



# Franchissement du Rhône par fonçage

Ir. Dominique DELBAERE  
Directeur R & D - Denys SA.

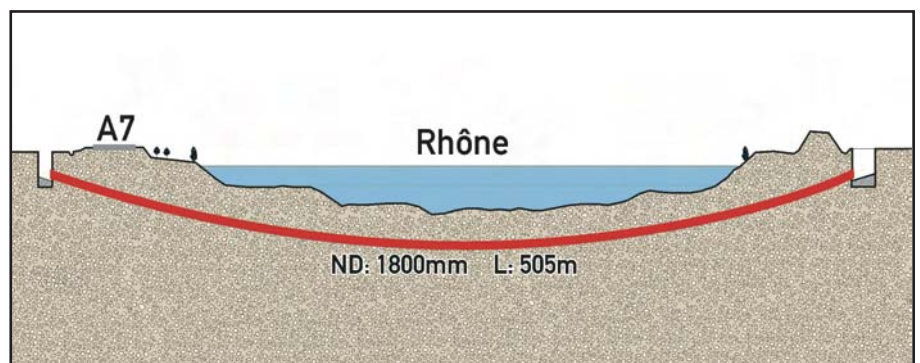
## Résumé :

Dans le cadre des travaux de construction d'un gazoduc haute pression DN 600 mm entre Serpaize et les Haies, le Rhône et l'autoroute du soleil (A7) ont été traversés dans la région de Vienne par un fonçage en courbe avec des tuyaux en béton armé DN 1800 mm sur une longueur de 505m. Malgré une géologie très difficile et hétérogène, le franchissement a été un véritable succès technique ayant permis de respecter délai et budget à la satisfaction de GRT Gaz.

## Abstract:

### PIPE JACKING UNDER THE RHONE RIVER

As part of the construction of a high pressure gas pipeline DN 600 mm between Serpaize and les Haies, the Rhone and A7-highway (also known as "l'autoroute du soleil") were crossed by pipe jacking with reinforced concrete pipes DN 1800 mm over a length of 505m. In spite of the difficult and heterogeneous geology, the crossing has been a true success. Budget and deadlines were fulfilled, to the satisfaction of GRT Gaz.



Profil en long du gazoduc.

## INTRODUCTION

Début 2007, la société Denys s'est vue attribuée par GRTgaz le contrat de construction d'un gazoduc DN600 (24") d'une longueur de 20 km de Serpaize (département de l'Isère) aux Haies (département du Rhône). L'une des caractéristiques du tracé est la traversée de la vallée du Rhône dans la région de Vienne avec ses nombreux obstacles, dont la traversée du fleuve proprement dite.

Ces travaux sont à tout point de vue un réel défi technique. Non seulement la conduite est posée sur des pentes à très forte inclinaison, mais le tracé prévoit également des traversées d'axes ferroviaires, le franchissement du Rhône ainsi que celui de l'autoroute A7 (autoroute du Soleil).

Le mode de traversée du fleuve était laissé au libre choix du soumissionnaire. La variante 1 désigne un franchissement du fleuve en souille avec une traversée de l'autoroute réalisée par micro tunnel, la variante 2 désigne une traversée de l'ensemble fleuve et autoroute, contiguë au fleuve, par micro tunnel.

Au regard des difficultés rencontrées par GRTgaz au cours des dernières années

pour des franchissements similaires, la réalisation d'un forage dirigé n'était pas envisageable.

Denys a préféré opter –dans la phase d'adjudication– pour un franchissement du fleuve et de l'autoroute A7 par un seul micro-tunnel en courbe verticale avec des puits peu profonds. Comparée à d'autres moyens techniques tels que le forage dirigé ou le siphon immergé, la technique du fonçage comporte un certain nombre d'avantages : la faisabilité, un prix de revient moins élevé, peu de nuisances pour le voisinage, une indépendance des conditions météorologiques et un impact très limité sur l'environnement.

