



Le tunnelier

A partir d'une conception et d'un cahier des charges établis par les services techniques des entreprises réalisatrices du gros-œuvre, et en s'appuyant plus particulièrement sur des spécifications précises avancées par Bouygues à la lumière des enseignements tirés du tunnel sous la Manche, la fabrication du tunnelier a été confiée à la Société HDW à Kiel en Allemagne. Il fut construit puis assemblé sur le site en 16 mois au total. Il était composé de deux éléments principaux :

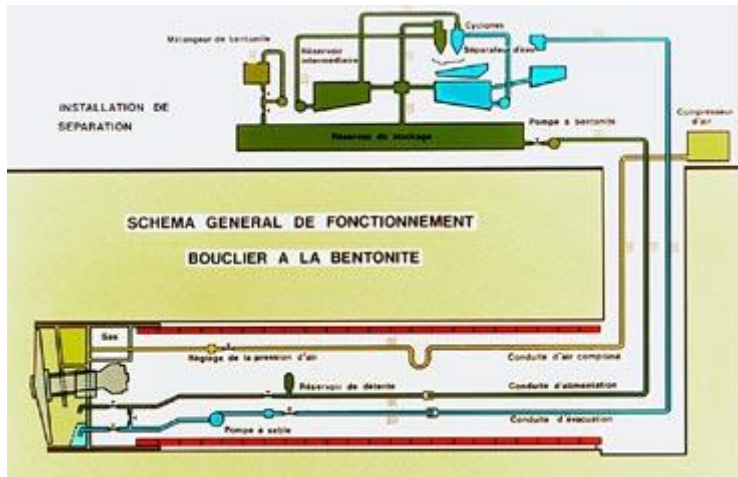
- le bouclier de 11 m (600 t), dont la jupe traînante de 3 m permettait de respecter des rayons de 250 m. C'est la partie active qui exécuta le creusement et garantit le soutènement provisoire du tunnel, avec une roue équipée de 54 molettes et de 110 couteaux, capable de tourner de 0 à 6 t/mn, et une jupe munie de 3 joints de queue : 2 anneaux à brosses métalliques et 1 anneau à lamelles métalliques.
- le train suiveur qui assurait la logistique, composé de 6 wagons alignés sur 70 m de voie (500 t) dont les fonctions essentielles étaient :
 - hydraulique et pilotage
 - transformation de l'énergie électrique en puissance hydraulique
 - injection de mortier de bourrage
 - télescopage des tuyaux de marinage
 - pose des voies de service.

Les trois fonctions principales du tunnelier, le creusement, le soutènement et la pose du revêtement définitif, furent assurées par :

- une roue de coupe (100 t) entraînée par dix groupes motoréducteurs d'une puissance de 1800 kW
- une jupe de 8,60 m de diamètre extérieur, tronconique (2 cm) et de 6 cm d'épaisseur
- un érecteur hydraulique à simple bras, muni d'un système automatique de dévissage de la vis de préhension des voussoirs.

La limitation des tassements sous les immeubles fut le résultat du maintien de la pression dans la chambre d'abattage, de l'injection du mortier de bourrage et de l'étanchéité permanente entre la jupe du tunnelier et le revêtement définitif. La consolidation du front de taille et de la partie de terrain non revêtue était obtenue par une pression de boue bentonique régulée par une bulle d'air de 25 m³. L'asservissement des pompes de marinage (arrivée puis retour) et la régulation de l'air dans la bulle permettaient le maintien au front d'une pression constante stabilisatrice, de l'ordre de 1,5 bar. L'étanchéité entre la jupe arrière et le revêtement en place était garantie par la série des trois joints de queue encadrant les deux chambres. Ces dernières étaient en permanence alimentées de graisse par une pompe dont la pression était liée à celles d'injection du mortier de bourrage et du front de taille.

Le remplissage du vide annulaire s'effectuait par des canalisations implantées dans l'épaisseur de la jupe. Le mortier "semi-inerte" était composé essentiellement de sable, de fines de calcaire, de cendre et de chaux. Le produit de bourrage était fabriqué en surface, transporté par wagons jusqu'au tunnelier et injecté par quatre pipes alimentées par un système automatique qui fonctionnait même pendant la pose des voussoirs, jusqu'à une pression de consigne.

