation

Cette voie maritime a même permis l'exportation de ce que les Norvégiens raillaient comme leurs plus grandes « richesses » naturelles, présentes en abondance, soit l'eau et la pierre. Aujourd'hui, les bateaux marchands y chargent aussi bien de l'eau minérale allant notamment jusqu'au Japon, que des pierres servant de matière première à la réfection du réseau routier délabré de l'ancienne Allemagne de l'Est.

Outre les minerais et le pétrole, la Norvège dispose encore d'une autre précieuse ressource naturelle, l'énergie hydraulique. Le relief tourmenté en permet l'utilisation confortable pour la production d'électricité *in situ* au bénéfice d'usines situées sur les rives des fjords. C'est ainsi qu'on peut voir dans plusieurs d'entre eux l'entrée d'une mine, une usine électrique alimentée par des conduites à haute pression et une usine de



Vue de la fenêtre d'une cabine: des conteneurs par dizaines. D'une escale à l'autre, ce qui change, ce n'est guère leur nombre, mais leur couleur!

transformation de minerai, groupées de façon optimale: pertes de charge électriques dues au transport de l'électricité nulles, port maritime aménagé sur le pas de la porte de l'usine.

L'un des produits les plus intéressants élaborés sur ces sites est le ferrosilicium (voir encadré). Comme pour l'aluminium, ce processus demande beaucoup d'énergie électrique. Produite sur place à des conditions économiques avantageuses, celle-ci provient de surcroît d'une ressource renouvelable et non polluante. De même, le transport du ferrosilicium par voie maritime en conteneurs est écologiquement parlant optimal.

C'est pourquoi il existe un service régulier reliant ces ports, disséminés dans les fjords du sud de la Norvège, à celui de Rotterdam, où les conteneurs seront chargés sur des navires marchands transocéaniques. En effet, la navigation dans les fjords et l'accostage dans de modestes ports limitent les dimensions des navires assurant le transport à partir des usines.

C'est à une telle rotation (pour employer un terme courant en aéronautique) que j'ai participé à bord du porte-conteneurs *Sloman Commander*, appartenant à un armateur allemand, mais battant pa-

FERROSILICIUM n.m. (de *ferro-* 1). Alliage de fer et de silicium (à teneur variable entre 15 et 95 % de silicium) employé en aciérie comme agent de désoxydation, apport de silicium, réducteur de scorie, agent thermogène hors du four. (La fonderie de fonte utilise également des quantités importantes de silicium. Il améliore la coulabilité. C'est un agent ferritisant énergétique employé comme désoxydant et pour incorporer le silicium dans les fontes et les aciers ou pour confectionner des récipients inattaquables aux acides.)

Grand Larousse Universel en 16 vol., 1984

villon d'Antigua¹. L'équipage était composé de marins en provenance des anciennes républiques soviétiques baltes, sous les ordres d'un capitaine autrichien (qui avait fait ses classes primaires à Genève!), avec un chef-mécanicien allemand.

En une semaine, en partant de Rotterdam, nous avons touché les ports norvégiens de Maløy, Svelgen, Alvik, Bergen et Sauda, pour revenir à notre port de départ, avec une escale à Immingham, à l'embouchure de la Humber, en Angleterre.

¹ Ille faisant partie de l'Etat d'Antigua et Barbuda, dans les Antilles

Le conteneur, outil de transport universel

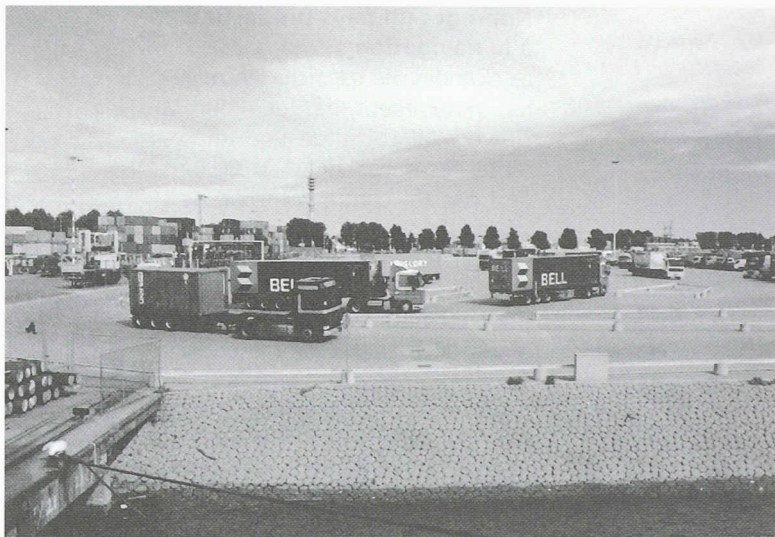
La vision des terminaux de conteneurs de Rotterdam donne une idée saisissante de l'importance du conteneur dans les échanges internationaux.

