CDG Express
Groupement d'Intérêt Économique

GIE CDG Express
40, rue d'Alsace
75010 PARIS
tél : 01.40.18.83.80
fax : 01.40.18.60.52

ETUDE DE NIVEAU SCHEMA DE PRINCIPE DES INSTALLATIONS D'INFRASTRUCTURE

Secteur Paris Est à Roissy

Ouvrage souterrain entre Noisy et Tremblay

VARIANTE :APPROFONDISSEMENT DU PROFIL EN LONG

NOTE TECHNIQUE

SNCF
DIRECTION DE L'INGENIERIE

IGONT, avril 2002

SOMMAIRE

1 - OBJET DE L'ETUDE 2

2 – OBSERVATIONS SUR LE RAPPORT LREP (AFFAIRE N° 2.2.16951) 2

3 – INCIDENCES DE L'APPROFONDISSEMENT 3

GEOLOGIE RENCONTREE 3
TUNNELIER 3
LOGISTIQUE - PUITS DE LA POUDRETTE 4
DELAIS 5
COUTS 5
AVIS IGONT 5

ANNEXES 7

ANNEXE 1 : FICHE D'ESTIMATION
ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG GEOLOGIQUE
ANNEXE 3 : PUITS DE LA POUDRETTE – COUPE AA - PROFIL INITIAL
ANNEXE 4 : PUITS DE LA POUDRETTE – COUPE AA - PROFIL APPROFONDI
ANNEXE 5 : PUITS DE LA POUDRETTE – INSTALLATION EN FOND DE PUITS
ANNEXE 6 : COUPE ZONE DE BONDY

1 - OBJET DE L'ETUDE

La liaison CDG Express est un projet de desserte ferroviaire dédiée « voyageurs » entre la gare de Paris Est et l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle ; le maître d'ouvrage est le GIE CDG Express.

La présente note s'inscrit dans l'étude de niveau schéma de principe qui a été confiée à la direction de l'Ingénierie de la SNCF.

Elle a pour objet de donner un avis sur le dossier du LREP et de présenter sommairement les conséquences de l'approfondissement du tunnel en terme de réalisation, de logistique, de délais et de coût.

2 – OBSERVATIONS SUR LE RAPPORT LREP (affaire n° 2.2.16951)

D'une manière générale, le rapport du LREP apporte des précisions intéressantes sur le contexte hydrogéologique et les phénomènes de dissolutions des gypses présents dans le secteur, à partir d'une importante étude bibliographique (notamment l'influence des pompages industriels des dernières décennies sur la dissolution des gypses).

Concernant l'hydrogéologie du secteur, une des points de désaccord concerne les niveaux de nappes rencontrés, notamment dans la zone de la Poudrette où la cote reprise par le LREP est supérieure de plus de 10 m à celle mesurée lors de la campagne de GEOTEC.
Il est à rappeler que la réalisation des piézomètres de la campagne GEOTEC a fait l'objet d'un suivi particulier de la part d'un géologue SNCF et qu'il n'a pas été rencontré d'incident notable lors de la pose des piézomètres. Les essais de réception (par pompage d'eau) ont été effectués normalement sans donner lieu à réserve.
Une hypothèse permettant d'expliquer cette différence de niveau pourrait être que la nappe reconnue par le sondage SC3 crépiné sur 6 m en fond de forage, dans le lutétien, ne concerne pas le même aquifère. Comme le rappelle le LREP (chap.4.1), des couches peu perméables déterminent l'existence de sous-aquifères (qui communiquent toutefois par drainance).
Ainsi, la nappe de l'Yprésien en charge, reconnue par le SC3, baigne les terrains situés entre l'Argile Plastique à la base et l'écran médian des Sables de Beauchamp. Le niveau piézométrique de cette nappe peut donc éventuellement être différent de celui de la nappe phréatique, qui circule dans la partie supérieure de Sables de Beauchamp et dans le Calcaire de Saint-Ouen, et qui semble être la nappe fournissant la majorité des valeurs des cotes piézomètriques du rapport.

Il est évident que ce point devra faire l'objet de reconnaissances particulières (campagne hydrogéologique spécifique par exemple) pour définir avec précision la charge hydraulique au droit du projet, et notamment dans la zone de la Poudrette où devra être construit le puits d'attaque. De plus des mesures régulières de piézométrie sur une longue période (au moins 1 an à 2 mesures par mois) comparées aux données pluviométriques du secteur devraient permettre de mieux cerner les différents aquifères, s'ils existent.

