

Tunnel sous la Manche Résultats de la première jonction topographique sous mer entre la France et le Royaume-Uni

30 octobre 1990 : «Brigitte», le tunnelier Robbins parti de Sangatte trente deux mois plus tôt en direction des côtes britanniques s'immobilise. A cette date, fixée quatre ans plus tôt, il avait foré et construit 15 618 mètres du tunnel de service sous mer... au lieu des 13 600 m initialement prévus. TransManche Link avait gagné ce pari en respectant des délais considérés par beaucoup comme trop courts. Même après les premiers mois de foration (48 m seulement avaient été réalisés le premier mois, 1 km la première année), il nous était difficile d'imaginer que nous allions parvenir à cette distance.

Il est vrai que les cadences tenues aujourd'hui ont dépassé les 50 m par jour et le km par mois. Ce défi s'inscrit dans la liste déjà longue des autres défis que TML a pris l'habitude de relever et de réussir, comme par exemple cet engagement pris début 1987 d'embaucher 75 % de la main d'oeuvre dans la région pour construire cet ouvrage pourtant très technique. Aujourd'hui, nous constatons que ce pourcentage est dépassé puisque c'est 85 % de notre personnel qui est originaire du Nord-Pas-de-Calais. Ces deux exemples reflètent bien la particularité du projet dans chacun de ses secteurs d'activités :

Atteindre, mais souvent dépasser les objectifs fixés en début de projet qui semblaient pour beaucoup inaccessibles.

Les objectifs des topographes

Il s'agissait d'implanter les tunnels au plus près de leur axe théorique, et d'assurer leur construction ainsi que celle des ouvrages spéciaux dans les tolérances de construction de ± 150 mm, tout au long de ces 150 km de tunnels, et bien sûr de raccorder au cm près les trois tunnels français avec ceux forés depuis le Royaume-Uni.

Sachant qu'il n'était pas possible aux tunneliers, forant à un diamètre supérieur à celui du tunnel qu'ils construisent derrière eux, de reculer ou de casser sous une pression d'eau de 10 bars pour «repandre» une partie de tunnel construite hors tolérance, nous étions donc condamnés à faire bien du premier coup... Il restait à traduire ces objectifs en termes de tolérances topographiques réalistes, puis à trouver le moyen de raccorder entre elles les deux parties de cet ouvrage d'art (française et britannique) dans les tolérances de génie civil de ± 1 cm.

Les tolérances

En planimétrie : compte-tenu de la précision des coordonnées des points géodésiques de départ, de celle du canevas complémentaire, de la descente de

base dans le puits de Sangatte, et de la méthode de topométrie souterraine utilisée, nous avons calculé et nous nous étions fixé, pour la partie française, une tolérance de ± 20 cm ($\pm 2,58 \sigma$) à l'extrémité du cheminement de 15,6 km.

Au cheminement britannique plus long, il correspondait une tolérance de ± 30 cm. Au pire, nous estimions que l'écart à la jonction entre nos deux cheminements ne devait pas dépasser 50 cm.

En altimétrie : la précision sur la dénivelée entre les systèmes altimétriques français et anglais était évaluée par l'I.G.N. à ± 8 cm (1σ) en raison de la difficulté à rattacher géoïde et ellipsoïde dans cette zone. Avec la transmission de l'altimétrie des repères de surface jusqu'au dernier repère situé à l'arrière du tunnelier français à plus de 15 km du puits, et à plus de 22 km pour le tunnelier britannique, nous estimions que l'écart altimétrique à la jonction ne devait pas dépasser 25 cm.

Solution retenue pour raccorder les parties françaises et britanniques entre elles

Nous avons calculé qu'une longueur de 100 m suffisait pour résorber un défaut d'alignement de 50 cm et une dénivelée de 25 cm. Il faudrait, alors, ajuster le tracé sur cette distance pour «joindre les deux bouts» tout en respectant les critères géométriques minima.

