

CHAIRE ALUMINIUM

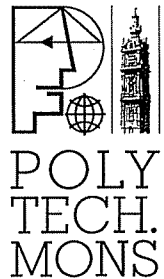
310₁₇24 MARS 1999

TOME 2

STRUCTURES & ALUMINIUM

17 MARS 1999

24 MARS 1999



P. Rigo



CHAIRE ALUMINIUM
1999

L'ALUMINIUM DANS LES OUVRAGES HYDRAULIQUES ET LE TRANSPORT

Philippe Rigo, Dr. Ir., Agrégé, Chercheur Qualifié du FNRS

Le but de cette communication relative aux applications possibles de l'aluminium est double. Primo, il s'agit de présenter quelques exemples d'application de l'aluminium dans les divers moyens de transport (voiture, camion, train, avion et bateau). Il ne s'agit pas d'une revue exhaustive mais de quelques exemples qui nous paraissent intéressants.

Secundo, nous voulons montrer via quelques exemples concrets d'études que l'aluminium est un matériau apte à être utilisé dans les structures hydrauliques dites de génie civil (porte d'écluse, barrage mobile, vanne, ...). En 1999, l'aluminium est sous utilisé en génie civil et particulièrement dans les ouvrages hydrauliques. Son excellente résistance à la corrosion, la facilité de préfabrication, de manutention et d'assemblage ainsi que son faible poids spécifique sont susceptibles de permettre des économies importantes. Au travers de 3 exemples concrets, nous attestons du potentiel existant qui, nous l'espérons, ne tardera plus à être exploité par les ingénieurs du génie civil.

1. L'ALUMINIUM DANS LE TRANSPORT

L'aluminium est un métal léger (POIDS) qui, une fois transformé, peut se prévaloir d'une robustesse exceptionnelle (RESISTANCE). Fort de ces deux caractéristiques, il est un matériau idéal pour la construction de véhicules tels que voitures, camions, trams, trains, avions, navires, (figures 1, 2 et 3). En matière de transport, la réduction potentielle du poids est synonyme de réduction de la consommation d'énergie, augmentation de la puissance utile et accroissement de la capacité transportée. C'est particulièrement le cas pour les avions et pour les bateaux rapides; deux domaines où l'aluminium est devenu un (voire le) métal de référence.

Voici quelques exemples correspondant à plusieurs modes de transport.

1.1 L'AUTOMOBILE

En 1998, le directeur du Groupe Pechiney disait : «L'aluminium est le métal léger le plus utilisé en construction automobile. C'est la solution idéale pour réduire le poids des véhicules sans en compromettre la fiabilité. Dans le domaine du recyclage, l'aluminium est sans égal. C'est le matériau du 21^e siècle qui respectera le mieux l'environnement» (Farge 1998).

En matière d'utilisation rationnelle de l'aluminium, l'Audi A8 est un exemple à suivre (figure 1).