C'est l'incessante noria des camions qui amènent ou emmènent les conteneurs à l'un des points d'embarquement, à raison d'une pièce par véhicule et d'un camion toutes les trente secondes, qui illustre l'aspect le plus exigeant du cycle des conteneurs. En effet, un chaland ou un navire porte-conteneurs a une capacité allant de quelques dizaines à plusieurs milliers de conteneurs: on imagine la flotte de camions nécessaires à amener et emmener de tels chargements.

Or le port de Rotterdam compte plusieurs points de chargement, dont une station spécialisée et très largement automatisée. Des trains de cinq remorques tirées par de puissants tracteurs assurent un incessant va-et-vient entre le quai de chargement, où les conteneurs sont chargés ou déchargés à l'aide de dizaines de ponts roulants, et les zones de stockage intermédiaires, qui s'étendent à perte de vue.



Ces engins sur pneus, capables de lever et d'entasser des conteneurs jusqu'à trois couches, desservent les autres quais que celui du terminal spécialisé.

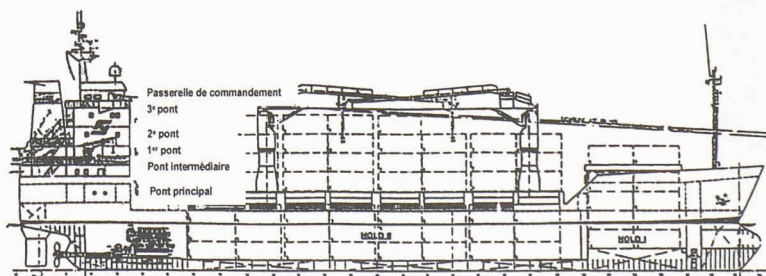


L'observation de l'incessante noria des camions transportant des conteneurs donne le vertige.

Les navires optimisés pour le transport de conteneurs vont de la péniche rhénane au monstre de haute mer, ressemblant plus à un bâtiment industriel flottant qu'à

un bateau, en passant par le porte-conteneur de 6000 t à bord duquel j'ai passé une semaine entre la haute mer et les fjords norvégiens.

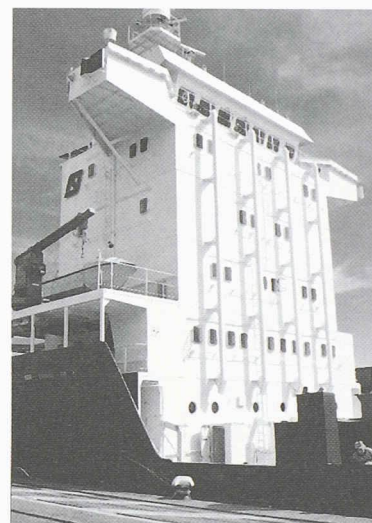
Le bateau



Le *Slovan Commander* est un porte-conteneurs moderne, sorti deux mois auparavant des chantiers navals d'Alexandrie. D'une longueur de 100,7 m et large de 17,8 m, il jauge 6111 t et file 14,5 nœuds, soit 27 km/h. Il est à remarquer qu'il répond sur bien des points aux principes formulés dans ces colonnes par l'ingénieur suisse Elio Marcacci pour l'optimisation économique de tels bâtiments², notamment quant à la

vitesse et à la motorisation. Il peut emporter jusqu'à 380 conteneurs de 20 pieds, cette capacité étant toutefois limitée par le poids. Ce chargement se répartit en plusieurs zones, l'une d'elles étant la cale; après avoir reçu son chargement, celle-ci est recouverte de plaques mobiles, chacune d'un poids de 20 t, sur lesquelles sont empilés d'autres conteneurs, jusqu'à quatre couches. Le chargement fait l'objet d'un plan calculé par ordinateur, tenant compte à la fois de la destination de chaque pièce et de la répartition du poids dans le navire. En effet, pour dé-