Nous décidions donc d'arrêter les tunneliers à 100 m l'un de l'autre. Puis, d'effectuer, à travers la tête de coupe du tunnelier britannique, un forage en direction du tunnelier français qui avait terminé sa course et dont nous commencions le démantèlement. L'espace restreint mis à notre disposition ne nous permettait pas d'installer une machine pour forer à un diamètre de 50 cm comme demandé... mais de 56 mm seulement. Il était inutile d'espérer un forage rectiligne. Il était même très difficile de ne pas dévier de plus de 3 m à cette distance. Après plusieurs essais dans des portions de tunnel terminées, nous réussissions, le 30 octobre, à atteindre la «cible». La déviation de l'outil n'était que de 1,60 m, et nous pouvions faire le levé du tunnelier Robbins par rapport au tunnelier britannique par l'intermédiaire de ce forage sinueux reliant les deux machines.

L'instrument Maxibor (Sté Reflex' - Suède) utilisant la technologie des caméras CCD nous a permis de mesurer la position relative des deux extrémités du forage et le décalage transversal entre les deux cheminements polygonaux : 50 cm à ± 20 cm près, alors qu'un niveau à eau désoxygénée, confectionné

artisanale, nous donnait une fermeture altimétrique de 8 cm à ± 2 cm près.

Ces résultats, même imprécis, suffisaient pour continuer la foration du côté britannique sur les 40 m suivants, avant que le tunnelier ne braque vers le sud en position définitive de rebut.

Et, c'est par la petite galerie de 2,50 m de long reliant l'arrière du tunnelier britannique à la tête de la machine qui a été utilisée pour une poignée de main historique que nous «fermions» nos cheminements le 3 décembre.

Ces résultats serviraient alors à construire les 60 derniers mètres pour se raccorder parfaitement avec les derniers anneaux de béton du tunnel français.

Les résultats à la jonction

Les écarts de fermeture entre les cheminements français et britannique mesurés conjointement par les équipes topographiques des deux pays sont : en plan :

- transversalement à l'axe du tunnel : 358 mm
- suivant l'axe du tunnel : 76 mm
- en altitude : 58 mm

Ces résultats sont dans les tolérances fixées a priori, et ils ne posent donc pas de problème pour le raccordement sur 100 m des deux parties de tunnel. Ces valeurs correspondent à des précisions relatives de :

9,4	10^{-6} en direction
2	10^{-6} en distance
1,5	10^{-6} en altitude.

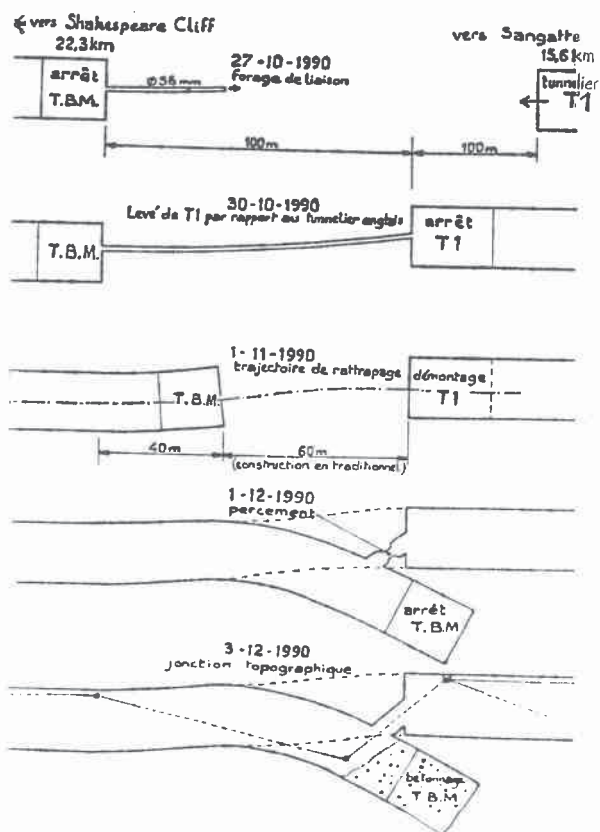
L'écart transversal de 358 mm (un peu moins que la diagonale de cette page) aurait pu être réduit de moitié environ, en tenant compte de la variation de la déviation de la verticale entre Sangatte et Shakespeare Cliff.

En effet, l'angle entre la verticale physique et la normale à l'ellipsoïde a été mesuré par l'IGN à Sangatte (- 10 cc) alors qu'elle a été estimée à + 7 cc à l'extrémité anglaise du tunnel. Cette différence d'environ 17 cc affecte directement la mesure de l'azimut au gyrothéodolite.

