CDG Express
Groupement d'Intérêt Economique

GIE CDG Express
40 rue d'Alsace
75010 PARIS
tel : 01 40 18 83 80
fax : 01 40 18 60 52

ETUDES PRELIMINAIRES
DES INSTALLATIONS D'INFRASTRUCTURE

Secteur Paris Est à Roissy

SNCF
DIRECTION DE L'INGENIERIE

CDG Express
Groupement d'Intérêt Economique

GIE CDG Express
40 rue d'Alsace
75010 PARIS
tel : 01 40 18 83 80
fax : 01 40 18 60 52

Etudes préliminaires
des installations d'infrastructure

Secteur Paris Est à Roissy

NOTICE DESCRIPTIVE

SNCF
DIRECTION DE L'INGENIERIE

Rev.	Date	Modifications

Auteur : P. Fauvel Vérificateur : J. L. Joly Chef de projet : P. Fauvel

Date : Octobre 2000 Echelle : / N° affaire : / N° document : /

6/10/00

CDG Express

ETUDES PRELIMINAIRES DES INSTALLATIONS D'INFRASTRUCTURE

NOTICE DESCRIPTIVE

SOMMAIRE

Résumé.

Données générales de l'étude

- *Tracé de base et variante « ligne B »*
- *Variante « Tremblay » et variante « gare RER »*
- *Objet et présentation de l'étude*

Temps de parcours, effets aérodynamiques

- *Temps de parcours, vitesses et consommations énergétiques*
- *Temps de parcours et consommations énergétiques pour une vitesse limitée à 160 km/h*
- *Variations de pression ressenties par les passagers*
- *Effets de croisement sur le matériel*
- *Circulations de TGV Duplex, variations de pression et effets de croisement*

Le débranchement de Noisy le Sec

- *Contexte général*
- *Conception du débranchement*
- *Aspect environnement, identification des thèmes à risques*
- *Acquisitions foncières*

Le tronçon en tunnel

- *Contexte général*
- *Logistique générale des chantiers, planning des travaux*
- *Insertion du planning de construction du tunnel la planification générale*

- *Conséquences de l'application de l'ITI (Instruction Technique Interministérielle)relative à la sécurité*

- *Proposition de campagne d'investigation*

- *Aspect environnement, identification des thèmes à risques*

- *Acquisitions foncières*

Le tronçon à l'air libre

- *Tracé de base*

- *Variante « ligne B »*

- *Variante « Tremblay »*

- *Variante « gare RER »*

- *Aspect environnement, identification des thèmes à risques*

- *Acquisitions foncières*

Le tronçon en tranchée couverte dans l'emprise de l'aéroport

- *Solutions aboutissant à la gare TGV CDG 2*

- *Solution aboutissant à la gare RER*

- *Aspect environnement, identification des thèmes à risques*

- *Acquisitions foncières*

Estimation du coût des travaux

Annexes

- *Estimation des coûts*

- *Tracés et profils en long au 1/25000 :base et variante*

- *Tracé au 1/1000 : bifurcation de Noisy le Sec*

- *Coupes transversales types à 47 m^2 et à 61 m^2*

- *Plannings de creusement des tunnels*

Résumé.

Temps de parcours, effets aérodynamiques

Les études aérodynamiques indiquent que l'adoption d'une section de tunnel de 47 m^2 permet de respecter les critères de confort et de sécurité avec des rames de type Z TER circulant à la vitesse maximale permise par les profils en long (200 km/h sens pair du tracé de base, 193 km/h sens pair du tracé variante). Ce type de matériel permet d'obtenir un temps de parcours inférieur à 20 minutes, même en en limitant la vitesse à 160 km/h.

Si du matériel de type TGV Duplex circulant à 190 km/h était envisagé, le critère de confort serait légèrement dépassé sur le tracé de base (ce qui n'est pas gênant du fait de l'étanchéité du matériel). Il ne le serait pas sur le tracé variante où les vitesses d'entrée en tunnel sont plus faibles. Une simulation de croisement de ce matériel avec une rame Z TER non étanche indique que le critère de confort serait respecté. Les effets de souffle dus au croisement des rames TGV Duplex conduisent à recommander un entraxe de 4,00 m alors qu'un entraxe de 3.62 m serait suffisant avec des rames de type Z TER. Une augmentation de quelques m2 de la section du tunnel en serait la conséquence.

Le tracé variante permet une meilleure performance en terme de temps de parcours et à des consommations d'énergie moindres. Le sens impair étant péjoré par une longue rampe à 35 p .m., le profil en long sera à optimiser pour obtenir un meilleur équilibre des performances dans les deux sens.

Le débranchement de Noisy le Sec

Le débranchement de Noisy le Sec est physiquement réalisable sous réserve d'une confirmation de la Direction Régionale de Paris-Est pour ce qui concerne notamment le déplacement de la voie V2L4 et de la communication entre les voies V1B4 et V1L4 . Il est à noter que les opérations de création du débranchement de Noisy restent les mêmes quel que soit le tracé retenu.

Le tronçon en tunnel

- La longueur des ouvrages et les délais d'exécution imposent un creusement mécanisé pleine face,
- Un délai de construction de 39 mois (commande et construction des tunneliers comprises) impose 2 tunneliers pour un tunnel de 7.5 km, de 3 tunneliers pour un tunnel de 10.8 km, sauf à anticiper la commande des machines,
- Les difficultés tiennent surtout au problème de l'évacuation des déblais,
- A cet égard, la section minimale de tunnel en réduit l'ampleur de 30% en matière de volume ; de plus, elle donne plus de garantie vis à vis du respect des délais,
- La conception par bi-tubes voie unique ne s'impose pas,
- La suite de l'étude devra approfondir les possibilités d'évacuation par voie d'eau et par voie ferrée (établissement de projets de transport avec les exploitants concernés et en liaison avec les autorités locales),

- Elle devra approfondir les possibilités d'implantation des installations en liaison avec les autorités locales et les propriétaires concernés,
- La consistance des reconnaissances géotechniques devra être définie en liaison avec les exigences administratives en matière de risques naturels; la gestion de ces derniers est de nature à justifier une provision.

Le tronçon à l'air libre

L'insertion du tracé de base entre Sevran-Livry et Villeparisis risque d'être délicate. La traversée de Villeparisis suivie du passage sous la ligne La Plaine Hirson et l'autoroute A 104 par le tracé de base et la variante « ligne B » se révèlent problématiques dans le cadre d'une solution aérienne.

Le tronçon en tranchée couverte dans l'emprise de l'aéroport

Les servitudes aéroportuaires représentent des difficultés de nature à compromettre la faisabilité de la variante aboutissant à la gare RER B ; cette faisabilité devra être approfondie en liaison avec Aéroports de Paris.

Estimation du coût des travaux

Il est important de noter l'économie générée par l'adoption d'une section minimale du tunnel.

1. Données générales de l'étude

Deux familles de tracés, soit au total 4 solutions ont été étudiées. Leur définition est la suivante.

Nota : les PK et les longueurs indiqués sont ceux donnés en début d'étude à la Direction du Matériel et de la Traction de la SNCF qui a été chargée des études aérodynamiques ; elles résultent des premiers tracés qui ne sont pas exactement ceux figurant sur les plans fournis en annexe ; en effet, des modifications sont intervenues par la suite, notamment pour se rapprocher de sites nécessaires à la construction du tunnel. Ces variations qui expliquent certaines « hétérogénéité » du dossier sont sans influence sur les résultats généraux de l'étude.

- *Tracé de base et variante « ligne B »*

Le tracé de base (longueur 30 km, tunnel de 7.5 km) :

- Emprunte la plate-forme existante entre Paris-Est et Noisy le Sec,
- Se débranche sur ligne nouvelle en tunnel au PK 9+140 (pour le cas du débranchement de Noisy Est),
- Comporte un tunnel de 7.472 km,
- Emprunte une nouvelle plate-forme le long de celle existante de la ligne La Plaine-Hirson sur 5.678 km,
- Par un raccordement à 120 km/h de 1.789 km s'insère sur la LGV Jonction à Villeparisis,
- Emprunte la LGV Jonction sur 5.060 km,
- Dessert la gare de Roissy CDG 2 dont l'axe est à 29.913 km de la gare de Paris-Est.

Ce tracé présente une **variante dite « ligne B »** consistant après un raccordement dénivelé à emprunter les voies rapides de la ligne La Plaine-Hirson.

