

# Le Grand Paris Express

- 
- 13. Super travaux pour super métro
  - 15. Des travaux souterrains à une échelle inédite
  - 17. Collectives et systématiques
  - 19. Penser les interventions ultérieures sur ouvrage
  - 20. Des échanges riches, mais aussi des « non-discutables »
  - 22. De la place pour les innovations
  - 24. Un ascenseur pour terrasser la pénibilité

# Super travaux pour super métro

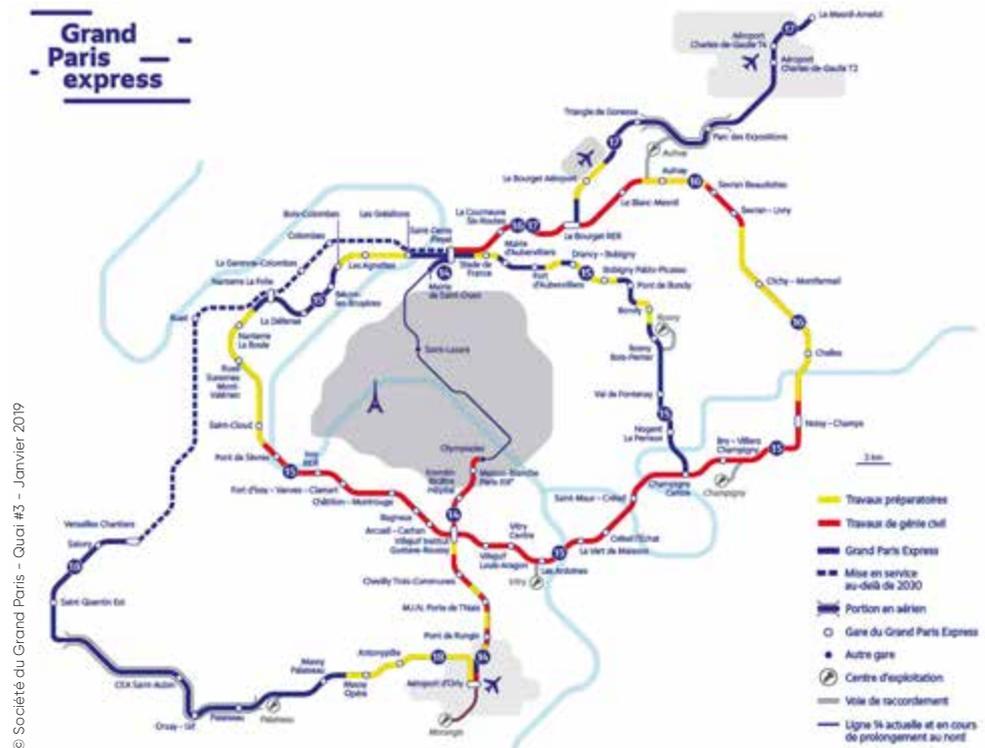
Prévu pour durer une dizaine d'années, le projet du Grand Paris Express mobilise d'ores et déjà plus de 2 000 entreprises et plusieurs milliers de salariés pour le doublement du réseau de transports en commun franciliens. La nature des travaux, leur environnement, le gigantisme du projet et les délais parfois réduits, imposent une maîtrise stricte des risques professionnels dès la conception puis tout au long des travaux.

## C'EST LE CHANTIER DU SIÈCLE.

Un projet titanesque qui va mobiliser les acteurs du BTP pour les dix années à venir – au moins. En créant de nouvelles lignes de transports en commun de banlieue à banlieue, le Grand Paris Express (GPE) va transformer la physionomie et le quotidien des Franciliens. Le réseau actuel, d'environ 200 km, va être doublé. « On va construire plus de kilomètres de métro en 10 ans qu'on en a fait depuis 120 ans », souligne Alexandre Missoffe, directeur général de Paris Île-de-France Capitale économique. En parallèle sont prévus 140 km<sup>2</sup> de nouveaux quartiers – à raison de 70 000 logements par an – incluant 78 nouvelles gares et 7 centres techniques.

Déjà, de multiples emprises de chantiers jalonnent les villes de la petite couronne parisienne, dans les départements des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. « Le projet équivaut globalement à la construction d'une ville d'un million d'habitants, illustre François Blanchard, ingénieur-conseil régional à la Cramif. Nous avons décidé d'un plan d'action régional 2018-2022 qui inclut, au-delà du GPE, l'aéroportuaire, l'hôtellerie-restauration, la collecte des déchets et les logements collectifs. »

Le projet mobilise un nombre impressionnant d'acteurs : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'ingénierie, architectes, aménageurs, entreprises – des multinationales aux PME – coordonnateurs en sécurité et protection de la santé (CSPS), industriels, fabricants de matériels et d'équipements, entreprises d'exploitation des futures infrastructures... La fédération régionale des tra-



vaux publics a évalué les besoins à 12 000 emplois par an pour le génie civil et 6 000 emplois par an pour les infrastructures et le matériel roulant. Mi-2019, 6 000 personnes étaient mobilisées sur les chantiers, représentant 2 200 PME. La nature même des travaux, les espaces urbains très contraints qui imposent des défis logistiques, la pression des délais, parfois réduits avec l'organisation des Jeux Olympiques de 2024, les difficultés de recrutement qui impliquent de faire appel à une part importante d'intérimaires... sont autant d'éléments qui contribuent à créer des situations de travail potentiellement dangereuses. La maîtrise des risques est dès lors une priorité des trois maîtres d'ouvrage : la

société du Grand Paris (SGP), la RATP et la SNCF.

## Suivi et mutualisation

Face au gigantisme du projet, au nombre d'intervenants, aux défis techniques que représentent certaines opérations, les acteurs en prévention se mobilisent pour organiser une prévention efficace et durable à cette échelle inédite. En tant que principal maître d'ouvrage (68 des 78 gares relèvent de sa responsabilité), la SGP (Société du Grand Paris) a rédigé une « Charte et référentiels sécurité des chantiers ». Ce document est annexé au cahier des clauses administratives particulières et positionné au-dessus des pièces techniques, signifiant l'importance du sujet.