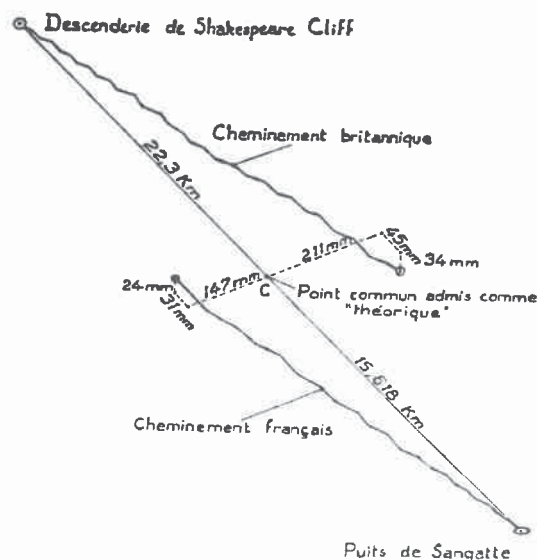
Conclusion

Nous pouvons dire que malgré des conditions de transport et de travail en tunnels extrêmement difficiles (aucun convoi ni tunnelier n'a été ralenti), malgré cette distance de 38 km non stationnable et imposant des bases de calibration d'instruments sur chacune des rives, malgré des équipes, des méthodes et instruments différents de part et d'autre de la Manche, les résultats obtenus sont excellents. Ils sont dus à la compétence et à l'étroite collaboration des différentes équipes françaises et anglaises de TML, de l'I.G.N. et de son homologue Ordnance Survey, aux constructeurs européens des instruments et des systèmes de guidage Leica, D.M.T., Z.E.D., Marx, Cete de Lyon, Amberg, Reflex.

Jean-Jacques MORLOT
TML



Phasage de la jonction (vue en plan sans échelle).



Écarts à la jonction entre les cheminements topographiques français et anglais.

A propos de la jonction du premier tunnel sous la Manche Bravo les mineurs ! mais où étaient donc cachés les topographes...

par André Toquet, Topographe EDF retraité, AFT n° 325

J'ai regardé une deuxième fois, il y a quelques jours, le reportage télévisé «La bête sous la Manche» programmé le 29/11 et le 27/12 sur A2 et ce, vous n'en douterez pas, avec le plus vif intérêt. Je ne fus certainement pas le seul ancien à revivre, en cette occasion, nombre d'heures de la carrière passées sous la terre pour le percement de tunnels avec «aux tripes», les angoisses topométriques d'une rencontre imminente !

L'heure de la jonction est en effet celle d'une vérité dont le mérite ne revient, en fait, qu'au(x) seul(s) topographe(s) ayant oeuvré en surface et en galerie. «Percer le gruyère» c'est dur et méritoire, je n'en disconviens pas, mais seraient-ils mis tellement en relief tous les efforts des mineurs s'ils n'arrivaient pas au but recherché qui est celui de la bonne rencontre ?... Vous et moi savons sur qui elle repose ! Dieu, pardonnez ici cette prétention, mais nul ne me convaincra du contraire : les mineurs usurpent chaque fois une part de la gloire qui leur est octroyée !

Me sont revenus fugitivement au cours de l'émission, bien des tableaux de travaux souterrains auxquels j'ai participé ici et là et, dans le halo d'une lampe de casque, des visages amis de cette époque.

J'ai revécu l'angoisse des calages altimétriques aux attaques... j'ai recalculé des V_0 ... revu des systèmes de pilotage à référence(s) courte(s) par la force des choses, défiant toutes les règles du métier... revécu la répétition des mesures... des palabres pénibles pour obtenir une galerie de visée ou un hors-profil dans une courbe afin d'améliorer au mieux les systèmes... J'ai revu des burins en radier perpétuellement noyés... des passages de PK géologiquement annoncés délicats... des «n» kilomètres sans fenêtre... revu aussi les mineurs soucieux de leur seul avancement... les caisses d'explosifs jetées dans les wagonnets à proximité immédiate de caisses de détonateurs... revécu les stationnements du di-manche pour éviter le masque d'un bouchon gazeux.

