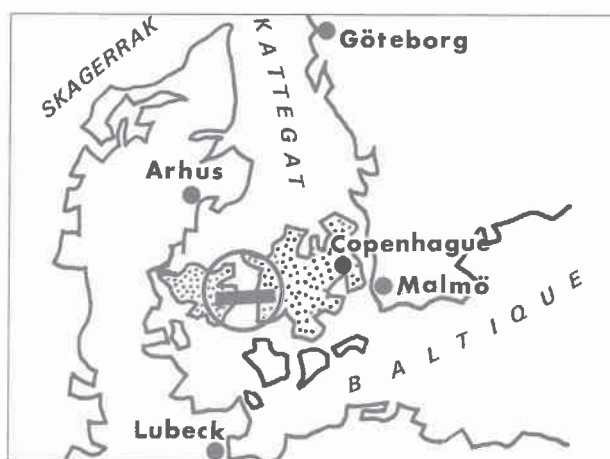


danemark

le pont du siècle

nicolas brisset

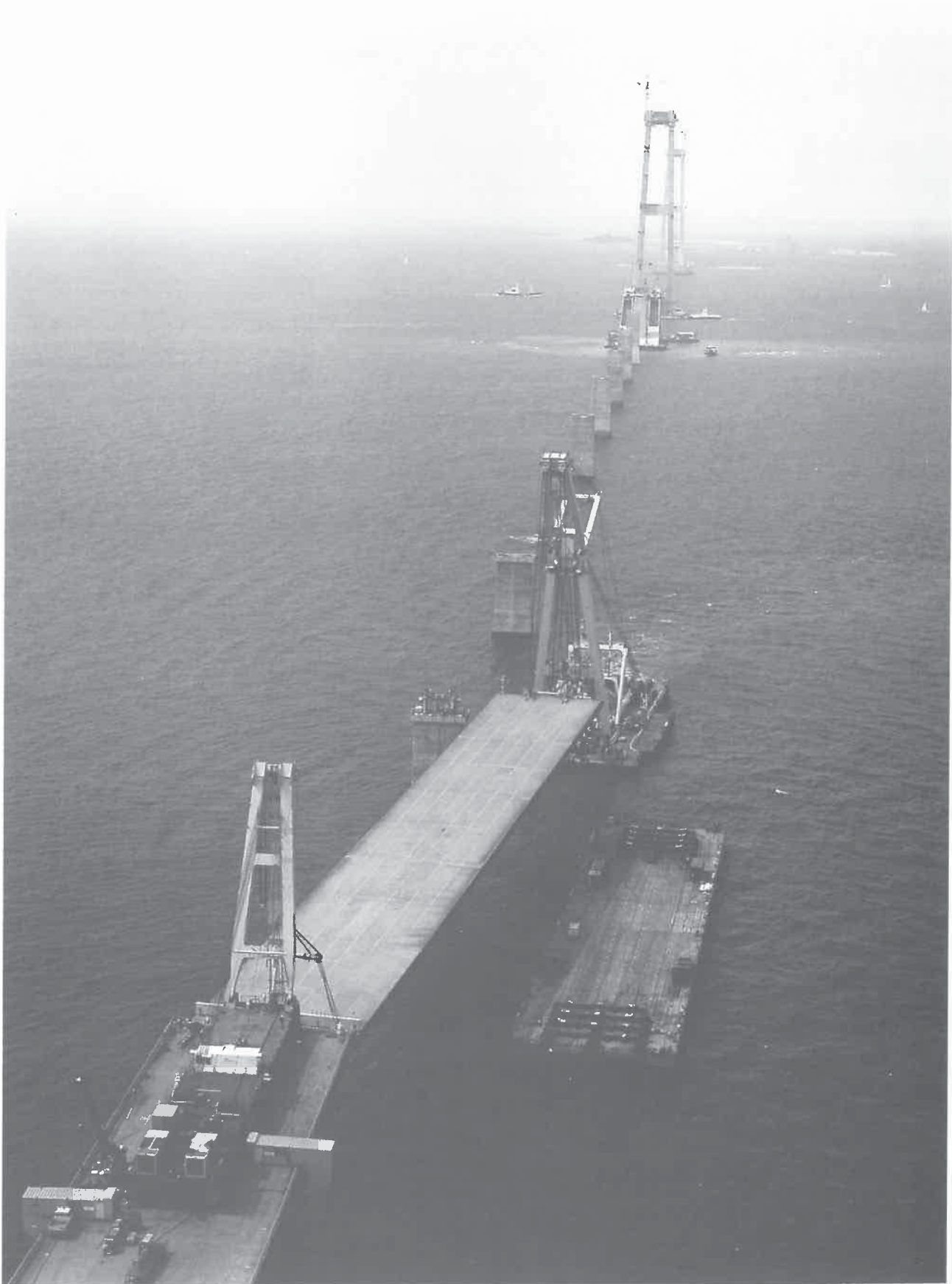
Service topométrique du
chantier (GEC - Alsthom sdem)