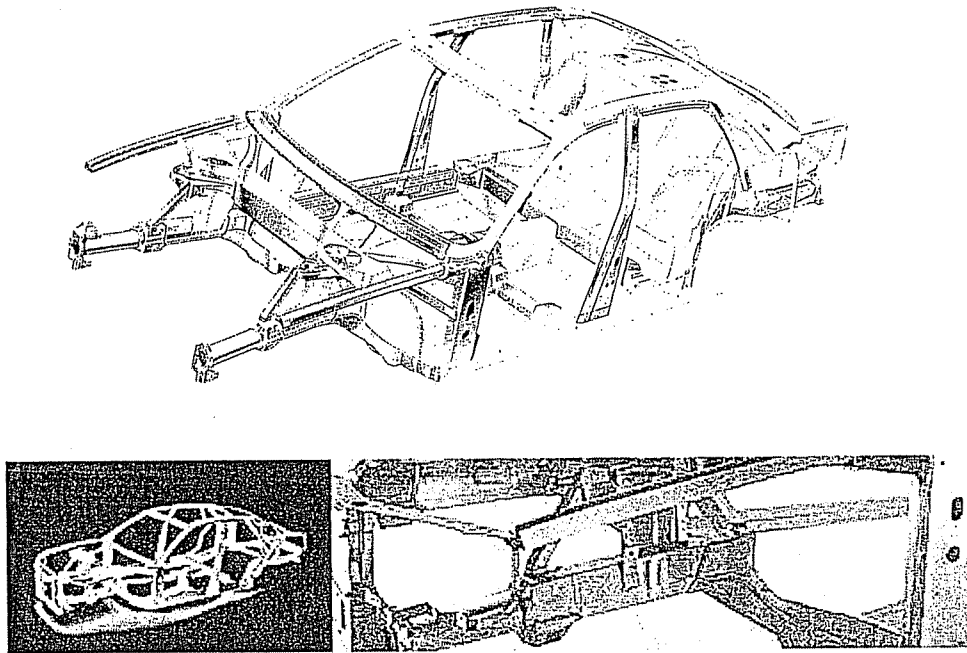


Figure 1: L'aluminium et la voiture : l'Audi A8

1.2 LES VÉHICULES UTILITAIRES : LES CAMIONS

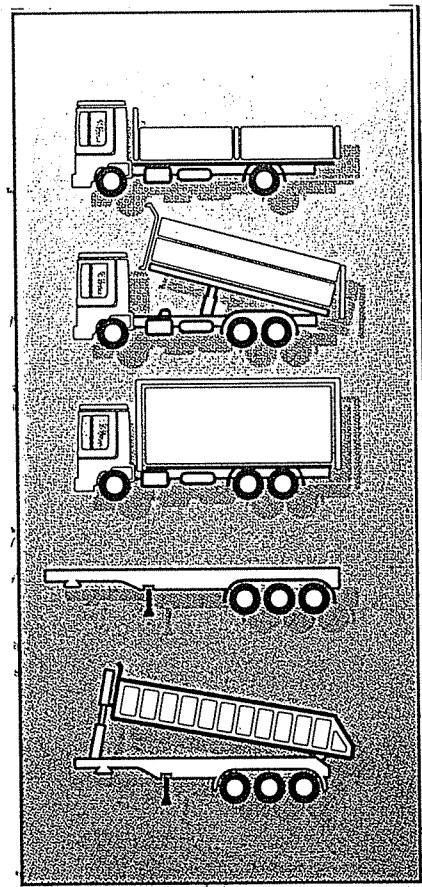


Figure 2 :
L'aluminium et la construction de véhicules lourds
(Remi Claeys, Belgium)

1.3 LES BATEAUX

En construction navale, l'aluminium s'emploie abondamment. Ce fut d'abord pour alléger les superstructures de façon à descendre le centre de gravité. Les parties en aluminium n'étaient pas considérées comme porteuses.

Ensuite, en vue de la conception de bateaux de plus en plus rapides (53 nœuds) pour le transport des passagers (figure 3), il est devenu nécessaire d'alléger l'ensemble de la coque. Alors, l'aluminium est devenu le métal utilisé pour l'ensemble de la structure porteuse (High Speed Catamaran Ferries, ...).