J'ai revécu les heures terribles qui succédaient aux accidents... celles des «sainte barbe» joyeu-

ses... les instants heureux des rencontres sur les lieux-mêmes des événements, puis l'ambiance de fête des cantines perdues dans nos montagnes (à cette époque estomac, foie, tension, diabète faisaient bon ménage...).

Le 28 donc, veille de la première diffusion, j'avais relu l'article de Jean-Jacques Morlot (XYZ n° 40) pour me pénétrer à nouveau du canevas de surface et de la topométrie d'approche, coté français. La bonne chronologie d'un tel reportage n'imposait-elle pas -de mon point de vue- un mot sur ces questions ? N'y avait-il pas là une occasion unique d'initier le grand public «au mystère» des rencontres souterraines ?...

Las !... Déception ! ... Pas un mot sur le sujet ! Ce grand public, s'il a bien prêté l'oreille, aura tout de même su qu'un géomètre (j'aurais préféré : «un topographe» !) avait été nécessaire à la réussite...

Il me restait l'espoir, naïf, de voir aux actualités télévisées du 1/12, jour de la fonction, deux responsables du pilotage se serrer la main. Nenni ! comme à l'accoutumée, toute la gloire et les attentions allèrent aux mineurs...

Et une plaie au cœur que je croyais cicatrisée, s'est ouverte à nouveau en constatant, qu'une fois de plus, on éclipsait les mérites de la topographie. Honnêtement, j'ai souffert pour tous ceux qui oeuvrèrent en la matière !...

Vous en arriverez à me dire avec votre sagesse «Tout doux l'ami, il faut magnifier la profession mais pensez aussi qu'ils durent être nombreux à être absents ceux qui, d'une manière ou d'une autre, participèrent aussi à la réussite !...» C'est vrai ! Pardonnez-moi ! Je ne peux néanmoins m'empêcher de vous livrer une anecdote :

Au printemps de 1978, je fus invité à la jonction des avancements d'une galerie EDF (en grande section) sous le massif de Belledonne (19 km sans fenêtre), 1/2 par explosif, 1/2 par tunnelier. Référence très courte à l'une des attaques. (Je signale que je n'avais pas, personnellement oeuvré dans cet ouvrage). J'étais à coté de mon prédécesseur

(dans le poste que j'allais embrasser dans la Division), en l'occurrence : Armand Lanfray. Mon collègue vivait là les derniers instants de sa carrière parmi un public stationné sur une estrade installée coté «explosif» et face bien sûr au tunnelier dont on apercevait le bouclier déjà bien engagé dans le voile résiduel qui restait à abattre.

Après quelques rotations symboliques des trépans - vision impressionnante- on assista au spectacle classique des mineurs se rencontrant (bien entendu pas de topographes !).

Un invité, plus curieux que les autres et que nous ne connaissions pas, ni l'un ni l'autre, se pencha vers Lanfray et lui demanda comment diable on pouvait se rencontrer ainsi sous la terre ! Mon collègue de lui répondre, avec sa voix caverneuse caractéristique : «Rien de bien difficile cher Monsieur, je connais justement assez bien la question ! Il faut acheter des cierges, les plus gros possible ; les allumer à chaque attaque

et conseiller des prières simultanées. L'affaire, ainsi, se passe toujours bien ! Il convient aussi de tenir compte du flair des mineurs. Pour eux le point de rencontre est instinctif. Rien donc, voyez-vous, qui mérite qu'on en parle dans un discours de jonction. D'ailleurs... vous en avez la preuve aujourd'hui, même pour des attaques distantes de 19 kilomètres !...» J'étais quelque peu glacé ! Le renseigné, fort heureusement, prit le parti de rire de la boutade. Je compris que Lanfray avait eu au cœur le même pincement que j'avais ressenti en l'absence de topographes à la rencontre !... (je me souviens de son clin d'oeil).

Il convient, je crois, maintenant, de laisser là ces petits chagrins professionnels pour donner un grand coup de chapeau à cette réalisation qui met en évidence, non seulement les technologies, mais plus encore, une volonté humaine de mieux aller, enfin, les uns vers les autres pour, souhaitons le, des échanges meilleurs de tous ordres.