Le pont du Storebaelt s'insère dans un vaste projet de liens fixes dans le Nord de l'Europe, et doit relier à l'horizon 1998 les deux îles principales du Danemark. On pourra alors effectuer à pied sec le trajet depuis la "Sealand" jusqu'à la "Fionie", elle-même déjà reliée au "Jutland", qui est la péninsule danoise au Nord de l'Allemagne. Ce lien fixe constitue la première partie d'une série d'autres liaisons, puisque les travaux de l'ouvrage devant relier le "Sealand" à la Suède ont récemment débuté.

Le détroit du Storebaelt ou grand détroit est séparé dans sa partie centrale par l'île de Sprogø qui a été agrandie artificiellement pour les besoins du projet. Le pont Ouest, d'une longueur de 6 kilomètres, entièrement en béton, relie la "Fionie" à "Sprogø" et est en fait





Levage du voussoir n°5



constitué de deux ponts parallèles, l'un conçu pour le trafic routier, l'autre pour le trafic ferroviaire. Cet ouvrage n'a qu'une faible hauteur au-dessus du niveau de la mer et ne permet pas le passage des navires de fort tonnage. Ce pont est aujourd'hui achevé. Entre Sprogø et la Sealand, à l'est, le trafic ferroviaire s'effectue en tunnel alors que le trafic routier doit être assuré par un pont d'une longueur totale de 7 kilomètres. C'est de cet ouvrage dont il est question ici.

Il est constitué dans sa partie centrale d'un pont suspendu d'une portée centrale de 1 624 m (de pylône à pylône) et de deux portées secondaires (du pylône à chaque massif d'ancrage) de 560 m chacune. La hauteur finie du pont suspendu à l'axe du tablier est de 65 m au-dessus du niveau de la mer, enfin de permettre le trafic des gros bâtiments. De part et d'autre du pont suspendu, deux ponts d'approche sont actuellement en cours de réalisation, d'une longueur de 2 700 m à l'est et de 1 600 m à l'ouest.

La construction de la totalité est divisée en deux principaux contrats :

- La partie béton qui recouvre la fourniture et la construction des fondations, piles, culées, pylônes et massifs d'ancrage. Les pylônes constituent à eux seuls une réalisation unique, puisqu'ils établissent à 254 m le point culminant du Danemark. Les massifs d'ancrage des câbles principaux du pont suspendu, appelées "Anchor-block", sont construits en pleine mer (première mondiale).

- La partie métallique qui recouvre la fourniture et le montage des voussoirs, câbles, appuis et joints d'expansion. Cette partie a été confiée à un important consortium italien. La société GEC ALSTHOM SDEM qui avait déjà exécuté le montage des voussoirs métalliques du pont de Normandie, s'est vue confiée, en sous-traitance, l'ensemble du montage de cette part métallique. Nous nous intéresserons désormais plus particulièrement à la réalisation des ponts d'approche dont les travaux sont avancés à 60% et dont le montage a débuté des deux côtés.

Les ponts d'approche sont constitués par une série de voussoirs métalliques préfabriqués, d'une longueur de 193 m (ce qui constitue, encore une première mondiale), d'une largeur de 25 m au sommet et de 11 m à la base, d'une hauteur de 7 m et un poids de 2 500 tonnes. Ces voussoirs appelés "girders", reposent sur des piles en béton armé, et sont soudés entre eux afin de constituer une poutre

continue sur appuis multiples. La pente longitudinale finale est d'environ 2 %. Un appui fixe est situé au centre du pont. Tous les autres, glissants, permettent les mouvements longitudinaux, d'une amplitude pouvant atteindre jusqu'à 760 mm, selon leur éloignement du point fixe.