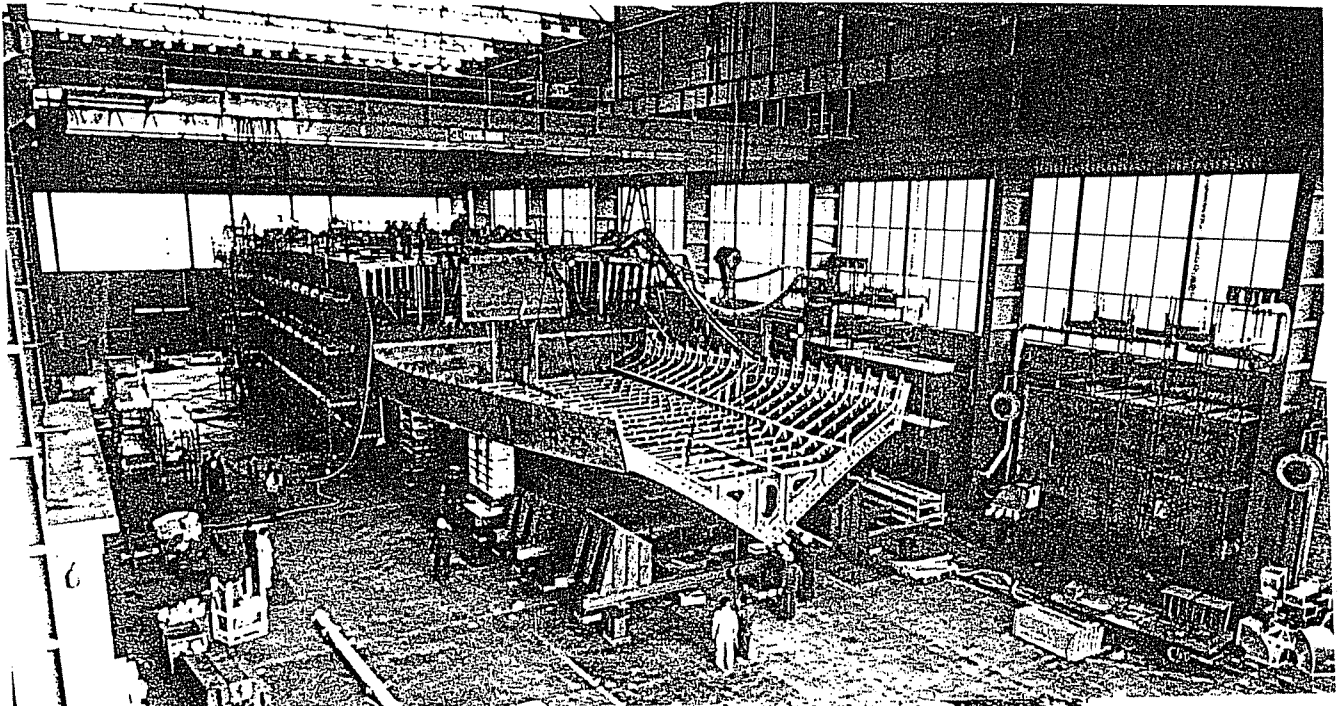
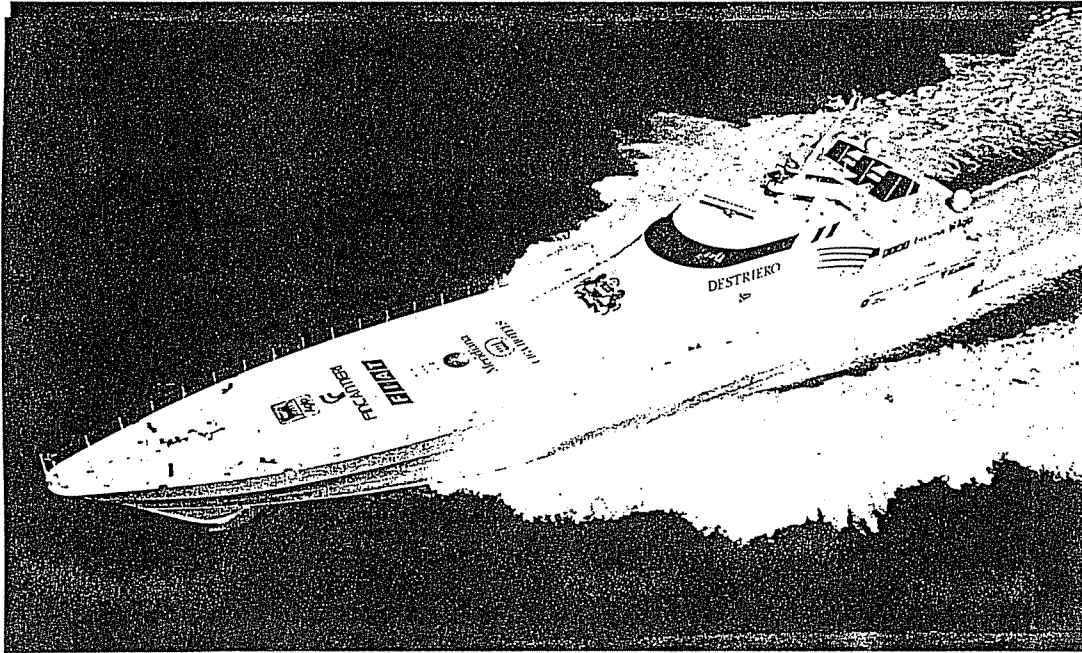


Figure 3 : L'aluminium et la construction navale (Fincantieri, Italy et Farnetti 1998)

L'utilisation de profils extrudés, spécifiquement étudiés pour l'application envisagée permet de tirer le meilleur parti de l'utilisation de l'aluminium. La figure 4 présente des profils utilisés en construction navale (éléments de pont, de quille, de bouchain, de gouttière et renforts transversaux ; figure 4).