²Elio Marcacci: «Vraquier polyvalent – Caractéristiques principales du design», IAS N° 3 du 25 janvier 1989



Le Slo-man Commander à quai à Amsterdam (à gauche). La partie « habitable » du navire compte six niveaux (à droite).

charger un conteneur, on ne souhaite pas avoir à en déplacer d'autres; par ailleurs, la répartition de la charge exerce une influence importante sur le comportement dynamique du bateau et sur les contraintes que subit la structure.

Si des ports comme Rotterdam, Bergen ou Immingham sont dotés de moyens efficaces pour la manutention des conteneurs, il n'en va pas de même partout et le *Slo-man Commander* est équipé de deux grues électro-hydrauliques d'une capacité de 30 t chacune.

La passerelle de commandement n'offre plus l'image traditionnelle d'une grande roue servant de barre. C'est la rotation d'un petit bouton électrique qui permet de

diriger le bateau, par l'intermédiaire d'un système de navigation électronique intégrant radar (en réalité deux systèmes indépendants), GPS et servo-commande. Deux systèmes asservis entraînent le gouvernail, un seul suffisant en mer, le second venant améliorer la manœuvrabilité dans les fjords.

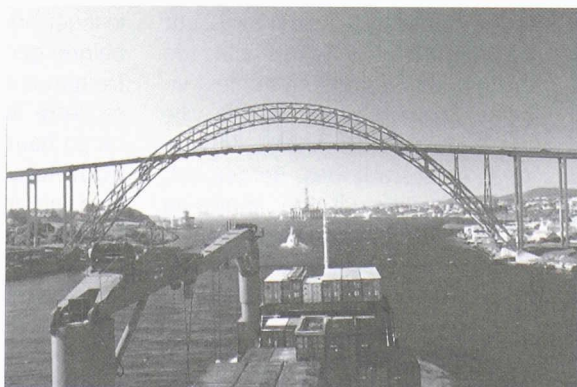
Un propulseur d'étrave permet de manœuvrer dans la plupart des ports sans l'aide de remorqueur en amenant facilement le navire le long du quai. On verra que ce dispositif n'est pas suffisant dans tous les cas.

C'est dire que l'on dirige avec deux doigts ce navire de plus de 100 m de long, ce qui lui permet de se faufiler avec aisance dans des fjords étroits.

L'itinéraire

Après avoir quitté les dernières stations du port de Rotterdam, qui s'étend sur quelque 50 km, le *Slo-man Commander* met le cap sur Maløy pour la plus longue étape de ce voyage.

C'est aussi la plus dure; en effet, un vent de nord-ouest provenant de l'Islande creuse des vagues telles que le bâtiment réduit sa vitesse dans un premier temps, pour éviter des contraintes excessives, puis se déroute vers Haugesund pour poursuivre sa navigation à l'abri de l'île de Karmøy qui borde la côte norvégienne. En attendant d'atteindre cette protection, nous pouvons expérimenter les effets du mal de mer durant une longue journée.



Le pont de Haugesund

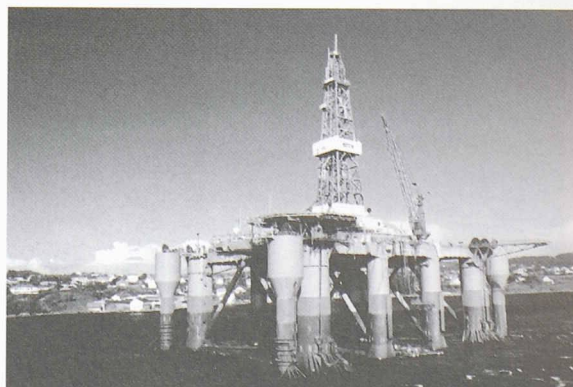


Plate-forme pétrolière en construction

Ce détour nous fait passer sous un pont d'une grande légèreté, puis à côté d'une plate-forme pétrolière en cours de construction.