- *Variante « Tremblay » et variante « gare RER »*

La variante dite « Tremblay » (longueur 25 km, tunnel de 10.8 km) :

- Emprunte la plate-forme existante entre Paris-Est et Noisy le Sec,
- Se débranche sur ligne nouvelle en tunnel au PK 9+140 (pour le cas du débranchement de Noisy Est),
- Comporte un tunnel de 10.799 km,
- Par une ligne nouvelle aérienne et un raccordement à 120 km/h dont la longueur cumulée est de 3.219 km s'insère sur la LGV Jonction à l'entrée immédiate de la gare de Roissy CDG 2 dont l'axe est à 24.924km de la gare de Paris-Est.

Ce tracé présente une **variante dite « gare RER »** consistant, au lieu de desservir la gare de Roissy CDG 2, à desservir la gare RER. Sa description est donnée de façon plus détaillée dans le paragraphe traitant de la gare « Aéroport Charles de Gaulle 2 ».

- *Objet et présentation de l'étude*

La présente étude a pour objet l'approfondissement des études techniques antérieures, la recherche d'optimisations et la fourniture d'éléments de comparaison nécessaires au choix des

solutions. Elle a été conduite en considérant pour chacune des solutions le découpage géographique suivant, chacun des tronçons faisant l'objet d'un paragraphe :

- Le débranchement de Noisy, commun à toutes les solutions,
- Le tronçon à créer en tunnel,
- Le tronçon à l'air libre,
- Le tronçon en tranchée couverte dans l'emprise de l'aéroport.

Outre l'aspect technique, chacun des paragraphes traite de l'environnement et des acquisitions foncières.
En revanche, la présentation de l'estimation des coûts fait l'objet d'un paragraphe particulier.

Par ailleurs, la construction du tunnel étant le poste le plus lourd, une étude aérodynamique a été conduite pour chercher à obtenir la meilleure optimisation de la section facteur très influent sur le coût de construction. Cette étude fait l'objet de la première présentation.

2. Temps de parcours, effets aérodynamiques

Le cahier des charges demande un temps de parcours inférieur à 20 mn entre Paris-Est et Roissy. L'existence d'un long tunnel et les vitesses élevées envisagées ont conduit à faire une étude de temps de parcours prenant en compte les effets aérodynamiques et les données de profil en long.
L'étude a été confiée à la Direction du Matériel et de la Traction de la SNCF sur la base de :

- deux tracés :
  - Tracé long de 29.9 km par Villeparisis avec un tunnel de 7.5 km (tracé de base),
  - Tracé court de 24.9 km par Tremblay avec un tunnel de 10.8 km (tracé variante),
- deux sections de tunnel (47 m^2 et 61 m^2 utiles) appliquées à chacun des tracés
- l'emploi de rames Z TER en unités multiples de 3 caisses.

❑ *Temps de parcours, vitesses et consommations énergétiques*

Une première partie de l'étude donne les temps de parcours, les vitesses en tous points et les consommations énergétiques (traction, freinage, climatisation et éclairage) dont les résultats se résument comme suit :

TRACE DE BASE				TRACE VARIANTE			
Section de 47 m^2		Section de 61 m^2		Section de 47 m^2		Section de 61 m^2	
Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair
15.79 mn	14.03 mn	15.77 mn	14.03 mn	13.72 mn	12.08 mn	13.70 mn	12.06 mn

Temps de parcours(1)

(1) S'agissant de marches tendues, il convient d'y ajouter une détente de 1 mn à 1 mn 30.

TRACE DE BASE				TRACE VARIANTE			
Section de 47 m^2		Section de 61 m^2		Section de 47 m^2		Section de 61 m^2	
Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair
171.8 km/h	200 km/h	177.5 km/h	200 km/h	178.3 km/h	191.3 km/h	179.9 km/h	193.1 km/h

Vitesses maximales

TRACE DE BASE				TRACE VARIANTE			
Section de 47 m^2		Section de 61 m^2		Section de 47 m^2		Section de 61 m^2	
Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair
320 kWh	277 kWh	318 kWh	276 kWh	251 kWh	214 kWh	249 kWh	212 kWh

Consommations d'énergie

On notera la faible influence de la section du tunnel. On constatera en revanche la dissymétrie entre les sens pair et impair due essentiellement à la rampe de 35 p.m. sur 1.5 km dans le sens impair, justifiée au départ par l'intention de caler le profil au plus vite dans le niveau des Marnes et Caillasses. Cette contrainte n'est pas aussi stricte (voir le § relatif à la construction du tunnel) qu'elle interdise une adaptation du profil permettant des performances équivalentes à celles du sens pair. Une prochaine étape d'étude devra permettre d'optimiser le profil en long.

- *Temps de parcours et consommations énergétiques pour une vitesse limitée à 160 km/h*

Comme suite à la première présentation des résultats faite le 12 septembre 2000, à la demande du client, une étude complémentaire a été faite en plafonnant la vitesse à 160 km/h. Les résultats en sont les suivants :

Tracé	TRACE DE BASE		TRACE VARIANTE	
Section	Section de 47 m^2		Section de 47 m^2	
Sens	Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair
Vitesse	160 km/h	160 km/h	160 km/h	160 km/h
Temps de parcours	16.09 mn	14.54 mn	13.96 mn	12.49 mn
Consommation	295 kWh	251 kWh	236kWh	184 kWh

Vitesses maximales, Temps de parcours(1), Consommations d'énergie

(1) S'agissant de marches tendues, il convient d'y ajouter une détente de 1 mn à 1 mn 30.

En termes de variation par rapport à la vitesse maximale permise par le matériel, les résultats sont les suivants :

Tracé	TRACE DE BASE		TRACE VARIANTE	
Section	Section de 47 m^2		Section de 47 m^2	
Sens	Sens impair	Sens pair	Sens impair	Sens pair
Vitesse	160 km/h	160 km/h	160 km/h	160 km/h
Variation du temps de parcours	+ 18 sec.	+ 31 sec.	+ 15 sec.	+ 25 sec.
Variation de la consommation	-8 % (- 8.9 % en énergie traction)	-9.5 % (- 11.1 % en énergie traction)	-5.9 % (- 6.6 % en énergie traction)	-14.1 % (- 16.3 % en énergie traction)

Variation des temps de parcours et des consommations d'énergie

- *Variations de pression ressenties par les passagers*

Une deuxième partie de l'étude donne les variations de pression ressenties par les passagers. Elles sont comparées aux critères limites retenus pour le confort et la sécurité des voyageurs.

L'onde de compression à l'origine des désagréments subis en tunnel est due à la conjugaison de 3 effets lors de l'entrée du train en tunnel :

- Effet piston généré par la partie frontale (d'où l'intérêt d'avoir une conception de nez atténuant cet effet), fonction de la vitesse au carré,
- Effet de frottement, fonction de la vitesse et de la longueur du train,
- Dépression due à l'entrée de la queue du train dans le tunnel.

L'onde ainsi créée se propage à la vitesse de 340 m/s et se réfléchit en s'atténuant à l'extrémité du tunnel allant ensuite à la rencontre du train qui se déplace plus lentement. Il y a ainsi un mouvement de va et vient d'ondes de compression et de dépression dont la superposition et les effets sur le train qui y circule sont fonction de la longueur du tunnel. Le programme de calcul utilisé (« Transtun ») ne pouvant intégrer pour une rame donnée qu'une seule vitesse, plusieurs simulations ont été faites avec plusieurs vitesses : 130 et 190 km/h en tracé de base, 130 km/h en tracé variante (vitesses d'entrée en tunnel + 10 km/h) qui correspond mieux aux caractéristiques de l'onde créée, 170 km/h et 200 km/h (vitesses maximales pour chacun des sens) qui correspondent mieux aux effets conjugués de la propagation des ondes et de la circulation des trains.

Les résultats se résument comme suit pour des circulations en unités simples :

TRACE DE BASE				TRACE VARIANTE			
Section de 47 m²		Section de 61 m²		Section de 47 m²		Section de 61 m²	
Sens impair 130 km/h	Sens pair 190 km/h	Sens impair 130 km/h	Sens pair 190 km/h	Sens impair 130 km/h	Sens pair 130 km/h	Sens impair 130 km/h	Sens pair 130 km/h
2640 Pa (1)		1730 Pa		1412 Pa		1035 Pa	

Variation de pression maximale lors d'un croisement de 2 automotrices Z TER en US aux vitesses d'entrée en tunnel (écart d'entrée en tunnel des 2 rames le plus défavorable)

(1) la variation de pression serait de 2200 Pa pour une entrée en tunnel simultanée des deux rames.