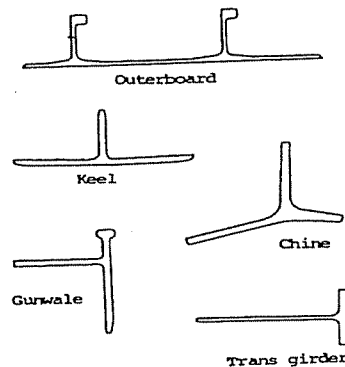


Figure 4 : Exemples de profils extrudés en aluminium utilisés en construction navale (RINA 1992)

2. LES STRUCTURES HYDRAULIQUES EN GENIE CIVIL

Le recours à l'aluminium dans les structures hydrauliques est étroitement lié à la conception de structures flottantes. Le poids est, dans les structures flottantes, un paramètre tellement important que l'aluminium présente un intérêt incontestable et de plus en plus reconnu. Il est d'ailleurs heureux de constater, qu'en cette fin de XX^{ème} siècle, l'utilisation de structures flottantes est de plus en plus répandue.

Le caractère flottant des structures peut être provisoire ou permanent.

Ainsi, il peut s'agir de structures dont la flottabilité n'est requise qu'en phase de construction en vue de son transport ou de sa mise en place. C'est le cas des 9 barrages mobiles préfabriqués en aluminium pour la Haute Sambre. Dans cette application, le caractère flottant est temporaire et l'aluminium est particulièrement intéressant en vue du transport par la voie d'eau de la structure préfabriquée mais aussi en vue des possibilités accrues de préfabrication et de la facilité d'assemblage que procure l'aluminium.

Dans d'autres situations, la flottabilité de la structure est permanente. C'est le cas de certaines portes marées tempêtes (exemples : le projet de l'ULg de porte flottante tournante pour la protection du Port d'Anvers, les segments flottants du Nieuwe Waterweg à Rotterdam et le projet de barrière composée de clapets flottants pour la protection de Venise). C'est également le cas de certaines portes d'écluses (porte clapet en aluminium pour la fermeture automatique d'une écluse de plaisance, porte flottante pour écluse maritime, ...). Notons aussi l'exemple des petites vannes destinées à la fermeture automatique des galeries en période de hautes eaux (exemple : les clapets de fermeture des stations d'épuration ou de démergement).

Dans ce cas, les propriétés de poids et de corrosion de l'aluminium sont mises en valeur durant toute la durée de vie de la structure (20 à 50 ans). Dans de nombreux cas, sans le recours à l'aluminium, la conception même d'un ouvrage flottant serait remise en question. Dans d'autres cas, l'aluminium permet la conception et la construction de structures plus économiques.

2.1 LES ÉCLUSES DE PLAISANCE PRÉFABRIQUÉES ET DES PORTES D'ÉCLUSES FLOTTANTES.

Depuis maintenant plus de 10 ans, le développement très important de la navigation de plaisance conduit à la construction d'écluses spécifiques aux bateaux de plaisance. A cet effet, l'Université de Liège a développé le concept «d'écluse préfabriquée en aluminium» (figure 5). La préfabrication se fait à partir de panneaux raidis en aluminium qui serviront de coffrage pour le sas de l'écluse ainsi que pour les têtes amont et val. Les portes d'écluses sont également conçues en aluminium (la porte aval est une porte busquée et la porte amont une porte clapet basculante dont la manœuvre est automatique grâce à son caractère flottant). L'écluse est conçue pour être entièrement automatisée. Son franchissement ne nécessite pas la présence d'éclusier.