Maløy est situé à l'entrée de l'un des innombrables fjords qui hachent littéralement la Norvège occidentale et compliquent à l'envi les transports terrestres entre le nord et le sud. On trouve ici un pont routier, qui a permis de mettre hors service l'un de ces bacs évitant au trafic routier le détour par le fond du fjord. Les opérations de chargement et de déchargement des conteneurs ne laissent de temps que pour une brève promenade dans la modeste localité de Maløy.

Cap au sud, vers Svelgen, dans le fjord de Gulen. L'image est typique de l'exploitation du ferrosilicium : une usine de traitement du minerai en bordure du port, le convoyeur du minerai et les conduites forcées de l'usine électrique alimentant le tout. Le temps étant moins chichement mesuré, notre visite des environs permet de constater que le ferrosilicium assure le bien-être des habitants, qui ne ménagent de toute évidence pas leurs soins voués à la culture des fleurs autour de leurs petites maisons aux fenêtres richement décorées : plantes vertes, rideaux brodés, etc.

Autre fjord, autre port : Alvik, avec la trilogie mine, usine électrique et usine de traitement du minerai. Plusieurs heures sont à disposition pour découvrir l'agglomération



La passerelle de commandement est aussi bien équipée en instruments de navigation qu'un avion de transport moderne. Le pilote norvégien est aux commandes.

(on n'ose dire ni ville, ni village), un peu plus étendue que les deux précédentes. On est manifestement loin de toute grande cité, mais les maisons (de bois, bien sûr), les quelques commerces, les bateaux de plaisance (que deviendrait-on ici sans bateau?) traduisent une aisance certaine. Le temps nous manque pour nous renseigner sur la vie culturelle.

Repartis vers la mer, nous arrivons à Bergen peu avant minuit. Dans la semi-obscurité nordique (nous sommes en juin), l'image est féérique. Le bateau navigue entre des îles rocheuses, certaines étant reliées par deux magnifiques ponts suspendus (on me permettra de considérer ce type comme le plus beau de tous les ponts), la guirlande lumineuse de l'éclairage routier soulignant l'élégance de leur forme. La lueur rose et argent de l'occident se reflète dans de vastes façades d'immeubles vitrées. Dans la pénombre, la ville est animée par les phares des voitures et des autobus. Bergen est, dit-on, la ville où il pleut le plus au monde. Cette nuit-là était claire, seuls quelques nuages venant rompre la monotonie du ciel.

Le trajet vers l'étape suivante est le plus impressionnant de tous. Le *Slovan Commander* s'engage de plus en plus profondément dans le

grand fjord de Sauda, à plus de 80 km de la mer. Des rochers affleurent la surface, dûment signalés sur la carte nautique, et que le pilote norvégien connaît certainement par cœur. Peu à peu, les deux rives se rapprochent, pour s'éloigner à nouveau, ouvrant le passage vers les nombreux bras du fjord. Nous nous enfonçons de plus en plus profondément dans les terres et le fjord n'est guère plus large que le Rhône entre Genève et Verbois, avec des changements de direction à 90°. Il fait beau et clair, donc pas de problème d'orientation, mais par mauvaise visibilité, c'est un système de phares émettant des faisceaux de couleurs différentes qui permettent de se repérer.

A la proue du bateau, qui navigue à vitesse réduite, on n'entend que le léger bruit de l'étrave et l'on est baigné dans le calme ambiant.

De temps à autre, une cascade qui se jette dans le fjord rappelle qu'en haut des rives escarpées, on trouve des glaciers.

Tout au long des rives, on découvre de petites maisons de vacances – en bois, toujours –, dont certaines ne sont accessibles qu'en bateau : des vacances de rêve !