TRACE DE BASE				TRACE VARIANTE			
Section de 47 m²		Section de 61 m²		Section de 47 m²		Section de 61 m²	
Sens impair 172 km/h	Sens pair 200 km/h	Sens impair 178 km/h	Sens pair 200 km/h	Sens impair 179 km/h	Sens pair 192 km/h	Sens impair 180 km/h	Sens pair 194 km/h
2500 Pa		2077 Pa		1995 Pa		1570 Pa	

Variation de pression maximale lors d'un croisement de 2 automotrices Z TER en US aux vitesses maximales (entrée simultanée des deux rames en tunnel)

Des simulations ont été également faites pour des rames en unités multiples circulant dans une section de 47 m².
Les variations de pression sont plus élevées :

- à section égale, le plus souvent dans le tunnel le plus court, mais cela n'est pas toujours vérifié,
- pour des rames en unités multiples.

A l'exception des cas de croisement de deux rames en unité multiple de 3 éléments à 130 km/h et 190 km/h où le critère de confort est légèrement dépassé, dans tous les autres cas de

figure, le critère de sécurité (10 000 Pa de crête à crête) et le critère de confort (3000 Pa de crête à crête) retenus sont respectés avec des marges conséquentes pour chacune des deux sections. Pour le tunnel de 10.8 km, les variations de pressions seraient plus faibles (vitesse inférieure à 130 km/h en entrée de tunnel) et inférieures au critère de confort.

Il faut noter que si les mesures de sécurité demandées par les pouvoirs publics imposaient l'existence d'un ouvrage à l'air libre en milieu de tunnel, les résultats ci-dessus en seraient modifiés (a priori dans un sens défavorable, mais cela resterait à vérifier).

- *Effets de croisement sur le matériel*

Une troisième partie de l'étude concerne les effets de croisement de trains qui agissent essentiellement sur les organes latéraux des trains (portes) et sur la conception des pistes et niches destinées à la sécurité du personnel chargé de la maintenance amené à se déplacer dans le tunnel.

Ces effets sont dus à la rencontre des masses d'air déplacées par la circulation des trains qui génèrent des variations de pression très brusques, d'abord au passage de la tête des rames, puis au passage de la queue. Les facteurs les plus influents sont la vitesse des trains, la géométrie des formes de train (d'où la nécessité d'une modélisation 3D) et la distance séparant les deux trains.
Quatre simulations de croisement ont été faites avec le logiciel « Start ». Les résultats sont les suivants :

	Pmax (Pa)	Pmin (Pa)	Dp/dt max (Pa/s)
Cas 1 : vitesse 130km/h -130km/h Entraxe 3.62m	137	-625	12078
Cas 2 : vitesse 130km/h-130km/h Entraxe 4m	94	-499	9001
Cas 3 : vitesse 180km/h-200km/h Entraxe 3.62m	246	-1250	47313
Cas 4 : vitesse 180km/h-200km/h Entraxe 4m	190	-1087	28528

Pour ces résultats, le critère demandé au matériel roulant (classe 2 sur ligne classique à 200 km/h), intégrant les variations de pression en tunnel, est de résister à une onde de pression variant de –1250Pa à +1250Pa avec un gradient de 50 000 Pa/s ce qui est dans tous les cas suffisant, en notant cependant que dans le cas n° 3, la pression minimale admissible est atteinte.

La conclusion de ces études est qu'une section d'air en tunnel de 47 m^2 est suffisante pour répondre aux termes du cahier des charges avec du matériel de type Z TER circulant à la vitesse maximum. A fortiori elle l'est pour des vitesses limitées à 160 km/h qui par ailleurs permettent des temps de parcours inférieurs à 20 mn. Le profil en long sera à optimiser pour obtenir un meilleur équilibre des performances dans les deux sens.

- *Circulations de TGV Duplex, variations de pression et effets de croisement*

Comme suite à la première présentation des résultats faite le 12 septembre 2000, à la demande du client, une étude complémentaire a été faite en modélisant le passage de TGV Duplex pour examiner les conséquences sur les variations de pression et les effets de souffle. La simulation a été faite pour le cas du tunnel le plus péjorant (7.5 km et 47 m^2). Les résultats sont les suivants :

- **Variation de pression**

Tracé	TRACE DE BASE		TRACE DE BASE		TRACE DE BASE	
Section	Section de 47 m^2		Section de 47 m^2		Section de 47 m^2	
Sens	Sens impair 130 km/h	Sens pair 130 km/h	Sens impair 130 km/h	Sens pair 190 km/h	Sens impair 130 km/h	Sens pair 190 km/h
Δt (en sec.)	0		0		+ 20	
Δp max	1610 Pa		3160 Pa		3100 Pa	

Variation de pression maximale dans le tunnel de 7.5 km et de section 47 m^2 lors d'un croisement de 2 TGV Duplex (Δt = décalage d'entrée en tunnel des deux rames)

Les valeurs sont légèrement supérieures au critère de confort retenu de 3000 Pa pour les croisements 130 km/h – 190 km/h. Cela n'est pas gênant dans la mesure où l'infrastructure serait équipée de balises actionnant le système d'étanchéité dont est pourvu le matériel Duplex. Pour le tunnel de 10.8 km, les vitesses d'entrée en tunnel étant plus faibles, il est probable que les variations de pression resteraient inférieures au critère de confort.

Du fait que le matériel Z TER n'est pas étanche, son croisement avec un TGV Duplex a été examiné (tunnel le plus péjorant, 7.5 km et 47 m^2). Les résultats sont les suivants :

	ZTER 130km/h – TGV DUPLEX 190km/h		**ZTER 190km/h – TGV DUPLEX 130km/h**	
	ZTER	TGV DUPLEX	ZTER	TGV DUPLEX
Δt = 0s	2840 Pa	2060 Pa	2000 Pa	2650 Pa
Δt = 20s	2660 Pa	2000 Pa	1870 Pa	1970 Pa

Variation de pression maximale dans le tunnel de 7.5 km et de section 47 m^2 lors du croisement d'un Z TER et d'un TGV Duplex (Δt = décalage d'entrée en tunnel des deux rames)

Les variations de pression obtenues respectent le critère de confort.
Pour un tunnel de 10.8 km, les variations de pressions étant moins importantes, le critère de confort serait également respecté.

- **Effet de souffle**

	Pmax (Pa)	**Pmin (Pa)**	**Dp/dt max (Pa/s)**
Cas 1 : vitesse 200km/h -200km/h Entraxe 3.62m	554	-1404	97904
Cas 2 : vitesse 200km/h-200km/h Entraxe 4m	-94	-1243	57405

Pour ces résultats, le critère demandé au matériel roulant (classe 1 circulant à 300 km/h), intégrant les variations de pression en tunnel, est de résister à une onde de pression variant de –1250Pa à +1250Pa avec un gradient de 120 000 Pa/s .
Le critère n'est pas respecté pour un entraxe de 3.62 m.

3. Le débranchement de Noisy le Sec

- *Contexte général*

La faisabilité physique de la liaison CDG Express est suspendue à celle du débranchement de Noisy le Sec. Il s'agit d'un des ouvrages les plus délicats à réaliser compte tenu du contexte très complexe que représente le nœud ferroviaire dans lequel il s'insère (bifurcation des lignes Paris-Strasbourg et Paris-Mulhouse, croisement avec la Grande Ceinture, raccordement du triage de Noisy sur la grande Ceinture et les voies Paris-Strasbourg, raccordement de la Grande Ceinture sur les voies Paris-Mulhouse). Le trafic y est intense, l'environnement urbain assez peu dense au droit même des ouvrages, mais marqué par la traversée de l'autoroute A3 en viaduc.

Les études d'exploitation fournies par la Direction Régionale de Paris-Est ont indiqué que la seule possibilité d'insérer le trafic de CDG Express était de se raccorder sur les voies grande ligne de l'axe Paris-Mulhouse (voies dites V1L4 et V2L4). Deux emplacements géographiques étaient envisageables pour ce raccordement :

- L'un, déjà étudié dans l'étude de faisabilité de 1998 (mais pour un raccordement sur des voies différentes), en amont de la gare de Noisy le Sec qui conduit à de trop fortes répercussions sur l'exploitation dues à une position centrale des voies V1L4 et V2L4 au sein du faisceau de voies,
- L'autre, en aval de la gare de Noisy le Sec en direction de Rosny sous Bois, préférable à la précédente solution et recommandé par la Direction Régionale de Paris-Est.