A propos du profil en long géologique fourni, la principale remarque concerne le sondage 11857 (correspondant au SC2 de la campagne GEOTEC), situé sur la commune de Bondy,

qui semble mal interprété (a priori erreur de report) et amène à considérer que l'épaisseur de Calcaire Grossier recoupée en sondage appartient à la formation des Marnes et Caillasses sus-jacente.

Une autre remarque plus générale concerne le report des coupes de sondages situés en dehors de l'axe du tracé. Ces dernières ont, semble-t-il, été simplement rabattues et non interpolées, ce qui peut expliquer peut être certains décalages rencontrés au contact Marnes et Caillasses et Calcaire Grossier vers les PK 7+000 et 7+700 du projet.

3 – INCIDENCES DE L'APPROFONDISSEMENT

GEOLOGIE RENCONTREE

L'approfondissement de l'ouvrage envisagé au regard des contraintes de surfaces (tassements, vibrations vis à vis des habitations...), compte tenu de son importance (environ 50 m sur la majorité du linéaire), amène à construire le tunnel en grande partie au contact des sables supérieurs (Sables du Soissonnais) et du Calcaire Grossier.

Il est à noter que la position de ce contact est approximative du fait de l'absence de sondages profonds au droit du tracé. Le seul sondage disponible étant situé à environ 2,5 km au nord du tracé (carte géol. « Paris » 1/25 000 – sondage 4-B-20) ; les sondages de la campagne de reconnaissance GEOTEC arrêtés au contact Marnes et Caillasses – Calcaire Grossier n'atteignent pas ce contact.

Le Calcaire Grossier, rocheux et de relativement de bonnes caractéristiques géotechniques, constitue un environnement favorable pour implanter l'ouvrage. Par contre, l'inconvénient majeur concerne la présence d'eau dans ces formations en particulier dans les sables, puisque la nappe de l'Yprésien qui repose sur les Argiles Plastiques a une importance régionale. Elle est notamment exploitée au niveau des Sables du Soissonnais pour l'alimentation en eau potable de Blanc-Mesnil en particulier).

TUNNELIER

Compte tenu des cotes piézomètriques des nappes rencontrées, l'approfondissement du tunnel de près de 50 m a pour conséquence directe l'augmentation de la charge d'eau sur l'ouvrage. Cette différence de pression nécessite la modification de l'épaisseur des voussoirs. En considérant une charge hydraulique maximale d'environ 70 m , l'épaisseur des voussoirs est de l'ordre de 45 à 50 cm. Cette valeur devra être confirmée par calcul dans une phase ultérieure des études.

Ceci entraîne l'augmentation du diamètre du tunnelier à 10,30 m.

L'importance de la charge d'eau amène d'une part à envisager un système de double joint pour les voussoirs afin de garantir une étanchéité correcte entre les anneaux, mais également à prévoir des modifications techniques sur la tête de la machine (joint de jupe, étanchéité, forage

sous sas...) pour lui permettre de travailler à des pressions d'eau de cette importance (environ 5 à 7 bars).

LOGISTIQUE - PUITS DE LA POUDRETTE

La baisse du profil en long oblige bien évidemment à approfondir le puits d'attaque de la Poudrette de façon très importante. En effet celui-ci passe d'environ 33 m de profondeur avec le profil initial à près de 85 m de profondeur (profil approfondi).

Compte tenu de l'environnement hydrogéologique (présence d'eau), la méthode de soutènement retenu pour l'excavation de ce puits reste, au stade actuel des études, la paroi moulée. Cependant, les profondeurs de parois moulées conventionnelles se situant aux environs de 50 m, il est désormais envisagé de construire le puits circulaire avec télescopage.

Sur les 50 premiers mètres depuis la surface, il peut être envisagé un puits de 36 m de diamètre intérieur dont les parois moulées sont ancrées dans le Calcaire Grossier. A partir du fond de ce puits, un second puits de 30 m de diamètre intérieur, est réalisé en ancrant les parois moulées dans les Fausses Glaises (horizon imperméable). Cette précaution, ainsi que la réalisation d'un bouchon en fond de puits par traitement, a pour but de garantir l'étanchéité du puits vis à vis de la nappe de l'Yprésien dans les Sables du Soissonnais.

Il est utile de rappeler que cette nappe fait l'objet de pompages destinés à l'alimentation en eau potable (Blanc-Mesnil en particulier) et donc que vraisemblablement des précautions seront à prendre pour les travaux effectués dans cette formation (traitement de terrains avec des produits non polluants...).