>>>

La SGP s'est également organisée pour assurer un suivi en temps réel des événements indésirables (accidents, presque-accidents, incidents) sur les chantiers. Toutes ces remontées de terrain sont classées, analysées et font l'objet de rapports, de retours d'expériences diffusés à grande échelle. Une telle mutualisation des informations contribue au suivi de l'évolution des pratiques en matière de sécurité. Depuis 2010, la Cramif s'est rapprochée de la SGP pour travailler de concert sur la prévention des risques professionnels.

« Ce projet est un vecteur stratégique de capitalisation en prévention, commente François Blanchard. Nous devons aller au-delà de notre périmètre direct et identifier des relais pour déployer la portée de nos actions : architectes, bureaux d'études, fournisseurs, CCI, fédérations pro-



© Patrick Delapierre pour l'INRS

**Les espaces urbains très contraints imposent des défis logistiques en matière d'organisation sur les chantiers du GPE.**

« *tien d'une gare (DTE 278) (lire l'encadré ci-dessous).* Ont pris part à la rédaction de ces documents la Cramif, la Direccte, l'OPPBTB et plusieurs syndicats professionnels. Cette ingénierie de prévention fournit aux donneurs d'ordres des préconisations à intégrer dès la conception sur des sujets aussi variés que les chutes de hauteur, les moyens de levage, l'accessibilité...

Plus récemment, la SGP a effectué un gros effort pour harmoniser les plans généraux de coordination (PGC). « *Initialement, chaque coordonnateur SPS avait son propre PGC, relate Bertrand Masselin, responsable de la sécurité et de la sûreté des chantiers à la SGP. Sur la seule ligne 15 sud, la plus avancée, il y en avait jusqu'à une dizaine*

*qui coexistaient. Or, compte tenu du nombre d'acteurs et de l'enchaînement des phases de chantier, il est impératif d'avoir une cohérence, de voir le projet dans sa globalité. Il y a pour nous un vrai défi à faire travailler les CSPS ensemble.* » Aujourd'hui ne demeure qu'un seul PGC harmonisé, commun à tous. Il comprend toutes les dispositions générales qui reprennent la grande majorité de l'ensemble des éléments de chacun. Et, en parallèle, quelques dispositions particulières viennent compléter, sans contredire ni répéter ce qui existe déjà dans le PGC harmonisé.

La progression des travaux et des situations de travail va finalement imposer une évolution et des ajustements constants des actions de prévention. Une fois les phases de génie civil terminées, le défi sera la sécurisation des espaces souterrains. « *Seront présents les aménageurs de tunnels ainsi que les aménageurs des gares et des ouvrages annexes. Si un incendie survient, tout le monde sera impacté par les fumées. La sécurité devra alors s'appréhender de façon volumique, et non plus contractuelle, insiste Bertrand Masselin. D'où l'impératif d'anticiper l'évolution des phases de travaux, dès l'étape de génie civil, en ayant une vision globale et systémique des chantiers. C'est un défi majeur à venir.* » À l'image de l'avancement des chantiers, la prévention des risques sur le GPE va devoir s'adapter et suivre les évolutions imposées par les situations de travail qui vont se succéder. ■ C. R.

## « Il est impératif d'avoir une cohérence, de voir le projet dans sa globalité. »

« *professionnelles...* » Pour ce faire, « *nous nous sommes organisés en interne pour coordonner nos actions, homogénéiser nos discours auprès des entreprises et mutualiser les retours d'expériences,* précise Geneviève Jarrige, ingénieur-conseil à la Cramif et copilote du projet GPE. *Un groupe de travail réunissant des préventeurs des antennes départementales 92, 93 et 94 a vu le jour. Nous nous réunissons régulièrement pour échanger sur les dernières actualités.* ». Des échanges plus informels sont également fréquents pour assurer en permanence un même niveau d'information de tous.

### Coordonner pour plus de cohérence

Deux documents de référence ont spécifiquement vu le jour dans le cadre du Grand Paris, respectivement en octobre 2016 et septembre 2017 : un guide *Travaux souterrains* (DTE 266) et un guide *Conception, exploitation et entre-*

#### ZOOM



*Le document DTE 266 Travaux souterrains s'adresse aux maîtres d'ouvrage, aux coordonnateurs SPS, aux maîtres d'œuvre associés et aux entreprises. Il définit un socle d'exigences minimales en matière de prévention des risques en milieu souterrain et aborde : les cantonnements et les bureaux de chantier, les plates-formes de livraison et d'évacuation en surface, les accès aux postes de travail et les cheminements piétons, la ventilation et l'éclairage dans les ouvrages souterrains. Le second document, DTE 278, Conception, exploitation et entretien d'une gare, s'adresse aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre associés et CSPS. Il dresse des recommandations en matière de prévention des risques lors de la conception, l'exploitation et l'entretien d'une gare. Parmi les thématiques traitées : les accès et les déplacements, les locaux, les toitures de gare, la maintenance et le nettoyage, la sûreté et l'affichage publicitaire. Ces documents sont accessibles sur [www.cramif.fr](http://www.cramif.fr).*

# Des travaux souterrains à une échelle inédite

Sur les 200 km de voies ferrées à construire dans le cadre du Grand Paris Express, 90% seront souterraines. Le creusement des tunnels est par conséquent une activité actuellement en plein essor sur l'ensemble des projets. De tels travaux se déroulent dans des contextes particuliers et doivent respecter des consignes de sécurité spécifiques.

## « ÇA COMMENCE À RESSEMBLER

à un tunnelier! » Pierre Rivière, directeur de travaux tunnel chez Eiffage Génie Civil sur le lot GC03 de la ligne 14, au sud de Paris, se réjouit de l'avancement des travaux. L'arrière du tunnelier de 98 m de long vient juste d'entrer en partie enterrée, tandis qu'à l'avant, l'anneau 46 est en cours de pose. On en est au tout début de ce chantier qui va consister à prolonger vers l'aéroport d'Orly la ligne 14 de métro, déjà en service dans Paris intra-muros. Au total, ce tronçon de 14 km est divisé en 4 lots. Le lot GC03 s'étend sur 4080 m. Outre le creusement du tunnel, il inclut la construction de trois gares et de trois ouvrages annexes. Lancé le 15 mars 2018, le chantier est prévu pour se terminer mi-2022.