- *Conception du débranchement*

La réalisation de cet embranchement conduit (voir plan au 1/1000) aux phases de travaux suivantes :

- Accès de chantier depuis une rue perpendiculaire à l'avenue de Rosny, débouchant, après franchissement des voies, entre la voie paire banlieue Paris-Mulhouse et les autre voies de cet axe,
- Prolongement sur 120 m environ du saut de mouton au dessus des voies paires Paris-Strasbourg pour le passage de la voie paire grande ligne Paris-Mulhouse (V2L4) dans sa nouvelle implantation,
- Travaux de terrassement pour assurer la continuité de la plate-forme de chantier,
- Mur de soutènement de la future voie V2L4 sur 170 m environ
- Terrassement de la plate-forme de la future voie V2L4,
- Dépose de la voie actuelle V2L4 sur 1000 m environ et pose sur son nouveau tracé,
- Création de la trémie de sortie des voies souterraines de CDG Express sur 170 m environ, vraisemblablement en 2 phases (avant et après l'opération précédente),
- Confortement éventuel de la culée du pont route franchissant les voies paires Paris-Strasbourg,
- Tranchée couverte de 100 m de long environ pour l'entrée en tunnel des voies CDG Express sous les voies impaires Paris-Mulhouse ; cette opération nécessitera vraisemblablement la pose de tabliers auxiliaires sur les voies

impaires Paris-Mulhouse, à moins qu'une interruption de trafic, alternativement sur l'une des deux voies concernées soit envisageable,

- Dans le prolongement de l'ouvrage précédent, creusement d'un puits de section 30 m x 10 m pour la sortie du tunnelier à la fin de son périple ; cet ouvrage sera fermé par une dalle en phase définitive,
- Sur 50 m environ, à partir du puits précédent, réalisation d'une voûte parapluie et amorce du tunnel en creusement traditionnel sous l'avenue de Rosny,
- Travaux de signalisation de chantier en fonction des phases décrites ci-dessus,
- Travaux de pose de voie, de signalisation, de télécommunication et d'installations pour l'alimentation traction sur les nouvelles infrastructures,
- Travaux de raccordement sur les infrastructures existantes (1),
- Travaux de voirie sur l'avenue de Rosny et aux alentours.

(1) NOTA : la conception actuellement dessinée conduit à déplacer de 1000 m environ vers Rosny une communication entre les voies V1B4 et V1L4 pour pouvoir insérer un raccordement circulaire de 3000 m compatible avec la vitesse de 120 km/h.

❑ *Aspect environnement, identification des thèmes à risques*

Il ne s'agit ici que d'une première approche consistant à recenser les principales contraintes ; les réponses présentées devront être confirmées par une étude d'environnement à conduire ultérieurement.

- *Populations, impact des nuisances sonores*

Le site concerné n'est pas favorisé du point de vue environnement : nœud ferroviaire important, trafic lourd sur la Grande Ceinture, autoroute A 3, trafic intense sur l'avenue de Rosny (N 186). En revanche, à l'exception de deux pavillons dont l'expropriation sera sans doute à envisager, les habitations sont éloignées du site.
Durant le chantier, la desserte du chantier pourra entraîner une augmentation de trafic sur l'avenue de Rosny en période creuse. On cherchera à limiter les impacts sur l'avenue de Rosny, notamment en privilégiant sa traversée en souterrain.

- *Géologie et contraintes géotechniques, tassements de surface*

Le franchissement de l'avenue de Rosny en souterrain nécessitera, compte tenu de la faible hauteur de couverture à des précautions vis à vis des tassements, d'où la technique de la voûte parapluie préconisée.

- *Patrimoine naturel et culturel, agriculture*

Sans objet.

- *Acquisitions foncières*

L'ensemble de ces opérations nécessite l'acquisition d'environ 1000 m^2 de tréfonds et a priori de un ou deux pavillons sur l'avenue de Rosny ; les installations de chantier demanderont l'occupation temporaire de terrains de part et d'autre de l'avenue de Rosny (notamment de terrains DDE sous le viaduc de l'autoroute A3).

La conclusion est que le débranchement de Noisy le Sec est physiquement réalisable sous réserve d'une confirmation de la Direction Régionale de Paris-Est pour ce qui concerne notamment le déplacement de la voie V2L4 et de la communication entre les voies V1B4 et V1L4 . Il est à noter que les opérations de création du débranchement de Noisy restent les mêmes quel que soit le tracé retenu.

4. Le tronçon en tunnel

- *Contexte général*

Dans l'attente des conclusions des études aérodynamiques, deux sections de tunnel bi-voies* ont été considérées :

- Une section minimale de 47 m^2 utiles (80 m^2 excavés environ) permettant le dégagement du gabarit 3.3,
- Une section de 61 m^2 utiles (110 m^2 excavés environ), valeur classiquement retenue pour des tunnels sur ligne à pleine vitesse.

*compte tenu des sections, une conception plus onéreuse par bi-tubes voie unique ne s'impose pas.

Le profil en long initial (étude de faisabilité de 1998) avait été calé au maximum dans les Marnes et Caillasses, plutôt que dans les Sables de Beauchamp sus-jacents , parce que jugées les plus favorables (plus grande rigidité) pour des méthodes de creusement traditionnelles. Mais compte tenu de la longueur à creuser et des délais à respecter pour une mise en service en 2006, une technique mécanisée de creusement pleine section s'impose. Le comportement géotechnique des terrains intéressés par le projet est bien connu (projets Météor et Eole notamment) et permet l'emploi d'un bouclier pleine face. Pour la section minimale de 47 m^2 utiles, la machine aura un diamètre de l'ordre de 10 m ; pour la section de 61 m^2 utiles elle aura un diamètre de l'ordre de 12 m.
Les terrains étant noyés dans la nappe, le confinement du front de taille (par pression de boue ou par pression de terre) sera nécessaire.
Il est vraisemblable que des risques de dissolution des gypses antéludien existent au sein des Marnes et Caillasses et qu'il soit nécessaire de reconnaître les terrains en profondeur jusqu'au toit du Calcaire Grossier sous-jacent (il conviendra de vérifier si ce type de contrainte est imposé par décret officiel concernant les risques naturels dans les secteurs concernés).

- *Logistique générale des chantiers, planning des travaux*

Après visite des sites sur place, plusieurs scénarios d'organisation des chantiers ont été envisagés.
Il a été exclu d'envisager une installation principale côté Noisy le Sec compte tenu du contexte et des travaux complexes à y organiser par ailleurs (voir la paragraphe traitant du

débranchement de Noisy). Seule y sera prévue la sortie du tunnelier par un puits intégré dans les travaux de la tranchée couverte à proximité de l'avenue de Rosny.
Les installations principales seront donc implantées en partie centrale, le long du canal de l'Ourcq dans la zone d'activité de la Poudrette aux Pavillons sous Bois. Selon les scénarios, des installations importantes seront aussi à prévoir aux extrémités côté Roissy du projet (à proximité de la gare de Sevran-Livry où il existe des espaces conséquents en prolongement du parking pour le tunnel « court », au delà de l'autoroute A 104 sur des terrains agricoles, et le cas échéant dans l'emprise des anciennes usines Kodak à Sevran pour le tunnel « long ». Par rapport aux tracés initiaux, des inflexions ont été introduites pour se rapprocher de ces points stratégiques.

Une installation dite « importante » doit permettre la desserte d'un ou de deux tunneliers (aire de montage de la machine, usine de retraitement des boues dans le cas d'un confinement à pression de boue, aire de stockage des déblais, usine de préfabrication des voussoirs si elle est prévue sur place, aire d'entreposage des voussoirs, ateliers, cantonnements et aires de desserte habituels) ce qui représente une emprise d'au moins 5 000 m^2 sans l'usine de préfabrication des voussoirs, de 10 000 m^2 avec l'usine.

Etre capable d'évacuer de grands volumes de déblais en un temps record doit être la principale caractéristique de ces installations. Pour établir les capacités nécessaires, 5 simulations de planning ont été faites sur la base de :

- 5 jours de production sur 7 par semaine,
- 2 postes de creusement sur 3 par jour.

Les cadences de progression des tunneliers ont été considérées comme identiques pour les deux sections de tunnel ce qui conduit aux mêmes délais globaux de réalisation, mais il doit être entendu que les aléas sont plus importants pour le tunnelier de diamètre 12 m que pour celui de diamètre 10 m. Le degré de fiabilité du planning en grande section est donc moindre.