Il est important de noter que la cote du toit des sables du Soissonnais et des Fausses Glaises reste à définir précisément. En effet, si le niveau des Fausses Glaises se trouve trop éloigné du niveau du radier du puits, la réalisation des parois moulées du puits sera problématique, voire pourra remettre en cause la faisabilité de ce dernier.

Hormis les difficultés de construction du puits liée à la géologie rencontrée, l'importance des nouvelles dimensions (diamètre du puits en surface et surtout profondeur) entraîne des modifications sur les installations et la logistique du chantier :

Outre l'augmentation de la portée du portique, ainsi que les temps d'acheminement entre le fond du puits et la surface, ce sont surtout les remontées des eaux d'exhaure et des boues qui deviennent problématiques à de telles profondeurs.

Cela nécessitera notamment la mise en place de pompes puissantes de grande capacité de relevage avec une reprise au niveau intermédiaire du puits pour limiter entre autres les phénomènes de sédimentations dans les colonnes.

S'il est envisagé un traitement des boues (séparation, décantation,...) en fond de puits avant leur remontée, il est probable que les dimensions du puits seraient à revoir en conséquence. La surface disponible à La Poudrette ne pose pas de problème à cet égard.

DELAIS

Les cadences d'avancement devraient être légèrement inférieures à celles proposées pour le précédent profil en long. La forte pression rencontrée (due à la charge d'eau importante) et la dureté du calcaire grossier en sont les principales raisons. En effet, la durée de réalisation d'un forage au front sous sas par exemple est nettement plus importante que précédemment.

De même, la mise en cadence sera probablement plus laborieuse.

Enfin, les marges pour aléas à prendre en compte sont certainement plus importantes. En effet, compte tenu de la profondeur de l'ouvrage, et plus particulièrement de la charge d'eau à reprendre, les temps d'intervention sont d'une manière générale plus longs.

A titre indicatif, un allongement des délais de creusement au tunnelier de l'ordre de 3 mois serait souhaitable pour tenir compte des contraintes de cycle imposées par la plus forte charge d'eau.

COUTS

l'augmentation de la charge d'eau au droit du projet qui entraîne des modifications importantes de la machine influe naturellement sur le prix du tunnelier.

Pour tenir compte de ces modifications, le prix de chaque machine est estimé à 10 % de plus que pour une machine de sub-surface. En tenant compte de l'augmentation de diamètre de 20 cm, le prix d'une machine est de l'ordre de 190 MF.

L'augmentation du diamètre de l'ouvrage s'accompagne d'une hausse de la plupart des quantités (déblais, voussoirs, béton...).

En ce qui concerne l'organisation de chantier et la logistique, le profil en long ne variant pas dans les zones de têtes, c'est donc principalement le montant du puits de La Poudrette qui subit la hausse la plus significative. Compte tenu des difficultés de réalisation décrites précédemment, le puits est estimé à environ 195 MF.

En tenant compte de ces éléments, le coût du tunnel est porté à **2155 MF** soit une augmentation d'**environ 360 MF** par rapport à celui du profil en long initial.

AVIS IGONT

Sous réserve de confirmation des niveaux des formations géologiques au droit du projet, les principales formations traversées par le tunnel sont les sables du Soissonnais et le Calcaire Grossier.

Les difficultés attendues concernent principalement la charge hydraulique au droit du projet (de 5 à 7 bars environ, valeur exceptionnelle pour ce genre de travaux) et le comportement des sables sous charge d'eau en phase de creusement.

Un tel approfondissement ne nous parait pas favorable à un optimisation du projet en terme de coûts et de planning d'exécution.

De plus il sera toujours nécessaire de traiter les zones de dissolutions au dessus de l'ouvrage.

ANNEXES

Liaison CDG Express
Etude de niveau schéma de principe

IGONT, le 11/04/02

Tunnel DV NOISY - TREMBLAY (long. 10665m)