Le tunnelier à pression de terre, baptisé Claire, présente la particularité d'avoir déjà servi pour creuser une partie de la ligne 14 au nord de Paris entre 2015 et 2018. À l'époque, la Cramif avait demandé le renforcement de certains éléments de protection collective: réhaussement des garde-corps au niveau de la passerelle érectrice, ajout d'échelons pour que les opérateurs puissent descendre sans risque près des

Le tunnelier Claire a fait l'objet d'un montage à blanc préalable sur site, ce qui a permis d'intégrer l'ensemble des protections collectives demandées.

voussoirs (éléments de béton qui constituent les parois du tunnel) et pose de garde-corps à l'arrière du train suiveur pour permettre la fixation des ventilations. Au terme du creusement de la partie nord de la ligne, le tunnelier avait été démonté et transporté pièce par pièce vers le site de démarrage de ce lot sud. Tous les éléments ont été reconditionnés et remontés en vue de servir à nouveau.

Un montage à blanc a été réalisé sur le site de Thiais, le point de départ du nouveau chantier.

« Pendant huit mois, nous avons fait des tests, des corrections, des aménagements, explique Éric Perchez, directeur de projet chez Eiffage Génie Civil. Nous l'avons fait directement sur site, ce qui est rare, le plus souvent ça se déroule en atelier. Cela nous a permis un travail commun avec la Cramif pour intégrer l'ensemble des protections collectives, en particulier lors de cette phase provisoire en dehors du tunnel. »

C'est le cinquième tunnelier en service sur le GPE. Son bouclier >>>

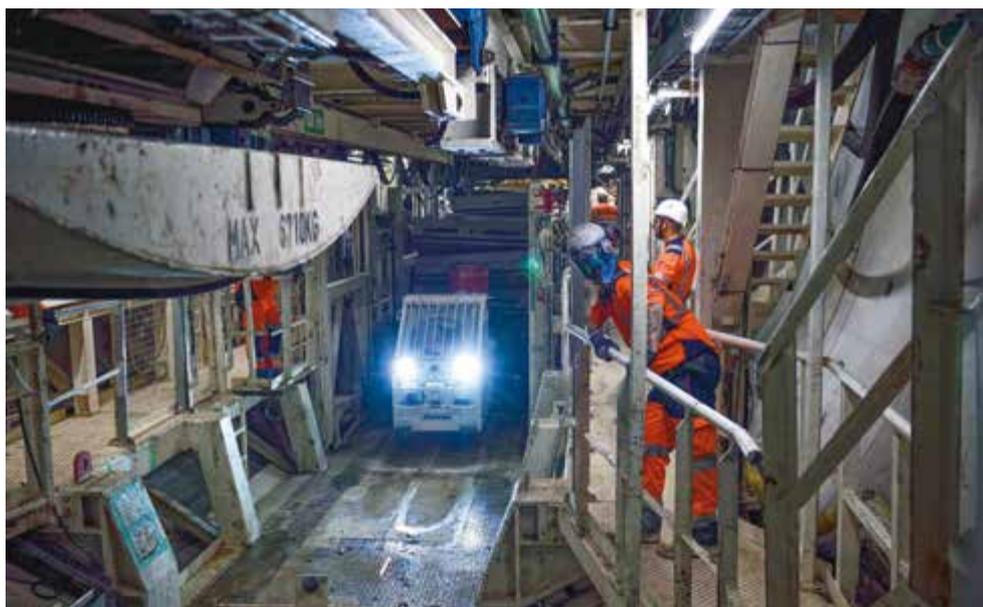


© Patrick Delapierre pour l'INRS

## DÉBLAYER ET APPROVISIONNER

En moyenne, de 1000 m<sup>3</sup> à 1100 m<sup>3</sup> sont excavés chaque jour par le tunnelier sur le lot GC03. Au total, 10 bacs à déblais ont été aménagés en surface pour stocker provisoirement les matériaux. Ces déblais, appelés marins, sont transportés depuis le front de taille par un convoyeur à bande. Au fil de l'avancement du tunnelier, ce dernier est rallongé. Une réserve de bande de 500 m est à disposition en surface. À l'extérieur, un système de tapis verticaux superposés en forme de S remonte les déblais

du sous-sol vers les bacs de stockage. Au total, ce tronçon de tunnel va représenter un volume de 255 000 m<sup>3</sup> à extraire et à évacuer. La quasi-totalité des matériaux extraits sera valorisée, principalement en comblant d'anciennes gravières. En contrepartie, près de 2 300 anneaux en béton vont être employés dans la structure du tunnel, complétés par environ 2 000 m<sup>3</sup> de mortier de bourrage produits directement sur place par une centrale à mortier.



© Patrick Delapierre pour l'INRS

mesure 8,92 m de diamètre pour un diamètre de tunnel final de 7,75 m. Les équipes se relaient en 3x8. En vitesse de croisière, l'avancement des travaux est en moyenne de 10 anneaux de 1,80 m par 24 heures. En fin d'année, 15 tunneliers seront à l'œuvre dans le sous-sol francilien. Et en pic d'activité, jusqu'à 23 tunneliers sont prévus pour fonctionner simultanément sur l'ensemble du GPE. Les conditions de travail et la sécurité sur ces trains-usines sont donc un enjeu majeur pour le bon déroulement des opérations et la tenue des plannings.

### Pollution de l'air dans les espaces souterrains

Une capitalisation des améliorations est prévue entre les chantiers. « Nous avons porté une attention particulière aux techniques de ventilation, en demandant par exemple des aménagements d'air neuf, notamment dans la

☒ **La qualité de l'air dans les espaces souterrains fait l'objet d'une attention particulière: flux d'air adaptés à l'activité, engins électriques privilégiés...**

*cabine de pilotage du tunnelier* », explique Corinne Dogan, contrôleur de sécurité au centre de mesures et contrôles physiques de la Cramif. Une visite des ateliers du constructeur allemand Herrenknecht a aussi permis d'identifier certaines modifications à envisager pour améliorer l'ergonomie des cabines et la sécurité des salariés.