Tracés	**TUNNEL COURT**		**TUNNEL LONG**		
Scénarios	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Nombre de tunneliers	**2**	**1**	**2**	**3**	**3**
Sortie des tunneliers	Noisy le Sec et Sevran-Livry	Noisy le Sec	Noisy le Sec et Tremblay	Noisy, ancienne usine Kodak et Tremblay	Noisy ; 2 jupes perdues, autres pièces par Poudrette ou Tremblay
Installation centrale importante	La Poudrette, 2 attaques opposées simultanées	Gare de Sevran-Livry	La Poudrette, 2 attaques opposées simultanées	La Poudrette, 2 attaques opposées simultanées	La Poudrette, 2 attaques opposées simultanées
Installations importantes complémentaires				Ancienne usine Kodak à Sevran	Tremblay
Délai global	**39 mois**	**48 mois**	**49 mois**	**39 mois**	**39 mois**
Observations	- Attaques équilibrées - Amortissement des tunneliers médiocre (3.5 km / machine)	- Rattrapage difficile en cas d'aléas - Bon amortissement du tunnelier (7 km / machine)	- Attaques déséquilibrées - Amortissement médiocre pour un tunnelier (3.5 km)	- Attaques équilibrées - Rattrapage difficile en cas d'aléas sur un des tunneliers - Amortissement des tunneliers médiocre (3.5 à 3.9 km / machine)	- Attaques équilibrées - Amortissement des tunneliers médiocre (3.5 à 3.8 km / machine) - Difficulté pour évacuer les déblais

Simulation des scénarios

Tracés	TUNNEL COURT		TUNNEL LONG		
Scénarios	1	2	3	4	5
Section utile de 47 m²					
Volume total foisonné	**1 150 000 m³**		**1 660 000 m³**		
La Poudrette	2 000 m³ / j		2 000 m³ / j puis 1 200 m³ / j	1 800 m³ / j	1 900 m³ / j
Sevran-Livry		1 400 m³ / j			
Usine Kodak				1 200 m³ / j	
Tremblay					1 200 m³ / j
Section utile de 61 m²					
Volume total foisonné	**830 000 m³**		**1 210 000 m³**		
La Poudrette	2 800 m³ / j		2 800 m³ / j puis 1 600 m³ / j	2 500 m³ / j	2 700 m³ / j
Sevran-Livry		2 000 m³ / j			
Usine Kodak				1 600 m³ / j	
Tremblay					1 600 m³ / j

Capacités moyennes (1) d'évacuation nécessaires

(1) NOTA IMPORTANT : les valeurs ci-dessus représentent des valeurs moyennes (cadence de creusement < 15 m / j) ce qui suppose que les installations devront faire face aux cadences de pointe qui peuvent être estimées au double des chiffres indiqués ci-dessus ; des stocks tampons devront être prévus si on ne veut pas voir certains jours s'intensifier des cadences d'évacuation déjà très fortes au départ.

Compte tenu des cadences nécessaires, une évacuation par la route est a priori à exclure (sur la base d'une capacité de12m³ par camion, ce sont 100 à 250 camions par jour qu'il faudrait prévoir. Toutefois, cette solution peut être envisagée de manière complémentaire dans les périodes de déblais importants lors d'une progression rapide des tunneliers.

- L'installation de La Poudrette étant implantée le long du canal de l'Ourcq, il est possible d'y organiser une évacuation des déblais par voie d'eau,
- Une évacuation par voie ferrée est envisageable pour l'installation de Sevran-Livry,
- L'usine Kodak est implantée le long du canal de l'Ourcq, mais dans un secteur où son gabarit est réduit et où il a un caractère touristique ; il faudrait donc prévoir un dispositif d'évacuation relais sur 1 km environ (par bande transporteuse), avec toutes les sujétions d'insertion que cela suppose, pour amener les déblais jusqu'au secteur du canal assez proche où son gabarit s'agrandit et où il a un caractère industriel.
- Le site de Tremblay interdit toute évacuation par voie d'eau ou voie ferrée sans un dispositif relais de type bande transporteuse, mais sur une longueur assez grande (sur 7 km pour rejoindre le canal aux limites de Sevran et d'Aulnay sous Bois, avec des difficultés d'insertion, 4 km pour rejoindre la voie ferrée à Mitry-Mory en site rural).

- *Insertion du planning de construction du tunnel la planification générale*

Le planning préliminaire n°1 de mai 2000 (daté du 9/06/00), prévoit, sans tenir compte de l'impact « loi Barnier » (qui pourrait augmenter le délai de 10 à 12 mois) et en considérant que toute la chaîne administrative se déroule au plus vite, une mise en service en octobre 2008. Ce planning est tenu par la construction du tunnel dont les travaux sont programmés

pour une durée de 48 mois. Ce délai ramené à 39 mois comme indiqué plus haut conduirait à une mise en service au début de 2008. Tenir 2006 ne serait possible qu'à la condition de lancer les appels d'offre tunnel en parallèle avec les procédures administratives (environ 2.5 ans) et foncières (environ 1.5 an), et de prévoir suffisamment vite les campagnes de reconnaissance des sols. Des gains de temps peuvent aussi être obtenus en anticipant l'acquisition des tunneliers (par exemple par la maîtrise d'ouvrage).

❑ *Conséquences de l'application de l'ITI (Instruction Technique Interministérielle)relative à la sécurité*

Le type d'exploitation retenu au titre du cahier des charges est celui d'une ligne voyageurs. La longueur de tunnel, quelle que soit le tracé considéré est supérieure à 5 km. Dans le cas des variantes « Tremblay » et « gare RER », la longueur du tunnel dépasse de 800 m les 10 km, ce qui l'exclut du champ d'application de l'ITI ; mais compte tenu du faible écart, on considérera au stade de cette étude que les dispositions de sécurité requises pour un tunnel de longueur comprise entre 5 et 10 km sont suffisantes. Ces dispositions sont les suivantes :

- *Dispositions communes,*
  - Stabilité au feu de 2 heures selon la courbe ISO 834,
  - Accès routier à chaque tête de tunnel (à examiner cependant compte tenu du contexte urbain),
  - Trottoir de 0.70 m libre de tout obstacle sur une hauteur de 2 m de chaque côté, avec main courante en piédroits,
  - Opérations de maintenance hors circulation des trains (ou niches de sécurité*),
  - 2 lignes électrique résistantes au feu, de sources d'alimentation différentes avec prises tous les 200 m,
  - Points d'éclairage tous les 50 m de chaque côté secourus par un éclairage de secours assurant un éclairement d'au moins 2 lux en tout point du sol,
  - Repérage des issues du tunnel et de leur éloignement,
  - Alimentation en eau incendie par colonne sèche par colonne en eau morte protégée contre le gel de diamètre 100 mm,
  - 2 lignes minimum de communications pour les services de secours,
  - Equipement nécessaire au relevage du matériel roulant (anneaux tous les 30 m de résistance minimale 5 000daN),
  - Anneaux de rappel à proximité immédiate des accès au tunnel,
  - Liaison sol train,
  - Système de contrôle des vitesses,
  - Mise à disposition des services de secours de lorrys.

- *Dispositions propres aux ouvrages de longueur >5 km,***
  - Matériel standard interdit (condition pour se dispenser d'un système de ventilation/désenfumage),
  - Engin motorisé pour l'acheminement des secours (éventuellement mixte rail route),
  - Possibilité de refoulement d'un train bloqué derrière un train en détresse (signalisation inversable, sectionnement de l'alimentation traction en cantons de longueur voisine à celle de l'espacement normal entre 2 trains).

*compte tenu de mode de revêtement du tunnel (voussoirs préfabriqués), la réalisation de niches n'est pas recommandée.
** on peut noter que si le type d'exploitation était celui d'une ligne urbaine, aucune de ces dispositions ne serait exigée, mais en contrepartie seraient demandés un système de ventilation/désenfumage et un accès de secours tous les 800 m permettant 2 unités de passage, avec sas mis en surpression, et au delà de 28 m de profondeur, un ascenseur permettant le transport d'un brancard.

- *Proposition de campagne d'investigation*

L'étude au stade actuel (Faisabilité) a été réalisée à partir de documents bibliographiques à l'échelle régionale qui ont permis une approche de la géologie du site par extrapolation des données existantes.

Au stade ultérieur des études, des reconnaissances seront nécessaires pour valider les hypothèses retenues; elles peuvent être réalisées en plusieurs étapes.