En revanche, le port de Sauda, au fond de l'un des bras de cet immense fjord, ne fait pas rêver :



Le port et la cité d'Alvik



Les paysages du fjord de Sauda

l'industrie y est reine et les syndicats apparemment tout-puissants, puisqu'à cette heure avancée, personne n'est là pour accueillir le *Sloman Commander*. A l'équipage de s'affairer énergiquement pour échanger des conteneurs vides contre des pleins.

En regagnant la pleine mer à destination d'Immingham, nous défilons à nouveau entre des rives allant cette fois en s'élargissant et offrant des ouvertures sur des paysages montagneux tourmentés. Nous retrouvons les rochers à fleur d'eau et découvrons un ancien phare, rendu caduc par les progrès de la navigation électronique et appartenant dorénavant

au patrimoine archéologique industriel.

L'escale d'Immingham, sur la rivière Humber, permet de vérifier le goût des Britanniques pour les solutions compliquées. En effet, le quai de chargement se situe au bord d'un bassin accessible par une écluse, dont l'entrée est perpendiculaire à la rivière. De ce fait, selon la marée, l'accès à cette écluse est fort délicat.

Le départ du *Sloman Commander* ne se fait pas sans mal: un frais petit vent de travers l'empêche de s'éloigner du quai (un porte-conteneurs chargé n'offre pas une silhouette aérodynamique parfaite...), de sorte qu'un remor-

queur est requis. Il incombera au capitaine de convaincre son armateur que les frais en résultant étaient inévitables.

Le retour à Rotterdam, à travers les champs de prospection pétrolière hérissés de gigantesques plates-formes, est sans histoire, si ce n'est que nous n'aborderons qu'à plus de 30 km de la ville, après avoir longtemps attendu que l'unitésœur du *Sloman Commander*, le *Sloman Challenger*, appareille pour nous céder la place.

Les conteneurs qui seront déchargés ici remonteront-ils le cours du Rhin sur des chalands, ou iront-ils en rejoindre quelques milliers d'autres sur un navire de haute mer à destination de l'Asie? Peut-être même seront-ils chargés sur des wagons de chemin de fer?

Pour ma part, c'est sur un bateau de croisière que je remonterai le lendemain le Rhin à destination de Strasbourg. Tout au long de cette dernière étape, j'aurai la confirmation de l'importance primordiale des conteneurs dans l'échange des biens sur notre planète.



Une résidence bien tranquille: phare à l'entrée du fjord de Sauda

Pour celles et ceux que tenterait un voyage comme passer à bord d'un navire marchand, que ce soit d'une semaine vers la Norvège ou de plus de trois mois autour du monde, voici l'adresse de l'agence qui offre de tels passages:

Frachtschiff-Touristik Kapitän Zylmann
Exhöft 12, D-24404 Maasholm (RFA)
Tél. 0 46 42 60 68, fax 046 46 42 67 67

Le trafic de conteneurs en quelques mots et quelques chiffres

Les conteneurs

La clé du succès du transport par conteneurs réside dans une normalisation très poussée. Conçues en vue d'une manutention aisée et d'un transport rationnel, ces caisses métalliques équipées de portes frontales sont d'une robustesse à toute épreuve. En pratique, cela signifie que les conteneurs sont interchangeable et peuvent être chargés sur des camions ou des wagons de chemin de fer et empilés en plusieurs couches, que ce soit sur des navires ou sur les aires de stockage (les normes des chemins de fer américains permettent même deux couches sur les wagons spécialisés). Pour qui a vu la manutention de conteneurs lors du chargement et du déchargement de navires, il est évident que la robustesse constitue une caractéristique essentielle (s'il est vrai qu'il s'en perd en mer lors de tempêtes, il en tombe aussi des grues...). Mentionnons en passant que tout un chacun peut acheter des conteneurs et les mettre en service, ce qui suppose évidemment l'intégration à un système performant de gestion informatisé, sans lequel le trafic mondial d'aujourd'hui serait impensable.

Deux dimensions se sont imposées: 20 pieds (6,1 m) et 40 pieds (12,2 m) (voir tableau ci-dessous). Le conteneur standard de 20 pieds sert d'unité de mesure pour chiffrer les capacités de transport: TEU = *Twenty Feet Equivalent Unit*. Un conteneur de 40 pieds représente donc 2 TEU. Des modèles spécialisés ont été développés à partir des types de base, comme par exemple des conteneurs avec unités de réfrigération, qui conservent l'indispensable compatibilité dimensionnelle et de résistance. En 1992, le trafic par conteneurs se montait à 27 millions de TEU en Europe, 18 millions aux Etats-Unis et à 43 millions en Extrême-Orient.