Une vigilance particulière a été demandée sur certaines sources de pollution de l'air dans les espaces souterrains. Les flux d'air doivent ainsi être adaptés au nombre d'engins fonctionnant simultanément. Une technique comme la projection de béton à sec a été remplacée par du béton projeté par voie humide, des opérations de soudage ont été substituées par du boulonnage. « Certaines entreprises spécialisées en ventilation nous ont spontanément contactés pour nous demander ce qu'on attendait

d'elles, poursuit Corinne Dogan. Elles étaient très attentives à ce vers quoi il faut tendre. »

Les sources de bruit ont aussi fait l'objet d'actions, notamment par l'acquisition d'outils électriques, moins bruyants et moins polluants que les moteurs thermiques, ou encore par la pose de bâches acoustiques. En matière de risque incendie, sur tout ouvrage en construction, il existe toujours une alternative de cheminement en cas d'évacuation d'urgence. Les gares souterraines comportent par exemple toujours deux trémies distinctes. Et à bord de tout tunnelier, un caisson de survie est installé et prêt à abriter 20 personnes pendant 24 heures si elles n'ont pas le temps de sortir.

Creuser des tunnels en région parisienne présente différentes spécificités qui impliquent d'organiser une vraie logistique en surface: les livraisons des voussoirs, l'évacuation des déblais – en moyenne 2 200 tonnes extraites chaque jour par un tunnelier – qui entraîne de nombreuses rotations de camions sont autant d'opérations qui nécessitent une organisation des plus rigoureuses. Jusqu'à 420 personnes vont être mobilisées sur ce chantier. « Étant donné les délais et le nombre de chantiers simultanés, nous rencontrons des problèmes de recrutement. Il nous faut constamment former du personnel, observe Pierre Rivière. Ce n'est pas sans conséquences sur la prévention des risques. » D'où également l'importance de l'expérience des anciens pour transmettre les bonnes pratiques et sensibiliser aux risques déjà identifiés sur ces chantiers très spécifiques. ■ C. R.

## UNE FORMATION CHANTIERS SOUTERRAINS

Peu de préventeurs ayant eu l'occasion de suivre des chantiers souterrains, la Cramif a créé une formation pour les contrôleurs de sécurité, les ingénieurs-conseils et les inspecteurs du travail. « Cette formation leur a permis de se familiariser avec les contraintes spécifiques et les techniques rencontrées lors de travaux souterrains, afin qu'ils adoptent un regard critique sur les organisations mises en place », commente Vincent Oudard, ingénieur-conseil au service formation de la Cramif. Principaux

thèmes abordés: phases de construction d'un ouvrage enterré, méthodes traditionnelles de creusement, travaux réalisés par un tunnelier, cadre réglementaire, risques généraux dont le risque chimique, avec un focus sur les circulations, ventilation, éclairage, bruit... Se déroulant sur deux jours, plusieurs sessions ont permis de former 82 personnes. « Cela a été aussi l'occasion de resserrer les liens entre la Cramif et la Direccte pour coordonner nos actions », observe-t-il encore.

# Collectives et systématiques

La technique des parois moulées est utilisée sur tous les chantiers de construction des gares du Grand Paris Express (GPE) et de l'essentiel des ouvrages annexes. Ce projet a été l'occasion de généraliser les protections collectives pour limiter les risques de chutes.

**SUR LA COMMUNE DE SAINT-DENIS,** au pied du squelette de la tour Pleyel, structure de 129 m de haut promise à une réhabilitation luxueuse, la future gare de Saint-Denis Pleyel est en phase de fondations jusqu'à la fin de l'année. Ici convergeront à terme les lignes 14, 15, 16 et 17 du métro. La gare, d'une superficie de 8000 m<sup>2</sup> en surface, aura son radier à une profondeur de 34 m et les quais à 28 m de fond. Pour préparer l'excavation du terrain, la technique des parois moulées est employée. Il s'agit de

creuser des panneaux d'épaisseur variable (1,50 m ou 1,80 m) et de 55 m de profondeur qui délimitent le pourtour du futur bâtiment. Celles-ci sont forées par des bennes à câbles pour la partie supérieure (jusqu'à 25 m) et par des hydrofraises dans leur partie inférieure. Pour maintenir leur stabilité, une boue appelée bentonite est injectée au fur et à mesure du creusement. Des armatures métalliques y sont ensuite glissées, manutentionnées par des grues, puis le béton définitif y est coulé à

📷 Les garde-corps sont aujourd'hui les protections standard sur tous les chantiers de parois moulées du Grand Paris Express.

la place de la bentonite. Cela revient à couler un mur dans la terre. Ces parois matérialisent le périmètre du terrain qui sera ensuite dégagé par des pelles mécaniques.

Ici, 101 panneaux en parois moulées vont être nécessaires pour constituer le périmètre de la gare. Certains sont rectangulaires, d'autres en forme de T. De plus, 36 barrettes préfondées sont également en train d'être creusées suivant la même technique. D'une taille de 6,10 m de long et 1,80 m de large, elles correspondent à des appuis intermédiaires pour les reprises de dalle. Des garde-corps délimitent toutes les zones en cours de forage. « *Aucun compagnon ne pénètre dans le périmètre défini par les garde-corps* », insiste Benoît Montat, ingénieur travaux chez Eiffage Génie Civil, car le risque de chutes d'ouvriers avec cette technique de parois moulées est réel. Plusieurs accidents ont déjà été recensés sur des chantiers franciliens.



© Patrick Delapierre pour l'INRS

## Un environnement fonctionnel

« *Pendant longtemps, les protections collectives autour des parois moulées n'ont pas été dans les habitudes des entreprises de fondation*, relate Nathalie Gicquel, contrôleur de sécurité à l'antenne

>>>

## CHANTIER DE LA GARE SAINT-DENIS-PLEYEL

- Maîtrise d'ouvrage : SGP
- Maître d'œuvre : Égis - Tractebel
- Groupement : Eiffage Génie Civil, Eiffage Rail, TSO, TSO Caténares
- Mandataire du groupement : Eiffage Génie Civil

## CHANTIER DU KREMLIN-BICÊTRE HÔPITAL

- Maîtrise d'ouvrage : RATP
- Maître d'œuvre : Groupement Élios
- Groupement : Vinci Construction, Vinci Construction Grands Projets, Botte Fondations, Spie Batignolles Génie Civil, Spie Batignolles Fondations
- Mandataire du groupement : Dodin Campenon Bernard

93 de la Cramif. Ces parois étaient le plus souvent protégées par des caillebotis. Mais ici, les dimensions sont beaucoup plus importantes. Ça représente des "piscines" de bentonite de l'ordre de 500 m<sup>3</sup>. C'est sur les chantiers du GPE que la pose de garde-corps s'est vraiment généralisée. Nous nous sommes réunis avec tous les fondateurs de la ligne 16 en amont du projet pour discuter de leurs problématiques et trouver des solutions ensemble. » Passé l'état de prototype, les protections collectives sont aujourd'hui présentes sur tous les chantiers de parois moulées.