- A l'APS, une campagne préliminaire doit être réalisée afin de valider les données recueillies par l'étude bibliographique, identifier chaque formation sur le plan géologique, géotechnique et hydrogéologique, instrumenter le site en tête coté Noisy, pour avoir des mesures inclinométriques et piézométriques sur une longue période.

Cette campagne aura une consistance très réduite, environ 6 sondages (soit un sondage pour 1,5 à 2 km de tunnel) représentant une longueur cumulée de l'ordre de 200m avec essais in situ et en laboratoire, plus équipement piézométrique et inclinométrique.

- A l'APD, lorsque le tracé sera figé, une campagne spécifique sera nécessaire pour caractériser le comportement géomécanique des terrains à court et long termes, et déterminer leur aptitude au creusement mécanisé.

Les particularités des différentes formations et leurs variations seront étudiées à ce stade.
Cette campagne comprendra une quarantaine de sondages, à raison d'un sondage pour 200 à 250m env. (représentant un linéaire cumulé de 2000m) avec des essais in situ et en laboratoire.
Compte tenu des risques de dissolution de gypse dans les formations rencontrées, il sera nécessaire de compléter ces sondages par des investigations géophysiques de type tomographie sismique (panneaux sismiques entre sondages) afin d'identifier les zones de dissolution.

Enfin, une campagne complémentaire par puits et galeries de reconnaissance sera probablement nécessaire afin d'apprécier la forabilité et l'injectabilité des terrains, la mécanisation du creusement, les déformations et tassements engendrés par le creusement.

La position de ces puits sera déterminée à l'issue de la campagne spécifique ; toutefois on peut estimer a priori avoir besoin de deux puits : l'un en tête coté Noisy et l'autre en partie centrale.

- *Aspect environnement, identification des thèmes à risques*

Il ne s'agit ici que d'une première approche consistant à recenser les principales contraintes ; les réponses présentées devront être confirmées par une étude d'environnement à conduire ultérieurement.

- *Populations, impact des nuisances sonores*

Le site concerné est essentiellement pavillonnaire. La profondeur du projet ne doit pas avoir d'impact en phase d'exploitation d'autant plus que la voie pourra être équipée de dispositifs anti-vibratiles (chaussons dans le cas d'une pose de voie directe, tapis dans le cas d'une pose avec ballast).

Durant le chantier, bien que le creusement ne soit envisagé qu'en 2 postes quotidiens, le chantier sera ouvert de nuit pour l'auscultation et la maintenance ce qui conduira à un fonctionnement permanent de la ventilation source de nuisances sonores. Cependant grâce à l'éloignement suffisant des installations de chantier de La Poudrette et de Tremblay par rapport aux habitations il n'y aura pas de répercussions sur la population. Cela est moins vrai pour l'ancienne usine Kodak insérée dans un quartier résidentiel.

L'évacuation des déblais pourrait être plus problématique. Aussi recherchera-t-on à privilégier l'évacuation par voie d'eau et par voie ferrée. Mais l'usage de camions ne pourra être totalement éliminé et la desserte du chantier pourra entraîner une augmentation de trafic sur la voirie locale.

- *Géologie et contraintes géotechniques, tassements de surface, dissolution des gypses*

La réalisation d'un tunnel engendre des déformations du terrain qui peuvent se répercuter en surface et le cas échéant créer des dommages au bâti. Le confinement du front, la mise en place du revêtement avant le dégagement de la jupe du tunnelier, son collage immédiatement après dégagement de la jupe, le suivi permanent des déformations en galerie et en surface sont destinés à limiter ces effets.

Le secteur est vraisemblablement affecté par la dissolution des gypses au sein des Marnes et Caillasses, phénomène naturel pouvant générer le remontée de fontis dans les formations supérieures jusqu'à la surface. Des reconnaissances en galerie et en surface permettront d'avoir une information en temps voulu pour gérer l'avancement du chantier en fonction de ce risque.

- *Hydrogéologie, rabattement et pollution des nappes*

Le tunnel est dans la nappe, mais du fait de son étanchéité, sa présence ne doit pas avoir d'influence sur le régime hydraulique en phase définitive. En phase de construction, la méthode envisagée (confinement du front) n'aura qu'une légère influence, de même que celle des puits qui seront forés par des méthodes de type parois moulées.

Si des injections devaient être utilisées pour le traitement des terrains (confortement, comblement de vides, étanchéité), les produits utilisés seront conformes aux exigences administratives ; en particulier, des matériaux de type gels de silice à réactifs organiques ne seront pas employés.

- *Hydrologie et contraintes hydrauliques, qualité des eaux rejetées, risques vis à vis du canal de l'Ourcq*

Avant leur rejet à l'égout, les eaux de chantier seront traitées, de même que les déblais pollués par les boues de bentonite avant leur mise en dépôt.

On peut a priori admettre qu'il n'y aura pas d'influence mutuelle entre le canal et le tunnel du fait de l'étanchéité de ce dernier et de l'absence de vallée alluviale.

- *Patrimoine naturel et culturel,*

En phase définitive, il n'y aura aucune répercussion. En phase de construction, si le site de l'ancienne usine Kodak était retenu, le canal de l'Ourcq dans sa partie aménagée en promenade pourrait être temporairement affecté, soit par une hausse du trafic fluvial pour l'évacuation des déblais, soit par la présence d'une bande transporteuse à implanter sur ses berges.

- *Agriculture*

Sans objet.

- *Acquisitions foncières*

L'ensemble de cette opération nécessite l'acquisition de tréfonds que l'on peut définir selon les principes suivants :

- Garde de terrain suffisante au-dessus de la voûte vis à vis d'une éventuelle infrastructure souterraine à venir (parking par exemple) pour préserver la stabilité de l'ouvrage, soit un diamètre de l'excavation ; cela détermine la cote sous laquelle le sous-sol est propriété du projet,
- Gardes latérales pour se ménager des possibilités de confortement de terrain (injections, boulons d'ancrage), soit environ 6 m ; cette garde devrait être suffisante vis à vis de constructions futures implantées latéralement au tunnel (à vérifier cependant au cas par cas).

Cela conduit à l'acquisition d'une bande de tréfonds de 22 m à 24 m de large selon la section retenue, à une profondeur située de 10 m à 12 m au-dessus de la voûte selon la section retenue, sur toute la longueur du tunnel.

Par ailleurs, les installations de chantier conduiront à une occupation temporaire de terrains de l'ordre de 5 000 m^2 à de 10 000 m^2 pour chaque installation principale. Si un ouvrage (ou des ouvrages) d'accès définitif lié à la sécurité est nécessaire, des terrains dont la surface reste à définir en fonction de l'ouvrage seront à acquérir.

Les principales conclusions de cette étude portent sur les points suivants :

- **La longueur des ouvrages et les délais d'exécution impose un creusement mécanisé pleine face,**
- **Un délai de construction de 39 mois (commande et construction des tunneliers comprises) impose 2 tunneliers pour un tunnel de 7.5 km, de 3 tunneliers pour un tunnel de 10.8 km, sauf à anticiper la commande des machines,**
- **Les difficultés tiennent surtout au problème de l'évacuation des déblais,**
- **A cet égard, la section minimale de tunnel en réduit l'ampleur de 30% en matière de volume ; de plus, elle donne plus de garantie vis à vis du respect des délais,**
- **La conception par bi-tubes voie unique ne s'impose pas,**

- **La suite de l'étude devra approfondir les possibilités d'évacuation par voie d'eau et par voie ferrée (établissement de projets de transport avec les exploitants concernés et en liaison avec les autorités locales),**
- **Elle devra approfondir les possibilités d'implantation des installations en liaison avec les autorités locales et les propriétaires concernés,**
- **La consistance des reconnaissances géotechniques devra être définie en liaison avec les exigences administratives en matière de risques naturels ; la gestion de ces derniers est de nature à justifier une provision.**

5. Le tronçon à l'air libre

❑ *Tracé de base*

Ce tracé se caractérise par l'élargissement de la plate-forme existante le long de la ligne La Plaine Hirson ce qui conduira à « mordre » sur un secteur boisé séparant la voie ferrée du canal de l'Ourcq. Quelques rétablissements piétons ou routiers, tous de nature ponts rail seront à réaliser . Il s'agit :

- D'un passage piétons dans le parc de Sevran,
- D'un accès piétons sous voies à la gare de Vert Galant,
- Du passage de trois voies routières sous la gare de Vert Galant, doublé d'un passage piétons,
- D'un passage piétons, actuellement en cours de réaménagement, à proximité de l'embranchement des plâtres Lambert,
- D'un accès piétons sous voies à la gare de Villeparisis-Mitry le Neuf,
- Du passage de deux voies routières à la sortie de la gare de Villeparisis-Mitry le Neuf.