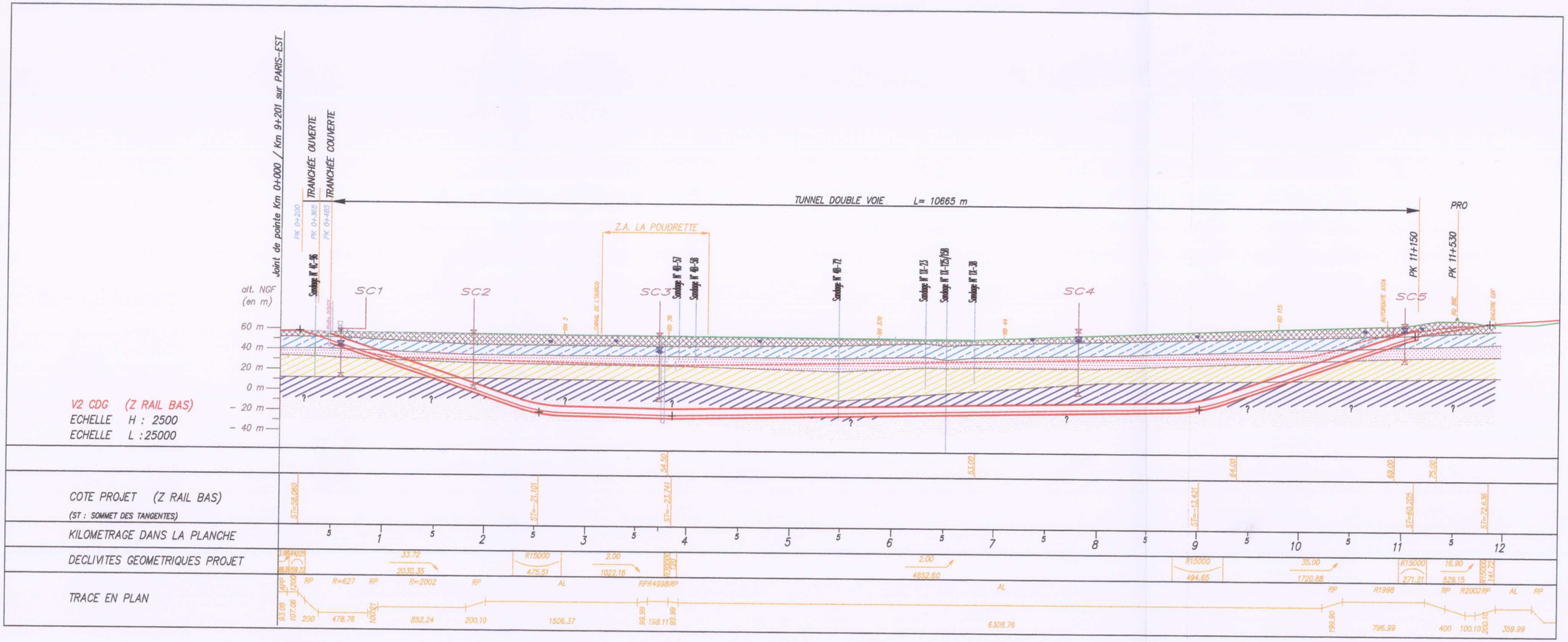
Estimation des coûts de construction du GC tunnel en méthode mécanisée

VARIANTE : APPROFONDISSEMENT DU PROFIL EN LONG

2 tunneliers - 2 attaques à la Poudrette / sortie Noisy + transfert à Tremblay et jonction

		DV 47m2
CARACTERISTIQUES		
Type de trafic		voyageurs
Entraxe des voies		3,62m
Longueur de creusement au tunnelier (tunnel de 10665m)		**10635m**
Rayon d'intrados		4,50m
Tolérance de guidage	incluse dans R.intrados	0,10m
Epaisseur des voussoirs		**0,50m**
Epaisseur de jupe		0,15m
Diamètre du tunnelier		**10,30m**
Section excavée		**83m2**
	Ratios EOLE (c.e.92)	
GENIE CIVIL TUNNEL	*Tunnelier diam. 10,10m*	
Amenée montage du tunnelier	8 500kF/Ft	19 890kF
Démontage Déplacement du tunnelier	12 900kF/Ft	15 093kF
Démontage Repliement du tunnelier	4 000kF/Ft	9 360kF
Déblais en souterrain	360F/m3.exc	373 242kF
Transport déblais (hors tunnel)	50F/m3.exc	51 839kF
Revêtement voussoirs + joints (14,9/ml)	**3 500F/m3.bét**	**648 900kF**
Injection d'extrados (4,8m3/ml)	**1 260F/m3.coul**	**75 255kF**
Remplissage en radier / Béton + Grave ciment (15,5m3/ml)	620F/m3.bét	119 577kF
Traitement de terrain / injections, jet grouting...	4 500F/ml	55 993kF
Postes complém. drainage, auscult., finition...	**5,0%**	68 457kF
Coût du Génie Civil tunnel :		**1 438MF**
Ratio :		**135kF/m**
AMENAGEMENTS CONNEXES		
Aménag. hydraul. / Relevage	10MF/u	10 000kF
Equipement sécurite (colonne incendie, anneaux, éclairage...)	6,6MF/km	70 191kF
Sortie tête Tremblay (renforcement sur 30ml)	100kF/ml	3 000kF
Confortement viaduc A3 (renforcement sur 70ml)	100kF/ml	7 000kF
Confortement RN186 (renforcement sur 30ml)	100kF/ml	3 000kF
Coût des aménagements :		**93MF**
LOGISTIQUE	*Tunnelier diam. 10,10m*	
Installation de chantier	20 + 3% GC	66MF
Puits d'attaque La Poudrette (68500m3)	**2850F/m3.exc**	**195MF**
Puits de sortie tête Noisy : (6500m3)	2600F/m3.exc	17MF
Tunnelier - mise à disposition (2 machines)	173MF/u	346MF
Coût logistique :		**624MF**
Estimation du tunnel DV de 10 665m :		**2 155MF**