## DONNÉES GÉOLOGIQUES

Le tracé de la traversée du fleuve et de l'autoroute A7 se situe entre les communes de Seyssuel (38) en rive gauche et de Saint Romain en Gal (69) en rive droite du Rhône. A cet endroit, la vallée du Rhône est encaissée entre les collines constituées de roches cristallogéniques (gneiss, micaschistes et leptynites) recoupées par des filons de quartz et dans lesquelles des granites

peuvent être intrusifs. Les affleurements rocheux plongent fortement et sont recouverts par des alluvions fluviales modernes, principalement des sables et graviers qui comblent le lit du Rhône. La nappe phréatique dans ces alluvions est en relation directe avec le fleuve. De plus, l'axe de la traversée se situe dans un secteur du lit mineur du Rhône exploité de façon massive dans les années 1987 à 1996 pour l'extraction de graviers.

Le programme d'investigations approfondies, joint au dossier d'appel d'offres et exécuté par Fondasol, comporte la réalisation de :

- 3 profils bathymétriques sur la largeur du fleuve
- 2 sondages pressiométriques de 30 m en rive gauche
- 2 sondages carottés de 35 m et 1 de 30 m en rive gauche
- 2 sondages pressiométriques de 30 m en rive droite
- 2 sondages carottés de 30 m en rive droite
- 1 profil sismique en rive droite
- 2 sondages pressiométriques de 35 m dans le lit du Rhône
- 2 sondages carottés de 35 m dans le lit du Rhône
- 3 lignes de sismique réflexion marine sur toute la largeur du fleuve

La reconnaissance par sismique réfraction en rive droite a mis en évidence la présence d'un substratum rocheux à environ 55 m de profondeur et les lignes de sismique réflexion marine ont démontré que le substratum rocheux ne remonte pas sous le fleuve.

Les formations alluviales récentes sont principalement constituées de graves plus ou moins sableuses. Les éléments les plus gros rencontrés dans les carottages font



Puits d'attaque du fonçage



Démarrage du fonçage.

120 mm et la dimension moyenne des graves est voisine de 50 mm. Ces alluvions sont recouvertes par 3 à 7 m de matériaux plus fins (limons et sables). Les essais en laboratoire ont permis de déterminer les caractéristiques des différentes couches de sol et les essais Lefranc ont donné la perméabilité des différentes couches (jusqu'à 2. 10<sup>-2</sup> m/s).

### PROFIL EN LONG, PUIS DE DÉPART ET PUIS D'ARRIVÉE

Le profil en long du fonçage a été déterminé en fonction de toutes ces données géologiques, tout en gardant des puits aussi peu profonds que possible afin de faciliter l'enfilage des tuyaux en acier DN600mm dans la gaine foncée et les raccordements avec les lignes terrestres.

La société Denys a opté pour un puits de départ d'une profondeur de 8,50 m au point le plus bas, situé en rive droite du Rhône. Ce puits a été exécuté en palplanches battues et avait une longueur de 12 m.

Le fonçage démarre de ce puits avec une pente de 8° sur 21 m. Puis le fonçage poursuit en courbe verticale avec un rayon de 1480 m sur une distance de 137 m, suivi par une section droite de 6 m et une courbe verticale de 1800 m sur 324,80 m. La dernière partie du fonçage monte en ligne droite vers le puits d'arrivée avec une pente de 7,75°. Le point le plus profond du

tunnel se situe à 25 m sous le niveau d'eau du Rhône et le recouvrement minimal sous le lit du fleuve était de l'ordre de 6,90 m.

Le puits d'arrivée a été également exécuté en palplanches et avait une profondeur de 6,80 m.

### FONÇAGE

Pour le fonçage, nous avons choisi des tuyaux préfabriqués en béton armé SOCEA présentant les caractéristiques suivantes : diamètre intérieur de 1800 mm, diamètre extérieur de 2100 mm et longueur de 3,30 m. L'étanchéité entre les tuyaux est assurée par un anneau en acier galvanisé et un joint de 30 mm de diamètre.

Le fonçage est réalisé dans une géologie hétérogène. A plusieurs reprises, il a fallu forer dans des couches de gravier de granulométrie très variable. Ce type de sous-sol était naguère considéré comme « not drillable ». La stabilisation difficile du front de taille dans ces couches de gravier, ainsi que l'usure intense de la roue d'attaque, des outils de coupe et du tunnelier même, ont longtemps constitué un obstacle insurmontable. Le pompage de la boue de forage causait également de nombreux soucis.