Les ouvrages envisagées de portée inférieure à 10 m sont essentiellement des cadres en béton armé réalisés à proximité des voies exploitées. L'un d'entre eux à cause de sa portée plus importante (11 m) pourra être un ouvrage de type portique.

La traversée de Villeparisis peut se révéler délicate du fait de :

- La présence du centre régional d'engins moteurs (CREM) le long de la gare de Villeparisis-Mitry le Neuf, établissement assez récent qu'il faudra vraisemblablement déménager,
- La présence au delà de la gare d'une zone industrielle, puis d'un lotissement de pavillons neufs et d'un gymnase dont une partie sera à exproprier.

Compte tenu de ces obstacles et de la difficulté à réaliser les ouvrages de franchissement de la ligne La Plaine Hirson et de l'autoroute A 104 décrits ci-dessous, on peut se poser la question de la pertinence d'un tunnel dont la longueur serait de l'ordre de1 à 2 kilomètres. Bien qu'un tel ouvrage ait été déjà évoqué dans les études antérieures, il n'est pas mentionné dans l'étude de faisabilité de décembre 1998.

La traversée des quatre voies de la ligne La Plaine Hirson nécessitera, compte tenu du faible biais un ouvrage de type Warren (longueur 100 m) difficile à intégrer dans le site dont la construction demandera un phasage et une déviation des voies pour la construction des appuis. Une variante de type tranchée couverte pourrait être envisagée, mais son coût ne serait pas inférieur. Cet ouvrage est très proche du franchissement de l'autoroute A 104 prévu en tranchée couverte (longueur 70 m) dont la construction demandera un phasage et une déviation des circulations sur l'A 104.

Le raccordement sur la ligne TGV Jonction demandera la réalisation d'un saut de mouton 1 voie sur 2 voies avec un tablier de type poutrelles enrobées (longueur 110 m), de portée suffisante pour maintenir les circulations TGV sans ralentissement. Seul un abaissement des caténaires sera nécessaire.

- *Variante « ligne B »*

Ce tracé se différentie du précédent par l'intégration de la liaison CDG Express sur la ligne La Plaine Hirson ce qui supprime la nécessité d'élargir la plate-forme et ses conséquences (intégration dans le site, acquisitions foncières). Tous les ouvrages de rétablissement décrits plus haut disparaissent ainsi qu'une grande partie des difficultés de la traversée de Villeparisis (CREM, zone industrielle, une partie du lotissement). En revanche il nécessite, à l'émergence du tunnel, après la gare de Sevran-Livry, la réalisation du franchissement de la voie 1 CDG Express sous la voie 2 La Plaine Hirson. Cet ouvrage de type cadre en béton armé (longueur 55 m) pourra être réalisé en site non exploité.

Le franchissement de la ligne La Plaine Hirson après Villeparisis ne concernera que 3 voies, mais imposera la déviation de la voie 2 La Plaine Hirson qui a priori doit être compatible avec son passage sous l'autoroute A 104 du fait de l'existence d'un ouvrage élargi. Cette déviation risque d'imposer des difficultés vis à vis du lotissement voisin et du gymnase. Seules des études au 1/1000 permettront d'en savoir plus. L'ouvrage livrant passage aux voies CDG Express sous les voies existantes, bien que légèrement moins long (90 m) que pour le tracé de base nécessitera aussi un tablier de type Warren aussi difficile à intégrer dans le site et dont la construction demandera aussi un phasage et une déviation des voies pour la construction des appuis.

Le franchissement de l'autoroute A 104 et le raccordement sur la ligne TGV Jonction seront traités de façon identique à celle du tracé de base.

- *Variante « Tremblay »*

Ce tracé se caractérise par sa faible longueur (moins de 3 km) et son inscription dans un site entièrement agricole. Il nécessitera 2 rétablissements routiers par pont route et la déviation de 2 gazoducs haute pression.

Le raccordement sur la ligne TGV Jonction demandera la réalisation d'un saut de mouton 1 voie sur 2 voies avec un tablier de type poutrelles enrobées (longueur 118 m), de portée suffisante pour maintenir les circulations TGV sans ralentissement. Seul un abaissement des caténaires sera nécessaire. Sa situation en courbe peut générer quelques difficultés pour la conception du tracé.

- *Variante « gare RER »*

Ce tracé se différentie du précédent par l'absence de raccordement sur la ligne TGV Jonction et par des travaux de terrassement plus conséquents à cause des mesures conservatoires concernant les projets inscrits au Schéma Directeur. Cette conjonction de projets nombreux et différents sur un même site y rend difficile leur inscription. Au cours de la réunion du 12 septembre 2000 il nous a été demandé de ne pas pousser cette étude outre mesure au stade actuel du projet.

Les deux rétablissements routiers par pont route et la déviation de deux gazoducs haute pression sont nécessaires au même titre que pour le tracé précédent.

La création d'un terminus technique RER B à 4 voies centrales à 2.2 km du quai RER B de CDG 2, est la modification indiquée dans le programme de la Région de Paris-Nord qui concerne ce tronçon.

- *Aspect environnement, identification des thèmes à risques*

Il ne s'agit ici que d'une première approche consistant à recenser les principales contraintes ; les réponses présentées devront être confirmées par une étude d'environnement à conduire ultérieurement.

- *Populations, impact des nuisances sonores*

La difficulté majeure concerne la traversée de Villeparisis par le tracé de base, et dans une moindre mesure la variante « ligne B » qui nécessitera de nombreuses expropriations ; les récents lotissements après la gare de Villeparisis-Mitry le Neuf sont protégés des nuisances de la ligne actuelle par des merlons de terre ; l'élargissement de la plate-forme n'ira pas dans le sens de l'amélioration de la situation. Par ailleurs, sur les communes de Tremblay et de Villepinte, même si les habitations situées au delà du canal sont plus éloignées du tracé, une augmentation des nuisances est à craindre. En phase travaux, tout ce secteur résidentiel sera perturbé.

- *Géologie et contraintes géotechniques, hydrogéologie, contraintes hydrauliques*

A priori, compte tenu de la nature des travaux, il ne devrait pas y avoir de répercussions ; il conviendra cependant d'être très vigilant vis à vis du canal de l'Ourcq toujours très proche du projet pour le tracé de base et dans une moindre mesure pour la variante « ligne B ».

- *Patrimoine naturel et culturel,*

Pour le tracé de base, le projet empiète sur une bande de terrain boisée du parc forestier de Sevran ; il s'agit là vraisemblablement d'une de ses difficultés d'insertion dans l'environnement. Jusqu'à Villeparisis, la situation n'est pas très favorable puisque le projet est très proche du canal de l'Ourcq aménagé en coulée verte.

- *Agriculture*

Le projet traverse quel que soit le tracé des zones agricoles qui sont cependant proches d'agglomérations ou de l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle. Des aménagements seront vraisemblablement nécessaires pour maintenir l'accessibilité de certaines parcelles.

- *Acquisitions foncières*

  - Le tracé de base nécessite l'acquisitions de nombreuses parcelles sur les communes de Sevran, de Villepinte, de Tremblay en France, de Villeparisis et de Mitry-Mory. Les propriétaires sont divers (privés, associations, sociétés, communes, département, Etat). Les natures des parcelles sont diverses (bois, constructions, cultures). L'estimation fournie repose sur une très grosse approximation qui ne pourra s'affiner qu'après mise à disposition de levés au 1/1000. Il existe une contrainte liée au projet de desserte routière locale parallèle à l'autoroute A 104 sur la commune de Villeparisis.
  - La variante « ligne B » ne nécessite pas d'acquisition dans les parties les plus délicates du projet, entre Sevran-Livry et Villeparisis ; cependant sur cette dernière commune, quelques expropriations de parcelles bâties ne sont pas à exclure pour la réalisation de l'ouvrage de franchissement des voies de La Plaine-Hirson. Seule l'étude au 1/1000 pourra apporter une réponse plus fiable. La contrainte liée au projet de desserte routière locale parallèle à l'autoroute A 104 sur la commune de Villeparisis subsiste.
  - La variante « Tremblay » ne nécessitera que l'acquisition de terres agricoles. Il existe une contrainte liée au franchissement de deux gazoducs haute pression.
  - La variante « gare RER » ne nécessitera que l'acquisition de terres agricoles, mais pour des surfaces plus importantes que pour la solution précédente à cause des mesures conservatoires à prendre vis à vis du projet « Boucle Sud » et du terminus technique à réaliser pour la ligne B du RER. La contrainte liée au franchissement de deux gazoducs haute pression subsiste.