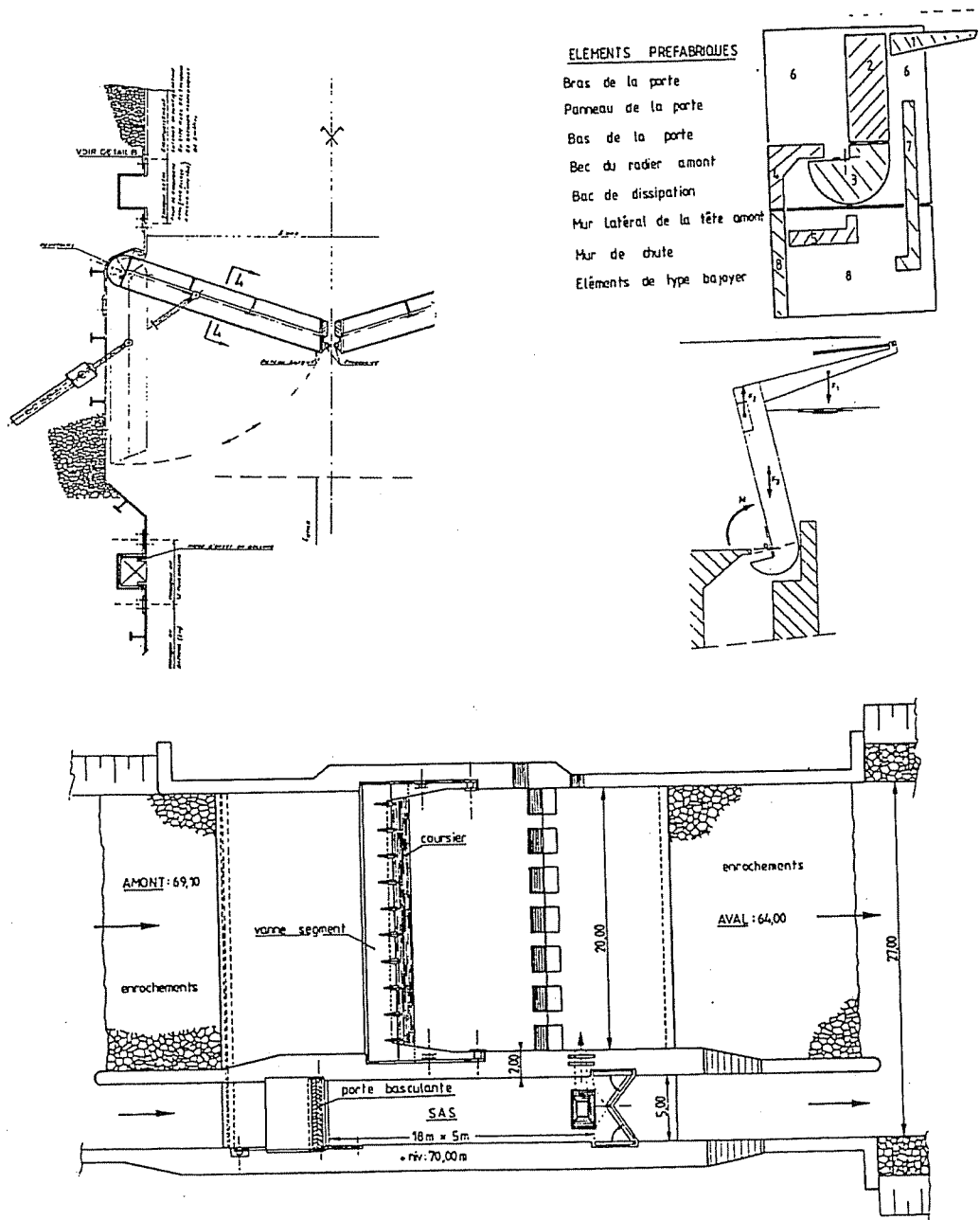


Figure 5 : Ecluse préfabriquée en aluminium

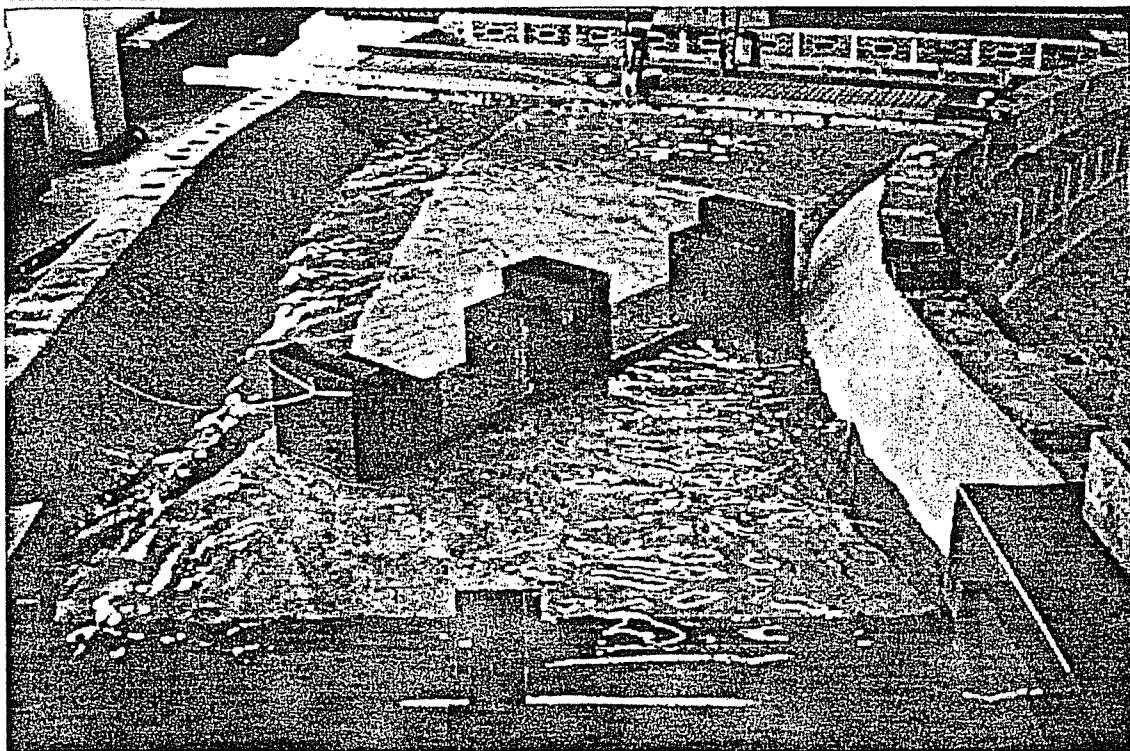
2.2 LES BARRAGES MOBILES PRÉFABRIQUÉS EN ALUMINIUM

Le département d'hydraulique de l'Université de Liège avec le chantier naval Meuse et Sambre de Namur a étudié le remplacement de 9 barrages mobiles de la Haute Sambre. Il s'agit de barrages bientôt centenaires (barrages à poutrelles), de petites tailles : 5 à 6 passes de 3 à 4 mètres dont la chute varie entre 1 et 2,5 m.

L'idée est de préfabriquer les 9 barrages mobiles dans un chantier. Tous les éléments seraient construits en aluminium (la structure et les vannes). Ces éléments seraient flottants (vu leur conception) et ainsi aisément amenés en flottaison sur le site de construction (figure 6). Une fois rassemblés, les éléments sont solidarifiés (toujours en flottaison), immergés par ballastage des caissons (flotteurs). Ensuite, les éléments de la structure (piles, culées et radiers) sont noyés dans du béton de fibres. La structure en aluminium sert à ce moment de coffrage perdu. Les vannes en aluminium, également amenées en flottaison, sont immédiatement opérationnelles (figure 7).

Traditionnellement, les piles, les culées et le radier sont construits sur le site et cela nécessite la mise à sec du lit de la rivière. C'est un travail coûteux, long et non dénué de risques (passage des crues soudaines et très importantes en été).

Les avantages de l'alternative «barrage préfabriqué en aluminium» sont incontestables. Economiquement, la comparaison par rapport à la solution traditionnelle ne fait pas de doute surtout si l'on y intègre les considérations liées à la protection de l'environnement et la réduction des nuisances induites à un chantier long (2 ans au minimum) et envahissant.



*Figure 6 : Barrage mobile préfabriqué en aluminium.
Vue d'un élément en flottaison lors de son acheminement sur le site
(Modèle réduit, Département d'Hydraulique de l'Université de Liège)*