NOTA : Les coûts sont donnés
par référence aux travaux EOLE première étape - Lot 35B (c.e.92)
aux conditions économiques de juin 2000 (coef. de réactualisation TP05 : 1,17)
hors taxes, hors frais généraux, hors frais d'étude et de reconnaissances
hors acquisitions foncières et indemnisations des riverains
hors équipements ferroviaires (voies, caténaires, signalisation...).



LIAISON CDG EXPRESS
Etude de niveau Schéma de principe

IG.ONT Direction de l'Ingénierie

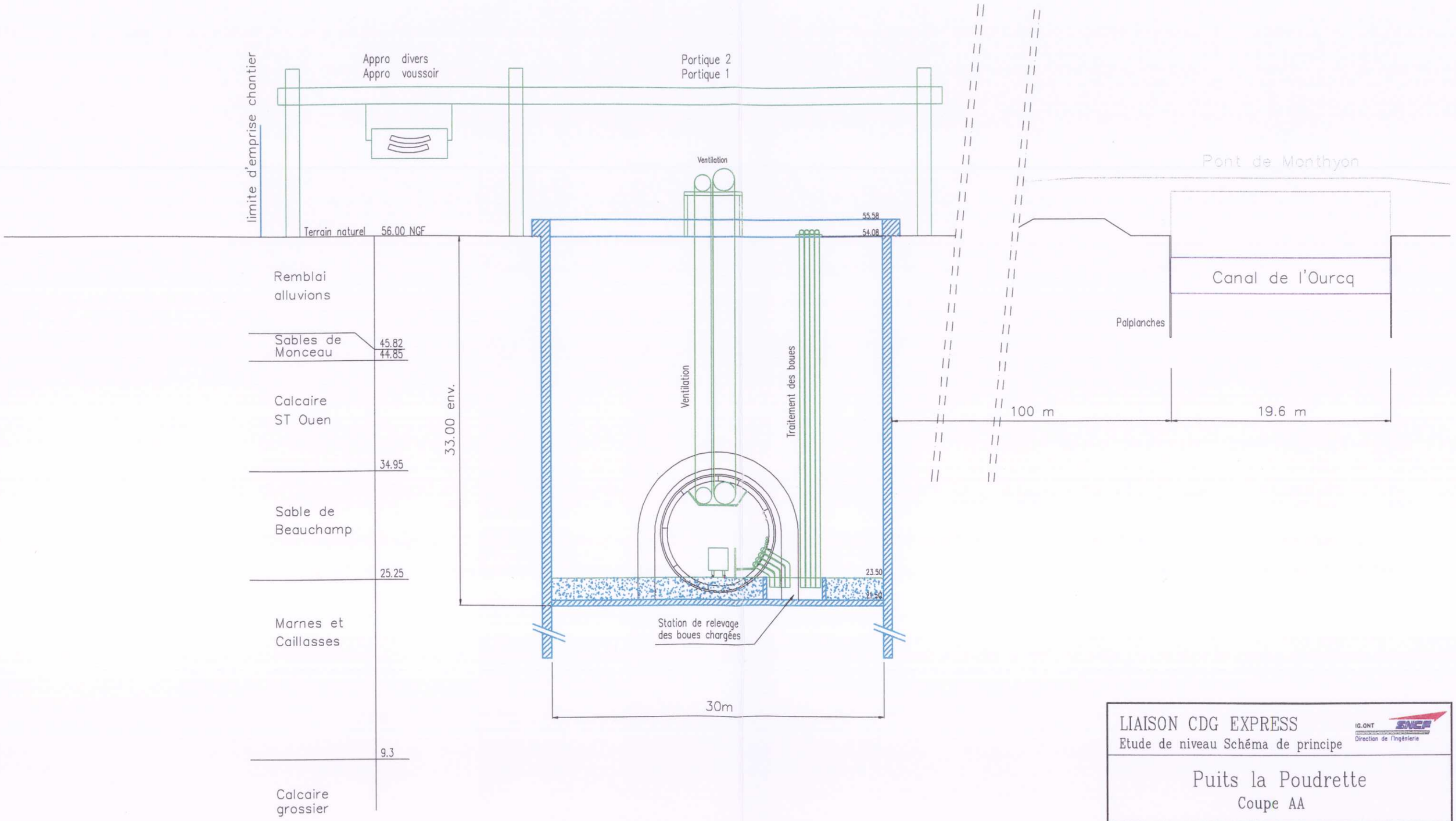
Profil en long géologique

Echelles :	Date :	Dessiné par :	Vérifié par :	Responsable d'affaire
diverses	04/2002	C.PARISET	G. PARADIS	G. PARADIS

N° AFFAIRE :