Au démarrage du projet, Denys a mis en œuvre tout son savoir-faire. Tout d'abord des investissements ont été faits au niveau de la roue d'attaque, adaptée aux exigences des différents types de sol attendus.

Une étude approfondie des boues de forage a été faite et nous avons mis en place un programme détaillé prenant en compte tous les paramètres à contrôler lors du processus de forage. Cela a permis de prendre immédiatement sur place les mesures nécessaires afin d'ajuster certains paramètres, dont principalement la viscosité Marsh et la surpression au front de taille.



Éléments de tuyau préfabriqué B.A.

Le fonçage a démarré début juillet 2007 et s'est déroulé sans difficultés majeures, mise à part l'usure excessive des pompes et des conduites de refoulement.

Un des points les plus délicats fut le franchissement de l'autoroute du Soleil. Le client et le concessionnaire de l'autoroute ont observé les travaux avec beaucoup d'attention. Grâce à une surveillance 24/24h, on a pu constater l'absence totale de déformation de la voirie.

Le 17 septembre 2007, soit 48 jours ouvrables après le démarrage des travaux, le tunnelier a franchi le puits de sortie après un parcours de 505 m en courbe verticale avec plusieurs rayons de courbure. Les rendements journaliers d'un seul poste atteignaient plus de 20 m.

Afin de respecter rigoureusement le profil théorique du tunnel pour assurer l'étanchéité des joints et faciliter l'enfilage du gazoduc, le tunnelier était équipé d'un système de pilotage qui permet le contrôle continu de la position du tunnelier. Cette dernière est déterminée à l'aide d'un faisceau laser en provenance d'une station totale projetée sur une cible active qui est solidaire du tunnelier. La station totale motorisée (laser théodolite) est installée à une distance prédéterminée après le tunnelier dans un des tuyaux de fonçage. Cette distance est choisie en fonction de la surface active de la cible et le rayon de

courbure de l'axe du tunnel. La station totale est montée sur une plate-forme, qui se nivelle automatiquement et qui incorpore un inclinomètre pour l'enregistrement continu du roulis du tuyau. Un prisme classique est installé dans un tuyau plus loin vers le puits comme point de référence arrière. Le système de pilotage est basé sur le principe « le tuyau suit le trou fait par le tunnelier ». Ceci n'est pas toujours le cas, et pour cette raison un tuyau de référence est choisi entre le tunnelier et le laser comme axe du tunnel « as-built ». Dans ce tuyau deux prismes sont montés, dont la position relative vis-à-vis de l'axe du tunnel est mesurée minutieusement. Par l'observation de ces deux points de référence à chaque cycle de mesure, des déplacements éventuels des tuyaux peuvent être compensés, ce qui augmente la précision du système de pilotage. Après le fonçage de 80 m à 120 m, l'axe « as-built » doit être contrôlé par une campagne de mesures géométriques classiques, en débutant aux points fixes en surface. Ces résultats de mesure sont introduits dans la base de données du système de manière à ce que le système s'adapte aux positions actuelles des tuyaux. En utilisant le système de pilotage, le machiniste du tunnelier dispose à tout moment de la position actuelle du tunnelier, aussi bien sur un plan horizontal que vertical, et peut ainsi corriger le guidage du tunnelier dès la moindre déviation de l'axe théorique.

La précision atteinte était de +/- 40 mm dans toute direction, et ceci tout le long du fonçage.



Vue de la roue d'attaque du tunnelier.

## CONCLUSION

Grâce au savoir-faire de Denys d'une part, et à l'ambition et la persévérance de toutes les personnes présentes sur le chantier d'autre part, ce grand défi a pu être mené à bien.

Ce franchissement ouvre de nouvelles perspectives et incitera à appliquer d'avantage la technique du fonçage. Ces travaux ont démontré que, moyennant un matériel adapté, des procédures élaborées et un personnel qualifié, le fonçage est la meilleure technique pour la réalisation des franchissements de ce type.



Arrivée du tunnelier dans le puits de sortie.