Les navires

Si les navires marchands ordinaires peuvent évidemment recevoir des conteneurs, l'apparition de bâtiments spécialisés a favorisé l'essor de ce type de transport: conception optimisée, mécanisation très poussée, gestion informatisée de la manutention et de la répartition du chargement sont quelques-uns de leurs atouts.

Un porte-conteneurs géant: le *Regina Maersk*

Année de construction	1996
Jauge	82 135 t
Longueur	318,2 m
Bau	42,8 m
Tirant d'eau	14,0 m
Capacité en conteneurs	6250 TEU
Vitesse en service	24,6 kt (= 45 km/h)
Puissance du moteur	59600 ch

A l'heure actuelle, les plus gros porte-conteneurs transocéaniques ont une capacité supérieure à 6000 TEU et l'on envisage déjà d'atteindre et même de dépasser 8000 TEU avec un bâtiment mesurant 335 m de long. A noter toutefois que la géométrie du canal de Panama, artère d'importance primordiale, limite les dimensions à 294 m de long et 32 m de bau (largeur), pour un tirant d'eau maximal de 12 m. Les unités dépassant ces valeurs sont désignées comme « post-Panamax ».

Et une fois arrivé à Rotterdam ?

Comment acheminer entre Rotterdam, le plus grand port du monde (plus de 250 millions de t de marchandises par an), et la Suisse les biens qu'elle importe ou exporte? La question se pose également pour les autres pays européens, les accès routiers de Rotterdam approchant de la saturation et la capacité des voies fluviales n'étant pas inépuisable, sans compter la vitesse, qui est un facteur important pour certaines marchandises.

Le « *Limmat Shuttle* » et le « *Rhein Shuttle* »

Il s'agit d'un service ferroviaire rapide quotidien, introduit l'an dernier par *Interfrigo-Intercontainer*, les CFF et *Terzag AG*, entre Rotterdam, d'une part, et Zurich et Bâle, d'autre part. Cinq fois par semaine, des convois d'une capacité de 70 TEU (l'équivalent de 78 camions), relient la mer du Nord aux deux métropoles suisses en une nuit. En Suisse, conteneurs et semi-remorques routières peuvent être transférés sans délai sur le réseau ferré intérieur ou sur la route. Le succès est au rendez-vous, puisque le taux d'utilisation de la capacité de ces services atteint quelque 70 %.

La *Betuwelijn*

Partant du constat qu'il n'est pas possible, ni même souhaité, d'adapter l'infrastructure routière au développement du trafic des marchandises, les Pays-Bas proposent un substitut à la route pour acheminer ces dernières vers leurs destinations continentales, soit le Benelux, la Ruhr, le nord-est de la France, la Suisse et l'Italie du nord. Il s'agit d'une nouvelle ligne ferroviaire destinée au ferroutage, en quelque sorte l'équivalent dans le plat pays de nos futures NLFA, la *Betuwelijn* du nom d'une région située à l'est du pays. De là, le trafic en provenance de Rotterdam pourra se répartir entre les plus importantes artères ferroviaires européennes. Permettant de remédier à la saturation actuelle tant du rail que de la route, elle permettra d'acheminer les marchandises de façon plus rapide et plus flexible, tout en ouvrant de nouvelles possibilités en ce qui concerne la capacité, et ce, en soulageant à la fois les routes et l'environnement.

(J.-P. W.)

Caractéristiques de chargement des conteneurs standard

Type	Dimensions intérieures [m]			Portes [m]		Poids [kg]			Volume [m ³]
	Longueur	Largeur	hauteur	Largeur	Hauteur	Poids max.	Tare	Charge	
20 pieds	5,925	2,365	2,380	2,333	2,290	24 000	2 200	21 800	33,7
40 pieds	12,069	2,373	2,405	2,335	2,292	30 480	3 490	26 990	68,8