N° DOCUMENT : APS . IGONT . 240. B

Puits la Poudrette
Elévation



LIAISON CDG EXPRESS
Etude de niveau Schéma de principe

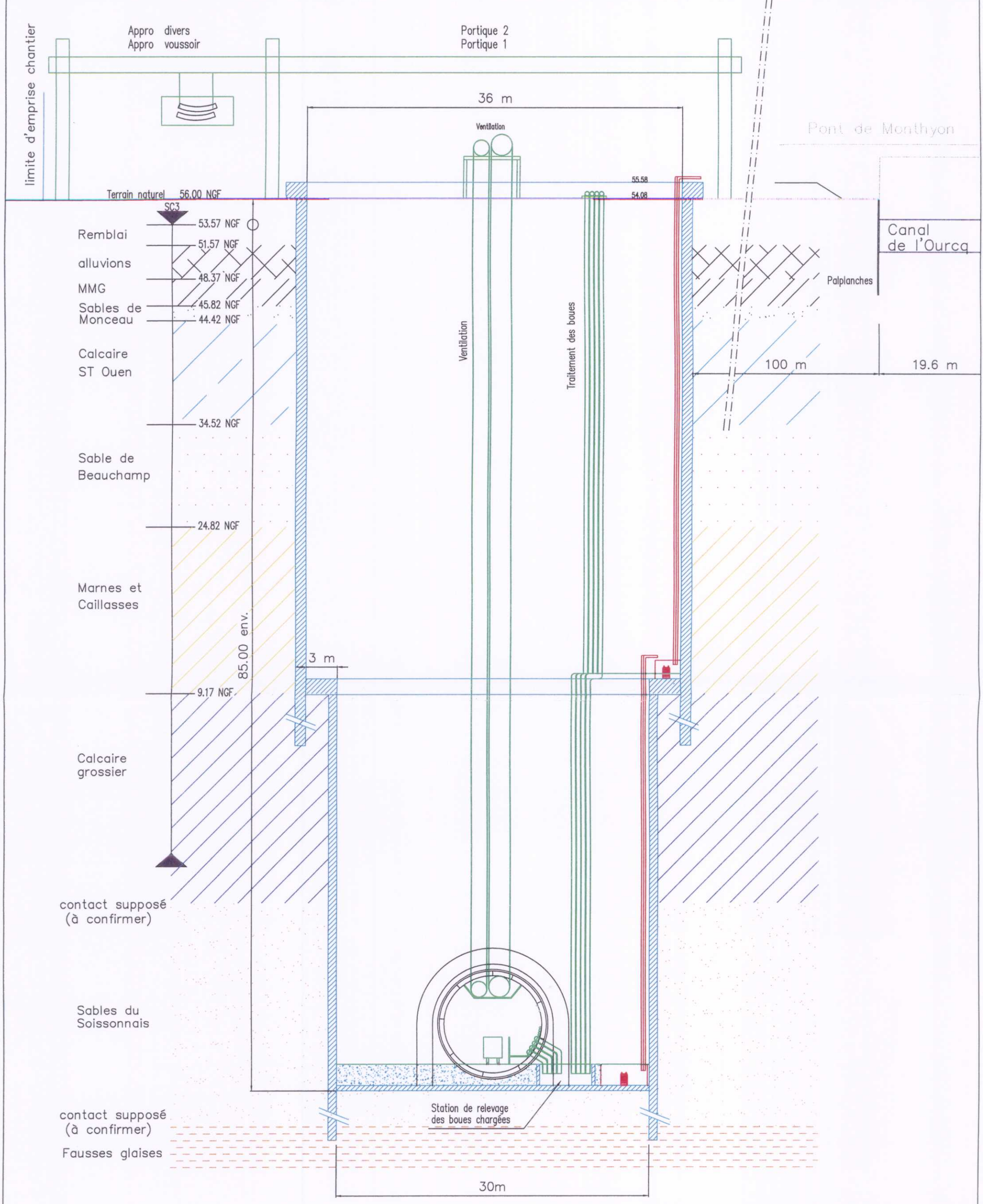
IG.ONT SNCF Direction de l'Ingénierie

Puits la Poudrette
Coupe AA

Echelle :	Date :	Dessiné par :	Vérifié par :	Responsable d'Affaire
1/33	09/2001	C. CHEREAU	G. PARADIS	G. PARADIS