Et, plus largement, tout l'environnement de travail sur ce chantier a été pensé pour être le plus fonctionnel possible. La parcelle centrale a été bétonnée, afin de faciliter le déplacement des grues, des camions, des piétons, de limiter les risques de glissade et de maintenir la propreté du site. « On a même une balayeuse qui peut passer ici, complète Benoît Montat. Et la dalle de béton simplifie la pose durable des garde-corps. » Quatre machines de forage et trois grues de manutention fonctionnent sur le site. Autour de chacune d'elles, un périmètre est délimité par des barrières amovibles. De cette façon, tous les postes de travail sont également bien balisés.

De l'autre côté de Paris, dans le Val-de-Marne, entre l'entrée des urgences de l'hôpital du Kremlin-Bicêtre et l'autoroute A6, va être construite la future gare Kremlin-Bicêtre Hôpital. D'une longueur de 120 m, elle occupera une surface de 3000 m<sup>2</sup> sur une hauteur de 25 m. Le projet en est lui aussi à la phase des fondations. La configuration est globalement la même, avec une dalle bétonnée sur l'em-



© Philippe Castano pour l'INRS

prise du chantier – dotée d'un caniveau drainant les eaux – pour faciliter les déplacements d'engins et de piétons et le déroulement du chantier.

Des protections collectives sont également positionnées autour des parois moulées, qui mesurent ici 1,50 m de large pour 50 m de profondeur. Les garde-corps ont été fixés sur les murettes-guides coulées avant le creusement. « Poser des garde-corps sur des murettes-guides, en soi c'est facile, commente Jean-Philippe de Carvalho, contrôleur de sécurité à l'antenne 94 de la Cramif. Mais leur maintien dans la durée, tout au long de la phase de production, implique, au préalable, une étude minutieuse de chaque poste de travail afin de valider l'adéquation de cette protection collective avec toutes les phases de réalisation d'une paroi moulée. » « Ces protections sont devenues le standard depuis le début du projet GPE, souligne Frédéric Hidoin, également contrôleur de sécurité à l'antenne

📺 Pour valider l'adéquation des protections collectives durant toutes les phases de réalisation des parois moulées, une étude préalable de chaque poste est indispensable.

94 de la Cramif. Certaines entreprises de fondations spéciales sont en train de développer des racks de protections spécifiques pour réaliser ces travaux en sécurité. Nous sommes associés à ces réflexions. »

## Tester des améliorations

Des cheminements en caillebotis métalliques ont été installés. L'environnement de la centrale de traitement des boues témoigne d'une propreté inhabituelle. « Avec une telle organisation, les compagnons peuvent s'occuper sereinement de la production et de la maintenance, sans regarder en permanence où ils marchent », poursuit Jean-Philippe de Carvalho. Comme l'indique Stéphane Gilbert, ingénieur travaux parois moulées chez Spie Batignolles fondations, « la sécurité est à faire vivre et progresser en permanence », et le GPE est l'occasion de faire germer et de tester des idées d'améliorations constamment.

Autre illustration: pour maintenir les parois moulées lorsque l'excavation des gares progresse, un système de butons – des étais horizontaux – est le plus souvent installé. La pose de renforts métalliques, appelés liernes, s'avère parfois nécessaire. Il a été décidé d'ajouter ces renforts en amont, directement dans les armatures métalliques des parois moulées pour qu'il n'y ait plus à poser ces renforts sous dalle de couverture. « Le choix d'une telle méthode a été motivé par le planning – on gagne du temps, on gagne de l'espace – mais surtout vis-à-vis de la sécurité, explique Nicolas Boiteau, directeur de travaux chez Vinci Construction. Car moins on apporte de matériel, moins on a de manutentions. » ■ C. R.

## À VOIR ET À REVOIR

**SUR LA CONSTRUCTION DES GARES ET LA TECHNIQUE DES PAROIS MOULÉES :**

<https://www.youtube.com/watch?v=-r40QF8euSY>

**SUR LE CREUSEMENT DES TUNNELS :**

<https://www.youtube.com/watch?v=50-mHn2zQII>

**SUR LE FONCTIONNEMENT DU VSM (TUNNELIER VERTICAL) :**

<https://www.youtube.com/watch?v=HCDsFlqfAO>

**SUR LA GESTION DES DÉBLAIS :**

[https://www.youtube.com/watch?v=aF\\_GGUt0j3g](https://www.youtube.com/watch?v=aF_GGUt0j3g)

**CHAÎNE YOUTUBE DE LA SGP :**

<https://www.youtube.com/user/SocieteduGrandParis>

# Penser les interventions ultérieures sur ouvrage

*Le bon déroulement des chantiers en cours et à venir n'est pas la seule préoccupation en matière de santé et sécurité dans le cadre du Grand Paris Express. L'exploitation et l'entretien des futurs bâtiments doivent être pris en compte le plus en amont possible, pour assurer des conditions de travail en sécurité.*

**LA FUTURE GARE** de Noisy-Champs, en Seine-Saint-Denis, au croisement des lignes 11, 15, 16 du métro et du RER A, aura fière allure. L'édifice, majoritairement enterré, sera abrité sous une grande toiture en bois et en verre en double hélice, à l'image d'une pagode. Il abritera également des commerces. Organisées sous les voies existantes du RER A, la ligne 15 circulera à 13,5 m de profondeur, et la ligne 16 à 21 m. Comme tout projet architectural, ce bâtiment, dont la livraison est prévue pour 2025, a fait l'objet de questionnements sur la sécurité en exploitation, en particulier pour les interventions ultérieures sur ouvrage.