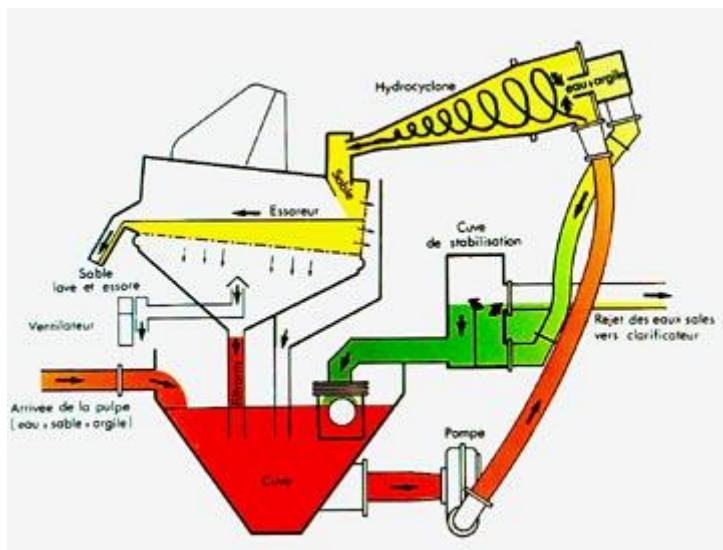


La roue de coupe était montée sur une rotule qui permettait une orientation de 2 degrés dans tous les plans et un télescopage de 30 cm, ce qui facilitait le pilotage. Lors d'un incident, son accès était possible grâce au recul de la tête du tunnelier et à un sas pour le personnel. Afin de toujours maintenir une pression sur le front de taille pendant ces opérations, la boue bentonitique était remplacée par de l'air comprimé. Le personnel pouvait ainsi accéder aux outils de la roue de coupe après être passé par le sas de pressurisation.

Le transport de déblais était réalisé par un marinage hydraulique dont la chaîne était composée de deux pompes de 1000 m³/h pour le circuit d'alimentation et de cinq pompes de 1400 m³/h pour le retour des déblais jusqu'à la centrale. Pour faciliter leur évacuation par péniches, une usine de séparation des matériaux fut installée sur le port Henri IV.

Elle comprenait essentiellement trois étages :

- séparation primaire par deux trommels pour les matériaux supérieurs à 1cm
- séparation secondaire par deux étages d'hydrocyclones de 150 µm et 70 µm
- séparation tertiaire par des filtres-presses pour les éléments les plus fins.



A la sortie des hydrocyclones, les boues étaient analysées et réincorporées au circuit d'alimentation de marinage, ou dirigées vers le circuit de régénération si leurs caractéristiques ne répondaient plus aux critères de la boue neuve. Elles étaient alors traitées par floculation chimique dans un décanteur, puis pressées dans les filtres-presses avec adjonction de chaux. Les matières sèches, concentrées en galettes solides, tombaient sur la bande transporteuse qui conduisait tous les matériaux jusqu'aux péniches.

Suivant la tradition, le tunnelier fut baptisé d'un prénom féminin, SANDRINE. Il comportait de nombreux perfectionnements visant à une sécurité de fonctionnement optimale :

- tête de forage indépendante et orientable permettant de corriger la tendance de la machine à piquer du nez et facilitant le pilotage, rétractable par télescopage
- tubes d'injection de blocage intégrés à la jupe, accessibles depuis l'intérieur dans le secteur compris entre l'articulation et les joints de queue
- équilibrage du couple de rotation par inclinaison variable des vérins de poussée, permettant un sens unique de rotation de la tête : les outils étant orientés selon la même direction, les risques de colmatage étaient limités
- concasseur hydraulique à mâchoires escamotables, admettant des pierres de 500 mm de longueur d'arête
- pilotage automatique Pyxis déterminant les corrections de trajectoire à partir de l'écart mesuré sur une cible entre un point de repère solidaire du bouclier et le point de référence. Ce guidage pouvant agir directement sur la

pression des vérins de poussée était capable de corriger d'une manière continue la position de la machine pour la ramener à tout instant sur le tracé prévu.

Diamètre du bouclier :	8,60 m	Poids de l'ensemble :	1 000 T
Force de poussée :	6 000 T	Rayon minimum en courbe :	250 m
Puissance totale installée :	6 000 kW	Course de forage :	1,70 m
Puissance totale de coupe :	1 800 kW	Vitesse instantanée :	5 cm/mn
Longueur avec le train suiveur :	82 m		

Ces perfectionnements ont concouru à l'obtention d'excellentes performances d'avancement, de régularité et de qualité sur ce lot.