N° AFFAIRE : N12F | N° DOCUMENT : APS . IGONT . 225.B

APS- Puits la poudrette / Coupe sur puits . dwg



LIAISON CDG EXPRESS

Etude de niveau Schéma de principe

IG.ONT SNCF Direction de l'ingénierie

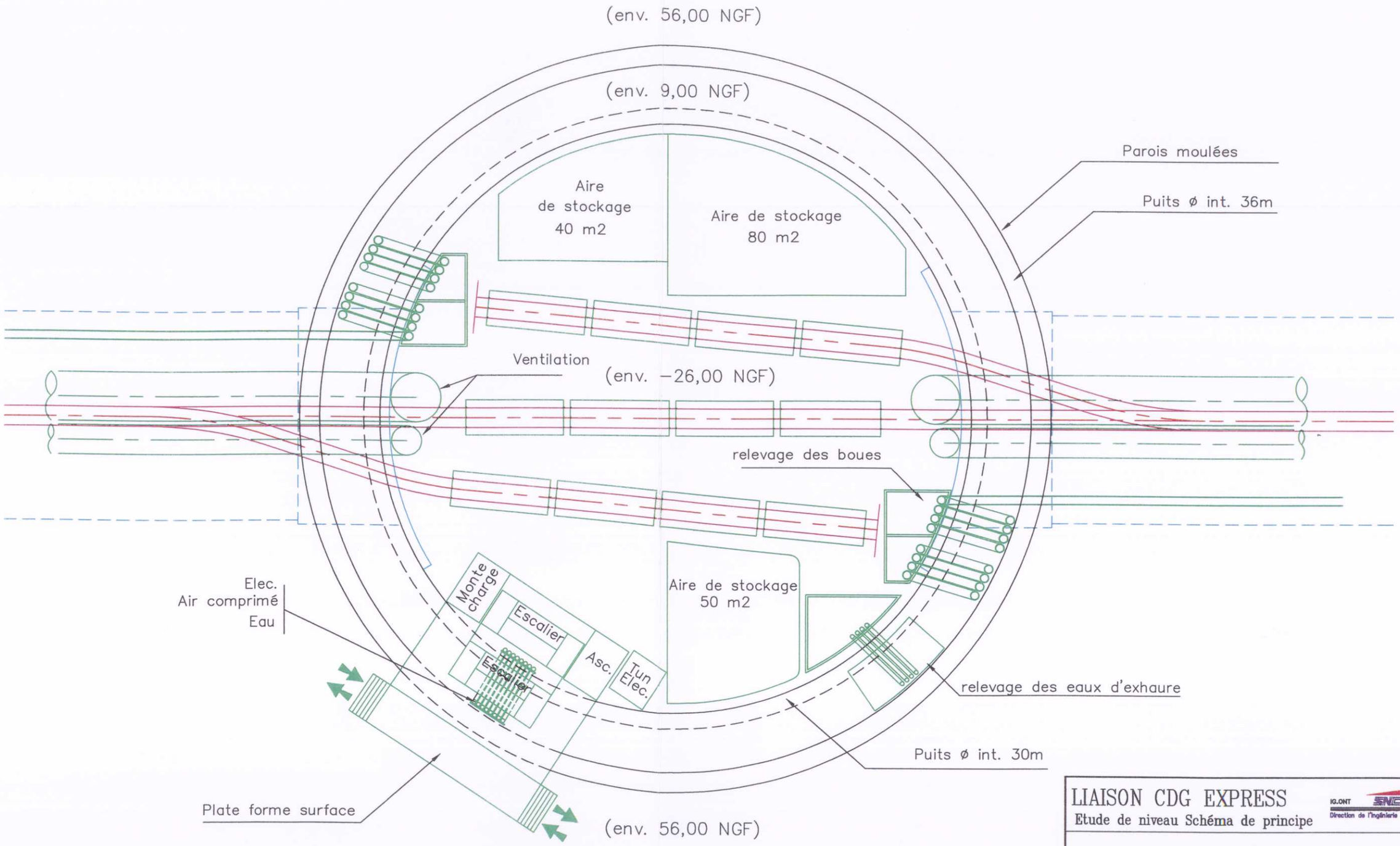
Puits la Poudrette

Coupe AA

Echelle :	Date :	Dessiné par :	Vérifié par :	Responsable d'Affaire
1/33	04/2002	C. PARISET	G. PARADIS	G. PARADIS

N° AFFAIRE :

N° DOCUMENT : APS . IGONT . 225.C



LIAISON CDG EXPRESS

Etude de niveau Schéma de principe

IG.ONT SNCF Direction de l'ingénierie