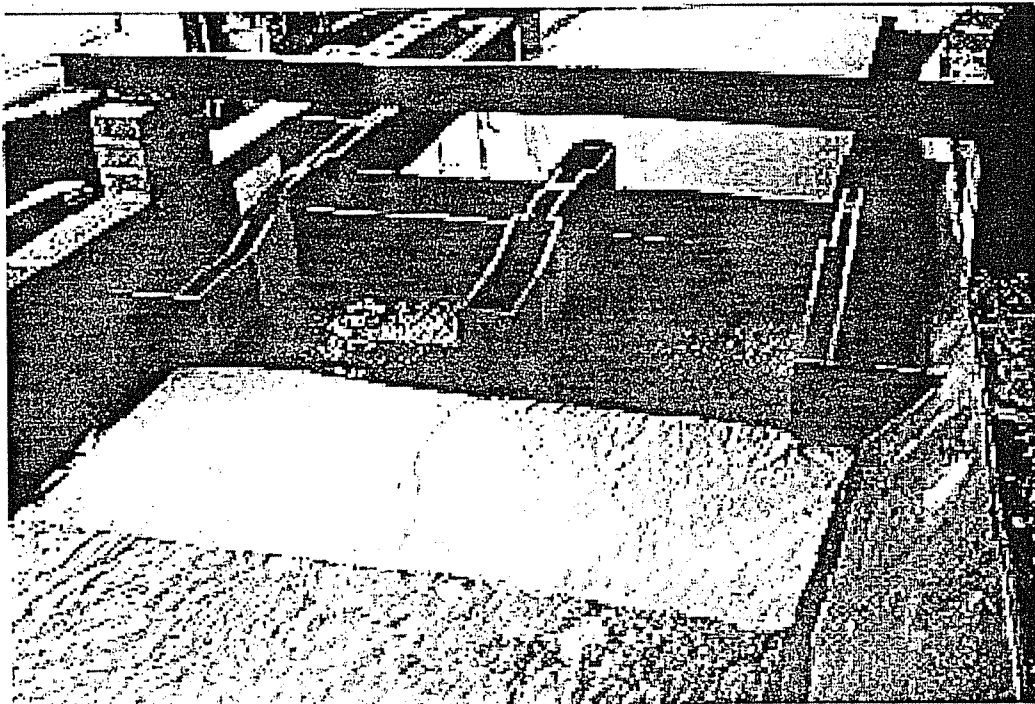
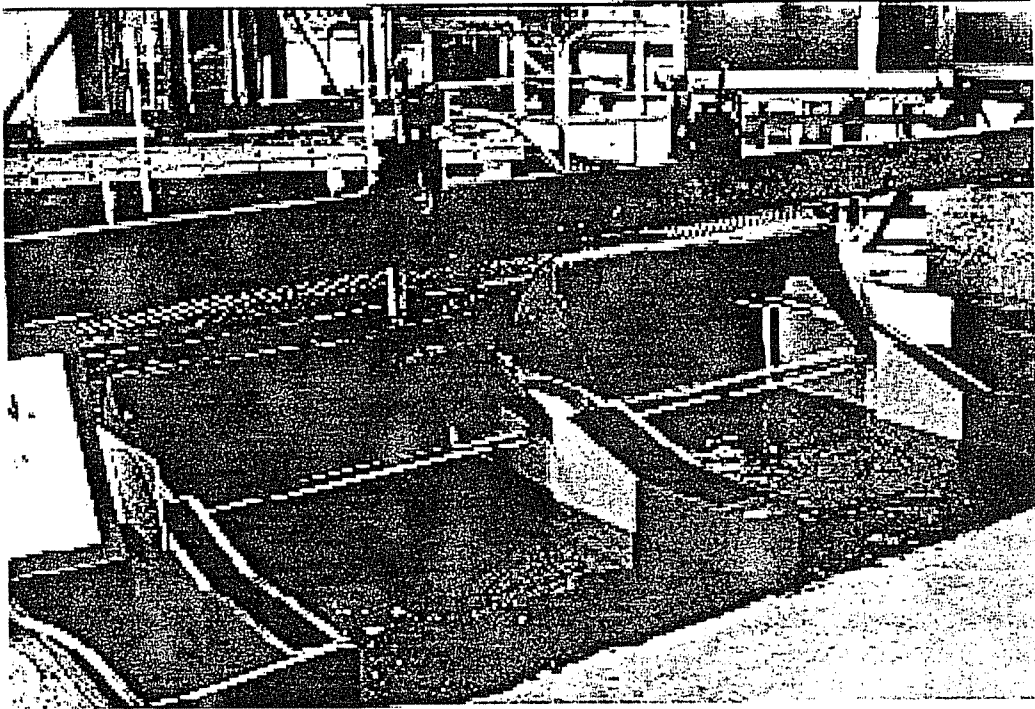


Figure 7 : Barrage mobile préfabriqué en aluminium.