L'activité de montage recouvre une masse considérable de travail que l'on peut sommairement énumérer comme suit :

- Etudes de montage et rédaction de la documentation nécessaire (plans, notes de calculs, procédures de montage...).
- Conception et réalisation des outillages spéciaux utilisés pour la réalisation du pont.
- Préparation des voussoirs préfabriqués dans le Nord du Danemark et transport maritime jusqu'au chantier (environ 300 kilomètres).
- Levage à l'aide de deux grues géantes, d'une capacité de 1 400 tonnes chacune, l'une étant placée sur le



dernier élément monté, l'autre, flottante, à l'autre extrémité.

- Réglage sur appuis temporaires.
- Découpage et soudage des voussoirs.
- Réglage sur appuis définitifs.

Les activités topométriques, nombreuses et variées dans leur nature et leur objectif, s'insèrent tout au long de la phase de montage. Dans les grandes lignes, ces activités sont les suivantes :

1) **sur le site de préfabrication** : réception dimensionnelle complète des voussoirs comprenant, entre autres, une étude détaillée de désalignement des tôles à souder ("best-fit / match up survey") et la détermination de la longueur du "girder", ces derniers étant tous fabriqués avec une surlongueur.

2) **sur le site de montage** :

- Réception dimensionnelle des piles et culées. Implantation et réglage des appuis temporaires et des outillages de guidage.
- Marquage de la surlongueur sur chaque voussoir.
- Contrôle du comportement élastique et du profil en long pendant le soudage.
- Auscultation des piles.
- Réglage des appuis définitifs et des points fixes.
- Relevés "as-built" : recollement.

Le service topométrique constitué pour le projet



compte 6 techniciens de nationalités diverses. Dans le but de respecter les tolérances contractuelles imposées dans les spécifications générales, très serrées, la société GEC ALSTHOM SDEM a décidé d'utiliser une instrumentation de haute qualité. Le service topométrique dispose de deux TC2002, d'un TC1800, et de 3 antennes GPS Leica SR299, ainsi que les logiciels associés PCMS et SKI. Les plus grandes difficultés rencontrées dans la partie topométrique liée au montage furent les suivantes :

- La détermination exacte de la longueur d'un élément (Tolérance ± 3 mm), celui-ci n'étant pas, lors de la mesure, dans sa configuration finale d'appui et de répartition des contraintes.

- L'application et la mesure du comportement élastique des voussoirs.

- L'implantation et le réglage du pont au regard des tolérances contractuelles requises : longitudinales ± 20 mm, transversal ± 10 mm, et ± 20 mm en élévation, par rapport au système de référence général du chantier. Pour tenter d'atteindre ces objectifs, le maître d'ouvrage a précisément établi le réseau primaire, postérieurement à la réalisation d'une campagne de mesure gravimétriques dense, permettant de déterminer localement le géoïde.

L'équipement GPS est donc utilisé à 100 % de ses capacités.

- Le réglage des appuis définitifs qui requièrent des tolérances locales submillimétriques.

Toutes ces opérations sont parfois effectuées en conditions difficiles : un grand nombre de relevés s'effectue "offshore", et les temps d'accès sur les piles

sont parfois incompatibles avec la nécessité de respecter un planning précis, exigé pour des mesures satellites convenables. D'autre part les conditions hivernales au Danemark rendent difficile tous travaux, alors que le chantier reste ouvert. En revanche, les jours très longs de l'été (environ 4 heures de nuit à la fin du mois de juin) rendent complexe un grand nombre de mesures et d'activités qui requièrent des conditions isothermes. Il est évident que l'exposé en détail des problèmes techniques pourrait occuper plusieurs lignes encore, mais à mon sens, ils ont toujours été résolus lorsque deux conditions clés ont été réunies :

- D'une part lorsque les moyens nécessaires, c'est à dire une instrumentation performante, sont mis à la disposition de l'équipe topométrique et sont utilisés pleinement et rigoureusement par des techniciens avisés.

- D'autre part lorsque le géomètre peut apprécier la qualité et la validité de sa mesure, qui sont liées au moment de la mesure, aux conditions extérieures, à la nature et à la localisation des points de contrôle. Cette expérience s'acquière évidemment avec l'aide des ingénieurs d'étude et de chantier expérimentés.

En d'autres termes, le géomètre doit rester humble devant une telle structure métallique qui est vraiment toujours en mouvement, et comprendre d'abord la conception et la finalité de l'ouvrage afin de réaliser des mesures fiables et contribuer alors, autant qu'il le peut à construire un pont de qualité.

Les ponts d'approche gagnent un peu chaque jour sur la mer. Le montage et le réglage des câbles va bientôt débiter : rendez-vous pour le pont suspendu.