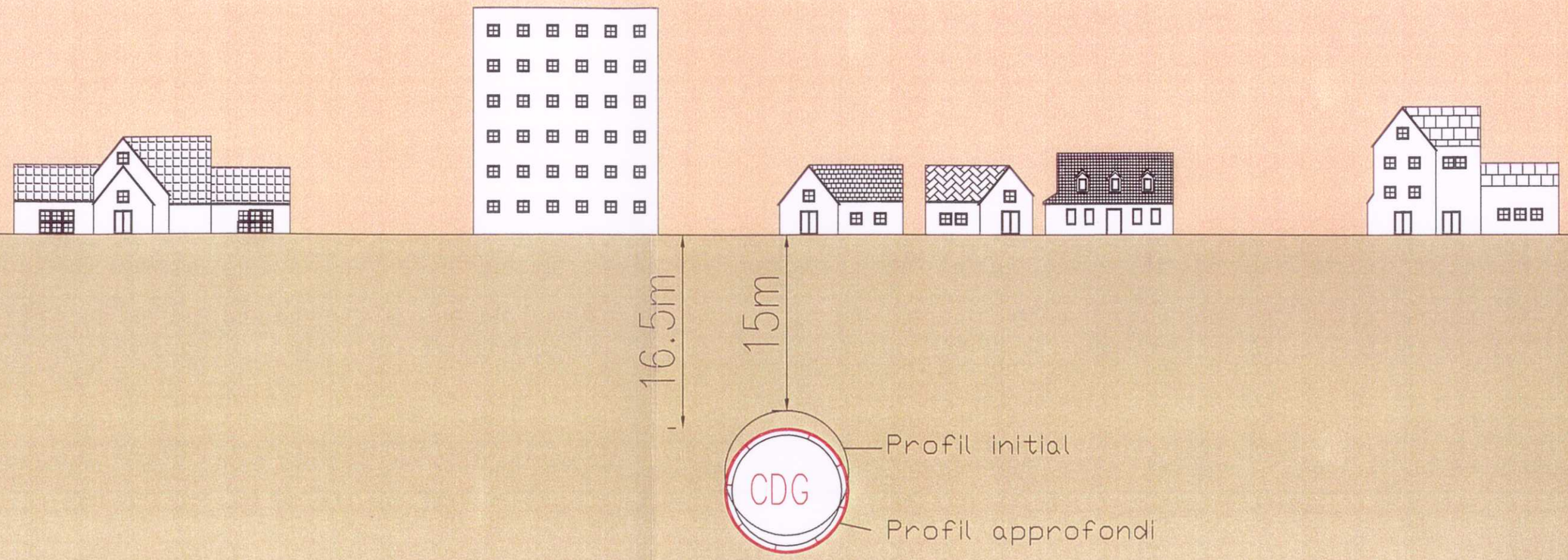
Puits la Poudrette

Installation en fond de puits

Echelle :	Date :	Dessiné par :	Vérifié par :	Responsable d'affaire
1/200	04/2002	C.PARISET	G. PARADIS	G. PARADIS

N° AFFAIRE :

N° DOCUMENT : APS . IGONT . 224.B



LIAISON CDG EXPRESS

Etude de niveau Schéma de principe

IG.ONT SNCF Direction de l'ingénierie

Coupe zone de Bondy

PK 1+000 du débranchement

Echelle :	Date :	Dessiné par :	Vérifié par :	Responsable d'affaire
1/400	04/2002	C.PARISET	G. PARADIS	G. PARADIS

N° AFFAIRE :

N° DOCUMENT : APS . IGONT . 500.0