Certains éléments avaient été bien pensés dès le départ, tels l'accès de plain-pied aux locaux techniques ou l'installation, à l'extrémité des quais, d'ascenseurs dédiés aux équipes de maintenance. « En 2015, sur l'avant-projet, nous avons fait des remarques, explique Michel Daviot, coordinateur sécurité et protection de la santé (CSPS) chez BeCS, entreprise qui intervient sur le chantier. Le rôle d'un CSPS est de suggérer des orientations, puis le maître d'ouvrage tranche. » A ainsi été identifié un risque de circulation en toi-

ture, sur le dôme, pour les interventions de maintenance. « Une ligne de vie était prévue pour les opérations de remplacement des LED, poursuit-il. Cette solution n'étant pas satisfaisante, nous avons obtenu des garde-corps, en nous appuyant sur la brochure DTE 278. »

« Les prises de décision sont longues, les réponses tardent parfois, mais les choses avancent. »

Le nettoyage des surfaces vitrées, prévu pour être effectué avec des perches de 12 m de long, a été repensé avec l'emploi de plateformes élévatrices mobiles de personnes, complétées par des passerelles avec garde-corps. « Dès le départ, le CSPS a fait des demandes dans le sens de la prévention, souligne Corinne Henriot-Laplanche, contrôleur de sécurité à l'antenne 93 de la Cramif. Nous avons pu identifier ensemble bien en amont plusieurs points d'amélioration. »

Parmi les autres ajustements obtenus : un escalier sera construit pour accéder au dôme, alors qu'initialement l'accès était prévu par une échelle droite ; des accès spécifiques, suffisamment larges et sur un sol plat pour permettre la circulation de nacelles, ont été ajoutés. L'accès à certaines installations techniques au-dessus des coques de commerces a également été revu. « Nous avons essayé de construire des réunions types sur le projet de la gare de Noisy-Champs, pour faire en sorte que les préconisations soient reprises par les maîtres d'œuvre sur les autres projets de gares », poursuit Corinne Henriot-Laplanche. Néanmoins, certains sujets, telles les conditions d'accès à la grotte (l'extrémité supérieure du dôme), restent à trancher. « Le Grand Paris Express implique un grand nombre d'acteurs au niveau de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre, observe Michel Daviot. C'est l'une des difficultés dans ce projet : les prises de décision sont longues, les réponses tardent parfois, mais les choses avancent néanmoins. » ■ C. R.

## UN DES PLUS VASTES CHANTIERS

La future gare Noisy-Champs du Grand Paris Express, occupera un espace en surface de plus de 12 300 m<sup>2</sup>. S'étendant sur 1,6 km de long, c'est l'un des plus vastes chantiers du GPE. À la fois terminus de la ligne 11, de la ligne 15 sud et de la ligne 16, et en interconnexion avec le RER A, elle devra accueillir jusqu'à 150 000 voyageurs quotidiennement. 95 % d'entre eux utiliseront les correspondances sans sortir de la gare.

L'avant-gare, dont la construction a débuté en 2017, est un ouvrage qui permettra la régulation du trafic et le retournement des trains de la ligne 16. Une gare routière à l'extérieur assurera les correspondances avec une dizaine de lignes de bus.

# Des échanges riches, mais aussi des « non-discutables »

Depuis 1937, la ligne de métro 11 n'avait pas subi de modifications. En 2022, elle devrait s'enrichir de six stations supplémentaires dont quatre souterraines. Des travaux conséquents ont été initiés, sous l'œil attentif de la Cramif, du responsable prévention du groupement d'entreprises et du coordonnateur SPS.



Des caillebotis verts ont été posés sur le ferrailage pour faciliter les déplacements. Bien qu'assez lourds, ils sont préférés par les équipes car plus pratiques pour circuler et apporter des outils ou les barres de ferrailage.

© Philippe Castano pour l'INRS

**LIGNE 11 DU MÉTRO PARISIEN.** Cette « petite » ligne de 6,286 km a été ouverte le 28 avril 1935. Elle dessert actuellement treize stations. D'ici à 2022, six nouvelles gares devraient faire leur apparition, en direction de l'Est. Le groupement d'entreprises Alliance, composé de NGE (mandataire), Demathieu Bard (gestionnaire), Implenia, Pizarrotti, Franki Fondation et Atlas Fondation, a remporté un des mar-

chés de gros œuvre. Au programme de ce lot: trois kilomètres de tunnel, trois ouvrages de ventilation, d'importants travaux de terrassement et de parois moulées, et quatre stations.

« Nous avons été associés dès le lancement de l'opération, souligne Corinne Henriot-Laplanche, contrôleur de sécurité à l'antenne 93 de la Cramif. En 2016, on a rencontré les principaux interlocuteurs

du groupement ainsi que la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et le coordonnateur SPS. On a pu faire passer les grands messages de prévention avant le démarrage du chantier, notamment sur la base-vie, la ventilation, l'organisation des chantiers, la coactivité... »

« Quand je suis arrivé, complète Ludovic Germond, responsable prévention chez Alliance, nous avons mis en place les "non-discutables"... des règles incontournables. » Elles vont du port des protections auditives en permanence – rendu nécessaire par le niveau sonore combiné de l'activité et de l'environnement du chantier – aux cordes de guidage pour les charges sur les activités de levage de déplacement, en passant par la prévention des addictions. Des règles que l'ensemble de l'équipe du chantier s'efforce de faire respecter au quotidien.

## Bonnes pratiques pour les futures gares

Sur le site de la future gare Montreuil-Hôpital, les parois moulées sont terminées, une dalle a été réalisée. Un vaste espace accueille un mât de bétonnage. « Électrique, remarque Corinne Henriot-Laplanche. Car sur l'ensemble de ce chantier, dès que c'est possible,

## LES NON-DISQUITABLES

« Ces règles ont été établies à partir d'observations de terrain, remarque Ludovic Germond, responsable prévention chez Alliance. Elles sont affichées en français, en portugais et associées à des dessins pour que chacun puisse les comprendre : port de tous les EPI et tout le temps ; ceinture de sécurité obligatoire dans tous les engins et véhicules ; guidage obligatoire des engins en marche arrière ; corde(s) de guidage obligatoire(s) pour les levages et déplacements ; interdiction d'utiliser les téléphones dans les engins et véhicules ; travail sur échelle et escabeau interdit ; consommation de drogue interdite ; armoires électriques fermées ou plastronnées et intervenants formés ; règle de colisages et d'utilisation de panier 5 faces. » En cas de non-respect, la personne est immédiatement rappelée à l'ordre par sa hiérarchie.