TGV 515,3 Km/h : Record du monde Bravo les Topos

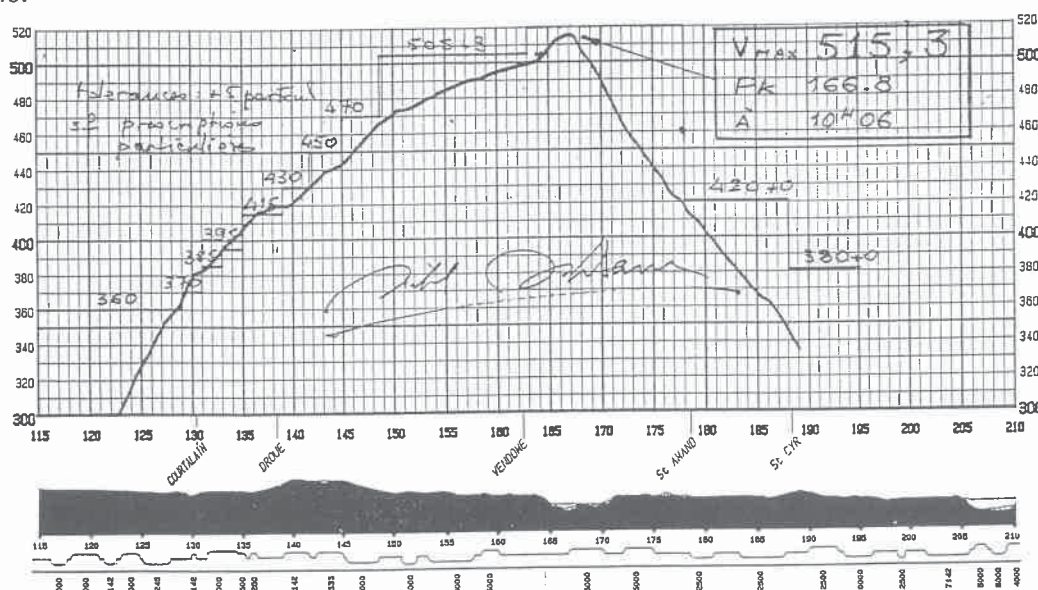
Le 18 mai 1990, la rame 325 du TGV Atlantique bat le record du monde de vitesse sur rail avec 515,3 km/h.

Cette rame de série a été quelque peu adaptée pour l'exploit : roues de 109 cm de diamètre au lieu de 92, rapport d'engrenage modifié, pantographe spécialement réglé, et carénages supplémentaires pour améliorer l'aérodynamisme.

La voie, elle, n'a pas subi de traitement spécial ; c'est la voie maintenant classique du TGV, rail de 60 kg/m, traverses en béton sur ballast, remarquable de stabilité et de précision géométrique.