Le principal enseignement de cette étude concerne l'insertion du tracé de base entre Sevran-Livry et Villeparisis qui risque d'être délicate. La traversée de Villeparisis suivie du passage sous la ligne La Plaine Hirson et l'autoroute A 104 par le tracé de base et la variante « ligne B » se révèlent problématiques dans le cadre d'une solution aérienne.

6. Le tronçon en tranchée couverte dans l'emprise de l'aéroport

- *Solutions aboutissant à la gare TGV CDG 2*

Dans le cas des solutions aboutissant à la gare TGV CDG 2, les conditions de réalisation sont celles exposées dans le rapport d'étape de mai 2000, « proposition d'aménagement de la gare CGG 2 TGV » selon l'hypothèse 2B, soit :

- allongement sur 16 m côté de la mezzanine avec la création de 5 escalators, de 2 escaliers fixes et de 4 ascenseurs (dénivelée de 6.60 m),
- modification des voies rapides sur 900 m pour la création d'une voie à quai et d'une voie « d'écart Nord »,
- du nord au sud, en continuité, création d'un quai arrivée de 190 m x 6.85 m, d'un quai transitoire (largeur variable) et d'un quai départ de 160 m x 3.30 m.

- *Solution aboutissant à la gare RER*

Dans le cas de la solution aboutissant à la gare RER, les aménagements à prévoir sont les suivants :

- Allongement des quais vers le nord sur environ 60 m sans changer l'implantation des voies (quais rétrécis jusqu'à 3.50 m sans décompter l'épaisseur des poteaux) pour créer une sortie de secours se raccordant au passage souterrain desservant la gare TGV,
- Allongement des quais vers le sud sur environ 70 m sans changer l'implantation des voies (quais rétrécis jusqu'à 3.50 m sans décompter l'épaisseur des poteaux) pour créer une sortie de secours se raccordant au passage souterrain desservant la gare TGV,
- Abandon de la fonction de garage de la zone qui y est actuellement affectée,
- Prolongement de la tranchée couverte sous la piste 2 par terrassement à l'abri d'une dalle enterrée et de deux parois moulées déjà réalisées au titre de mesures conservatoires,
- Prolongement de la tranchée couverte sous la piste 4 par création de toute pièce puisque aucune mesure conservatoire n'a été prévue,
- Création d'une plate-forme au sud de l'aéroport en vue de la création d'une zone de garage 3 voies, compatible à terme avec le projet de boucle sud du RER B depuis Villepinte.

Le polongement de la tranchée couverte sous la piste 4 s'apparente à ce qui s'est fait en 1991 pour la traversée du site aéroportuaire, et notamment de la piste n° 2 par le TGV Jonction et le prolongement du RER B. La faible profondeur interdit d'envisager le creusement d'un tunnel. Restent des solutions de type tranchée couverte,

- soit réalisée à ciel ouvert ce qui implique des restrictions sur l'exploitation de la piste n° 4,
- soit réalisée par des techniques plus complexes consistant à partir de petites galeries souterraines suffisamment longues pour s'affranchir de la zone de servitude aéroportuaire de 150 m par rapport à l'axe de la piste à foncer (par microtunnelier par exemple) des tubes transversaux d'inertie suffisante pour assurer un rôle de poutre transversale.

Cette dernière solution déjà explorée pour l'opération de 1991 avait été rejetée à l'époque parce que jugée trop aléatoire. Par conséquent, si l'on reconduisait la solution de 1991, la réalisation de cet ouvrage conduirait aux phases de travaux suivantes :

- travaux sous servitude aéroportuaire (1) :

  - recensement et déviation des réseaux d'alimentation en carburant des avions, d'éclairage, de balisage, d'assainissement,
  - modification des voies de circulation des avions et marquage au sol,
  - mise en configuration réduite de la piste n° 4 (en 1991, la piste n° 2 qui lui est parallèle avait vu sa longueur ramenée de 3 600 m à 2 200 m ce qui avait conduit à des restrictions d'exploitation, gros porteurs exclus, certains sens de décollage exclus) (2),

- réalisation sur une longueur de deux fois 300 m, au travers de limons et des Marnes Infragypseuse de parois moulées ancrées dans le Marno-Calcaire de Saint-Ouen (profondeur de 15 m environ),
- création d'une dalle en béton armé coulée au sol entre têtes de parois moulées,
- travaux d'étanchéité,
- reconstitution des réseaux de balisage et d'assainissement,

(1) NOTA : aucun chantier à moins de 150 m de l'axe d'une piste en exploitation, hauteur des matériels < 20 m (en 1991, les 4 hydrofraises mises en place ont du être adaptées pour respecter cette contrainte), durée limitée du chantier (6 semaines en 1991) ce qui conduit à un travail à 3 postes, 7 j / 7 et à des cadences soutenues (500 m^3 / j, voire 1 000 m^3 / j de béton).

(2) NOTA : en 1991, l'opération avait été bloquée entre le 13 juillet et le 26 août en période de moindre trafic (700 à 800 mouvements par jour pour cette période à l'époque) ; il conviendrait de s'assurer, compte tenu de l'augmentation du trafic en 10 ans, si ce type d'opération est encore envisageable aujourd'hui malgré l'augmentation du nombre de pistes.

- travaux hors servitude aéroportuaire :

  - travaux de voirie sur la route périphérique
  - excavation sous dalle et entre parois moulées préexistantes, sous piste n° 4 sur les 300 m qui viennent d'être réalisés, sous piste n° 2 sur les 260 m réalisés en 1991 à titre de mesure conservatoire,
  - réalisation d'un radier entre parois moulées sur 560 m,
  - allongement côté sud du quai RER sur 85 m, démolition d'une longrine anti-déraillement pour la création d'une trémie d'escalier accédant à la galerie de secours,
  - allongement côté nord du quai RER sur 54 m ; l'extrémité du quai ainsi obtenu étant encore à 15 m de la galerie sous voies desservant la galerie de secours, la création d'une trémie d'escalier accédant à cette galerie demandera soit un allongement supplémentaire du quai avec démolition d'une longrine anti-déraillement, soit la réalisation d'un rameau sous la voie RER,
  - les modifications indiquées dans le programme de la Région de Paris-Nord :
    - modification de la signalisation entre CDG 1 et CDG 2,
    - suppression des appareils en amont et en aval de la gare CDG 2,
    - création d'une double voie entre l'amorce des 3 tiroirs techniques actuels et l'amorce du futur débranchement voies CDG Express / futurs tiroirs techniques RER B,
    - création d'un block à cantons courts pour accroître le débit (3 cantons entre CDG 1 et CDG 2, 3 cantons entre CDG 2 et le terminus technique RER B,
    - réservation des 2 voies centrales de CDG 1 pour le retournement des missions CDG Express.
    -

□ *Aspect environnement, identification des thèmes à risques*

A priori sans objet.

- *Acquisitions foncières*

A priori sans objet.

Le principal enseignement de cette étude concerne les servitudes aéroportuaires qui représentent des difficultés de nature à compromettre la faisabilité de la variante aboutissant à la gare RER B ; cette faisabilité devra être approfondie en liaison avec Aéroports de Paris.

7. Estimation du coût des travaux

Elles sont fournies dans un dossier annexe. Elles sont établies aux conditions économiques de juin 2000. Les valeurs indiquées sont hors taxes. Elles intègrent les frais de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage. La fourchette d'incertitude est de – 10 %, + 20 %.

Conformément aux termes du cahier des charges, la définition des installations ferroviaires s'est limitée au tracé des voies, mais elles sont prises en compte dans les estimations. Celles-ci font donc apparaître les grands principes de leur définition.

Il est important de noter l'importance du type d'exploitation selon les définitions de l'ITI. Une ligne voyageurs en zone urbaine permet une économie sur les coûts ; cependant nous avons prévu une provision au cas où des puits d'accès seraient demandés. Cette provision ne couvre pas en revanche le coût d'un système de ventilation/désenfumage. Il est également prévu une provision pour la gestion des risques naturels calculée sur la base d'une campagne d'injection.

Il est enfin important de noter l'économie générée par l'adoption d'une section minimale du tunnel.