© Philippe Castano pour l'INRS

le matériel électrique est préféré au matériel thermique pour limiter les fumées de diesel notamment, qui sont nocives pour la santé. » L'ouverture laisse passer une lumière zénithale qui est complétée par un éclairage avec des LED. Les travaux de ferrailage d'une dalle située à 5 m sous la couverture sont en cours : un tapis rouge et des barrières ont été installés, pour bien identifier les chemins piétonniers. « Il faut penser à changer régulièrement les tapis, car ils s'abîment vite », remarque Sarah Farjan, ingénieure travaux chez Demathieu Bard Construction.

À l'extrémité du chantier du sous-sol, une dizaine de compagnons, portant tous leurs EPI, s'activent pour mettre en place le ferrailage. Des caillebotis verts ont été posés sur celui-ci pour faciliter les déplacements des différentes équipes qui interviennent. « C'est très bien d'avoir mis en place ces caillebotis, mais ils sont assez lourds, il faut trois ou quatre personnes pour les déplacer », remarque la contrôleur de sécurité. « On préfère ce type de caillebotis, assez larges mais du coup assez lourds : ils sont plus pratiques pour circuler et apporter des outils ou les barres de ferrailage », répond un conducteur de travaux. Bientôt, un pont roulant va d'ailleurs

arriver pour réaliser les manutentions en taupe.

Direction la gare suivante, celle de la place Carnot, située à la limite des communes de Noisy-le-sec et Romainville. Tout comme pour celle de Montreuil-Hôpital, le chantier est particulièrement contraint : chaque mètre carré est compté. Les accès sont réglementés, les places de parking limitées. Des écrans acoustiques ont été dressés pour protéger les riverains des nui-

📺 Pendant que l'engin électrique creuse, un jet d'eau permet de limiter les émissions de poussières.

« Dans ce type de chantier, nous travaillons dans des conditions proches de celles des mineurs. »

sances sonores. Sur les conteneurs de chantier, les élingues sont à demeure, ainsi que les garde-corps en toiture des bungalows de la base-vie.

Il s'agit ici de réaliser une chambre souterraine – la station et ses deux quais. Elle se fait par creusement traditionnel, à 30 m sous terre. Une pelle-buttor – une machine d'attaque ponctuelle – électrique creuse environ 80 cm

par jour. Un brumisateur ou un jet d'eau permettent de limiter les émissions de poussières. « L'évacuation des déblais n'est pas optimisée, car nous venons de commencer cette phase de creusement traditionnel », explique Philippe Conrad, coordonnateur SPS chez Degouy.

Une fois l'excavation quotidienne réalisée, une couche de béton à prise rapide est projetée sur le front de taille pour sécuriser la suite des opérations : la mise en place de boulons, de cintres, et leur remplissage pour le soutènement des parois. Chaque jour, le béton à prise rapide est à nouveau cassé par la pelle-buttor pour faire avancer le front de taille. Mini-pelle, mini-chargeur, pelle-buttor..., les engins de chantier sont nombreux dans cet espace réduit, la gestion de la coactivité un véritable enjeu de prévention. « Dans ce type de chantier, nous travaillons dans des conditions proches de celles des mineurs, remarque Nabil Chouachi, assistant conducteur de travaux. Nous devons être très vigilants. »

À Dhuys, les premières pièces du tunnelier devraient arriver d'ici à quelques semaines. Une grue mobile de 700 tonnes va être montée afin de déplacer les 80 colis allant jusqu'à 110 tonnes. Quatre mois seront nécessaires pour assembler le tunnelier. Il faut cependant tout anticiper. Déjà, Ludovic Germond a prévu de doter les intervenants de puces, afin de les géolocaliser dans le tunnel au mètre près. De plus, un important système de ventilation, s'appuyant sur les conseils de la Cramif, va être installé. Et si tout va bien, au printemps 2021, le tunnelier ressortira à la station Serge-Gainsbourg. Après être passé par Montreuil-Hôpital et Place Carnot. ■ D. V.

## LE CHANTIER : ÉLÉMENTS CLÉS

- Durée totale prévisionnelle : 76 mois.
- Montant global du marché : 276 millions d'euros.
- Maître d'ouvrage : RATP (maîtrise d'ouvrage conjointe exercée par le Stif et la RATP).
- Maître d'œuvre : groupement ARS – Artélia, Richez Associés, Systra (mandataire).
- Groupement Alliance : NGE Génie Civil, Demathieu Bard, Implenia, Pizzarotti, Franki Fondation et Atlas Fondation.
- Effectif sur le chantier : 240 personnes.
- 4 gares pour le lot GC01, 6 pour l'ensemble du prolongement.
- 3 ouvrages annexes (ventilation et accès pompier).
- Tunnelier de 9 m de diamètre et 100 m de long.

# De la place pour les innovations

Les chantiers du Grand Paris Express sont aussi l'occasion d'innovations, à grande et à plus petite échelle, pour améliorer les conditions de travail. Illustration avec la première utilisation d'un tunnelier vertical en France, et avec un outil de percement aménagé pour réduire l'exposition des compagnons aux vibrations et aux poussières.

**C'EST UNE PREMIÈRE** en France. Un tunnelier vertical, nommé VSM (pour *Vertical Shaft Sinking Machine*) est utilisé sur des lots du Grand Paris Express. Cet engin sert à creuser des puits d'une quarantaine de mètres de profondeur et d'un diamètre variant de 8,80 m à 11,90 m. Il s'agit d'ouvrages annexes qui abriteront des éléments techniques comme des gaines de ventilation et serviront d'accès aux secours. Sur le tronçon T3C de la future ligne 15 sud, qui s'étend sur 8 km entre la gare souterraine de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et la future gare de Villejuif-Louis Aragon, cinq gares sont prévues ainsi que huit ouvrages annexes, espacés d'environ 800 m.

« Nous avons proposé cette solution technique après l'obtention du marché, explique François Colletta, directeur de travaux chez Vinci Construction France. Comme il s'agit d'une première, nous avons choisi de l'utiliser sur quatre des huit puits à construire. Le fabricant de l'outil, Herrenknecht, est très présent en appui. » La méthode traditionnelle consiste à creuser ce type de puits à l'aide d'outils d'excavation (brise-roche hydraulique, bennes preneuses) avec recours à la technique des parois moulées (lire l'article p. 17-18). Pour l'équipe de sept personnes, c'est

donc la découverte d'une nouvelle technique, et l'occasion de nombreux apprentissages.