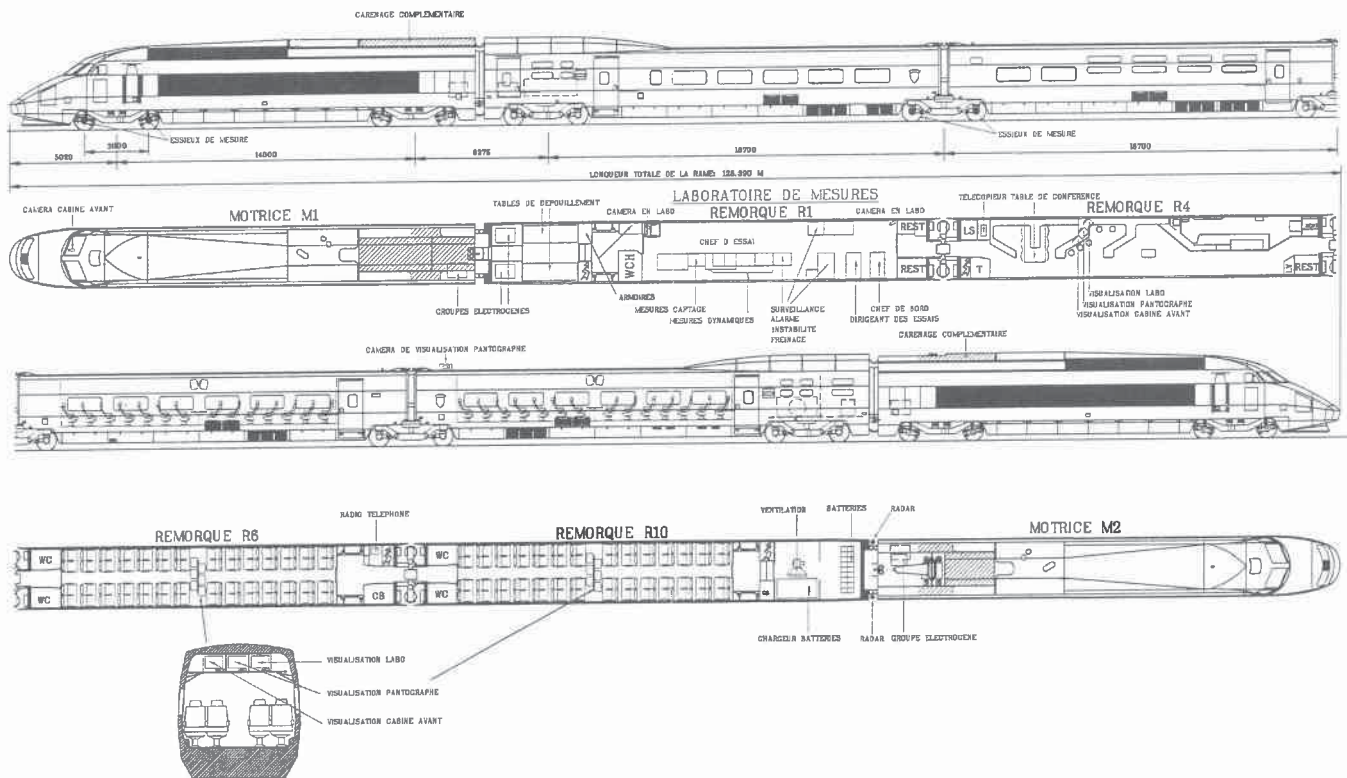
Implantée au cm près, elle est ensuite figolée au mm en plan et en profil (bravo les topos !).

Les soudures entre les éléments du rail de 300 m sont meulées et rectifiées au 1/10 mm !



Graphique officiel du record signé DELEBARRE

ESSAI TGV CONSTITUTION DE LA RAME



TopoSat

service de positionnement par satellite système (GPS)

**TRIANGULATION POLYGONATION
STEREO PREPARATION
INTERVENTIONS FRANCE ET ETRANGER**

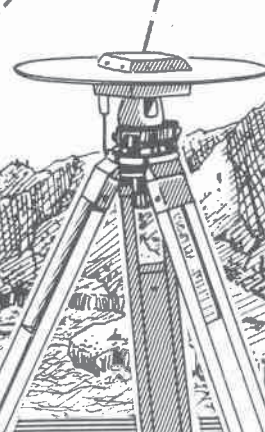
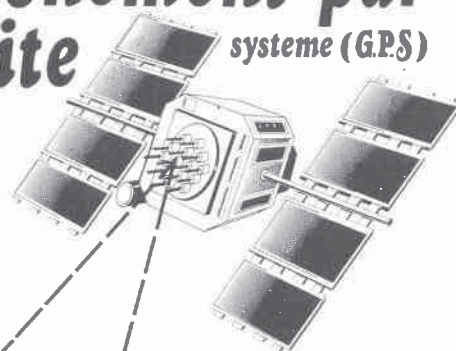
- Travaux cadastraux et remembrement
- Canevas pour levés et implantation
- Balisage de lignes (EDF..) et de pipe-line
- Micro triangulation pour ouvrages
- Points d'appui pour radio navigation
- Calage de photographies aériennes ou satellite

CALCUL EN SYSTEME LOCAL
OU GENERAL (LAMBERT, etc...)
NE NECESSITE PAS LA VISIBILITE
ENTRE POINTS
INDEPENDANT DES CONDITIONS
ATMOSPHERIQUES
PERMET L'HOMOGENEITE DE
RESEAUX ETENDUS

**PRÉCISION ACCRUE
POUR UNE MEILLEURE QUALITE DE TRAVAUX
GAIN DE TEMPS POUR UNE MEILLEURE RENTABILITE**

TopoSat

12, rue Soldat Bellon - 83400 HYERES
Téléphone : 94.65.24.78 - Fax : 94.35.37.55



DECOUVRIR 45 48 98 87