Photo du haut : Vue d'un barrage avec les vannes levées – vannes segments en aluminium

*Photo du bas : Vue d'un barrage en fonctionnement, écoulement de fond au travers du pertuis gauche et écoulement de surface dans le pertuis de droite.
(Modèle réduit, Département d'Hydraulique de l'Université de Liège)*

2.3 LES VANNES, CLAPETS ANTI-RETOUR

En génie civil, contrairement à la construction navale, l'utilisation de l'aluminium n'est pas encore devenu un réflexe lorsque l'on est amené à concevoir une structure flottante.

Ainsi, nous avons participé à la conception d'un clapet de fermeture d'une galerie d'une station de pompage (démergement) qui doit se fermer automatiquement lors de la montée des eaux (côté rivière). Le recours à une structure flottante est à notre point de vue parfaitement justifié et constitue une solution rationnelle. La vanne a été conçue comme un clapet, articulé en base et muni d'un flotteur à l'autre extrémité (côté aval). Grâce à ce flotteur, la fermeture se fait automatiquement.

Le choix de métal pour la vanne était acier standard ou acier inoxydable. L'inoxidable a été retenu pour sa bonne résistance à la corrosion. Vu la faible hauteur de la galerie, le bras de levier (distance horizontale entre l'articulation en base du clapet et le centre du flotteur) est faible. Il en résulte la nécessité de prévoir un flotteur important, d'où un poids propre important (flotteur en inoxydable) et finalement la nécessité d'accroître les dimensions du flotteur pour compenser l'effet du poids propre.

Il est certain que l'utilisation de l'aluminium aurait permis la réduction du poids et de l'encombrement et donc du coût de fabrication. De plus, cela aurait facilité la manutention lors de la mise en place dans un espace très confiné. Enfin, vu les faibles dimensions de la structure, le recours à l'aluminium n'aurait pas nécessité l'utilisation de tôles beaucoup plus épaisses (à l'exception de quelques renforts).

Par cet exemple, notre but n'est pas de critiquer la réalisation effectuée mais plutôt d'attirer l'attention des concepteurs sur des améliorations futures que permet l'utilisation de l'aluminium. Pour ce faire, c'est au stade initial du projet que le réflexe «aluminium» doit se produire.

3. CONCLUSIONS

L'aluminium possède des propriétés techniques très attractives pour le concepteur de structures flottantes. Cela devrait, dans un avenir proche, se traduire par une utilisation beaucoup plus intensive de l'aluminium dans les structures hydrauliques de Génie Civil. Dans les moyens de transport, l'aluminium a déjà pénétré le marché et efficacement démontré de ses potentialités (poids réduit, facilité de construction et préfabrication, recyclage, ...).

En conclusion, il ne fait aucun doute qu'une meilleure connaissance des avantages de l'aluminium auprès des ingénieurs de génie civil devrait permettre une utilisation plus importante de l'aluminium dans ce domaine ainsi que l'apparition de concepts nouveaux (structures allégées, préfabriquées, ...).

4. REFERENCES

- Rigo Ph. (1990), Des écluses préfabriquées en aluminium, un "must" en vue du développement de la navigation de plaisance, Annales des Travaux Publics, Bruxelles., n°4, 1990, p251-288.
- Rigo Ph., N.M. Dehousse, H. Hadid, T. Van Frachen et A. Franquinet (1994), La réalisation de barrages mobiles préfabriqués en aluminium, 28ème Congrès International de Navigation (A.I.P.C.N.), Section I, sujet 5, Séville, Espagne, Mai 1994.
- RINA (1992), Supply and Demand Trends in Shipbuilding Steels, The Naval Architect, RINA, U-K, Nov. 92, pp538-541.
- Farge Y. (1998), Aluminium et Automobile, Bulletin de l'AILg, , n°3, 151^{ème} année, pp24-27.
- Farinetti V (1998), General Considerations on High Tensile Steel VS Aluminium Alloy and Technical Aspects Related to the Aluminium Construction, Third International Forum on Aluminium Ships, Norway, 27-28 May, 10p.

*Rigo Philippe, Dr. Ir., Agrégé, Chercheur Qualifié du FNRS
Fonds National de la Recherche Scientifique
Université de Liège, ANAST
6 Quai Banning
B - 4000 Liège
Tel: 04/366 92 25
Fax: 04/366 91 33
Email: Ph.rigo@ulg.ac.be*