Sur le site, puits et machine composent un ensemble : le VSM repose sur les parois du puits grâce à trois bras fixes. Au bout d'une tête mobile tourne une fraise qui excave le terrain de façon radiale. Cette opération se fait sous l'eau, pour faciliter l'aspiration des déblais. « Creuser en maintenant les terres inondées réduit considérablement les émissions de poussières et ainsi les risques associés », observe

📷 Ce tunnelier vertical est utilisé pour la première fois en France. Le creusement se fait sous l'eau, supprimant les émissions de poussières. Et il n'y a plus de personnes exposées au fond.

Jean-Philippe Bernard, contrôleur de sécurité à l'antenne 92 de la Cramif. Une fois l'épaisseur de terrain excavée suffisante, les voussoirs en béton qui constituent la paroi glissent vers le fond sous leur propre poids.

Aux dires des responsables, ce chantier s'apparente plus à du travail de fondation profonde qu'au creusement d'un tunnel. « Cette méthode est plus rapide que la méthode traditionnelle, commente Bastien Giraudet, foreur chez Botte Fondations. Avec le VSM, on peut creuser



© Philippe Castano pour l'INRS

## FORER EN SÉCURITÉ

Présentes en nombre sur les chantiers du GPE, les foreuses sont des machines potentiellement dangereuses. Leurs éléments mobiles en rotation exposent notamment à un risque de happement des personnes à proximité. Des accidents graves, parfois mortels, surviennent encore, en particulier avec d'anciennes machines. Certaines entreprises intervenant sur le GPE ont reçu une injonction pour des utilisations non sécurisées. « Pendant 10 ans, on va avoir des activités de forage, la vigilance doit donc être

permanente », décrit Denis Ader, ingénieur-conseil à la Cramif. Les entreprises doivent ainsi évaluer la dangerosité de leurs machines et les mettre en sécurité sur la base de la norme EN 16228 en tenant compte des évolutions possibles de la technique : installation de cages de protection, présence d'un mode « lent » incluant un temps d'arrêt d'un demi-tour de l'élément mobile... Des aides financières peuvent accompagner les entreprises les plus modestes sur ces questions.

*jusqu'à un mètre par jour.* » La technique ne nécessitant plus de présence humaine au fond du puits, il n'y a donc plus d'exposition de personnes aux risques. Et plus besoin non plus de ferrailage, ce qui supprime les manutentions d'aciers et l'exposition aux fumées de soudage. Au terme du creusement du deuxième puits, qui a duré deux mois et trois semaines en lisière du cimetière de Bagneux, l'appropriation de la technologie se passe plutôt bien. « *La plupart des risques se situent sur la machine*, identifie Christophe Rosset, conducteur de travaux chez Dodin Campenon Bernard. *On a rencontré plusieurs pannes dues à l'eau. Nous avons conscience que les interventions sur la machine en panne restent à améliorer.* » « *C'est l'occasion de réfléchir à de nouveaux systèmes*, abonde Johan Wahl, chargé de prévention dans cette même entreprise. *Sur les chantiers classiques, l'environnement de travail change quotidiennement. Ce n'est pas le cas ici, on est plus sur un fonctionnement en mode industriel, on ne fait donc pas la prévention de la même façon.* »

### Innovations techniques et aménagements plus modestes

La même machine étant prévue pour servir sur les quatre puits, des améliorations voient le jour en mutualisant les observations. La pose des garde-corps autour du puits a été renforcée. Des enrouleurs pneumatiques pour flexibles ont ainsi été installés afin de supprimer les risques de chute de plain-pied. Ou encore des inserts ont été pré-intégrés aux voussoirs pour éviter les opérations de scel-

lement après la pose, qui exposaient au risque de chute de hauteur.

Parallèlement à de telles innovations techniques, des aménagements plus modestes ont aussi leur place sur les chantiers du GPE. Sur la commune d'Aulnay-sous-Bois, en Seine-Saint-Denis, les voies d'accès au futur centre de maintenance et de remisage de la ligne 16 font actuellement l'objet du creusement d'une tran-



© Fabrice Dimier pour l'INRS

chée de 500 m de long, dont 250 m couverts et 250 m à ciel ouvert, et de 6 à 15 m de profondeur. Pour couler la dalle du radier, il faut au préalable fixer des aciers sur les voiles en béton déjà en place. Pour ce faire, il est nécessaire de forer des trous à la base de ces voiles. Au total, 5 000 trous sont nécessaires ici.

L'opération s'avère physiquement sollicitante pour les opérateurs. Un ingénieux dispositif a été développé entre le fabricant, Hilti, et Eiffage Génie Civil. Installé sur un rail ajustable en hauteur, manipulé par un bras de levier, l'outil de percement a été aménagé pour réduire la pénibilité de cette opération. Et à la manœuvre, deux

**📷 Outil de percement installé sur des rails et relié à un aspirateur. Cet aménagement réalisé par le fabricant et l'entreprise utilisatrice améliore nettement les conditions de travail des foreurs.**

ouvriers, spécialement formés, enchaînent avec facilité les percements. L'un fore les trous tandis que le second emploie un ferrosacan, un outil spécial pour localiser les aciers présents dans le béton afin de ne pas casser les mèches en creusant. Il matérialise des marques orange et jaunes à la surface. Les points orange indiquent les points de percement idéaux et les points jaunes ceux où seront réellement percés les trous, en fonction des fers présents dans le béton.

Le binôme fore jusqu'à 250 trous par jour, d'un diamètre de 25 mm et de 27 cm de profondeur. Ce dispositif améliore ainsi les conditions de travail par rapport à une méthode traditionnelle. « *On gagne en rapidité, en qualité, en confort, tout est plus facile*, décrit Mohamed Jmoure, foreur. *Et on n'a plus mal au dos le soir.* » Cet aménagement limite aussi les vibrations des bras et supprime les émissions de poussières. Un aspirateur branché directement sur l'outil permet de capter les émissions à la source. « *C'est un investissement non négligeable, de l'ordre de 20 000 € + 7 000 € pour le ferrosacan*, souligne Christophe Gigot, maître compagnon chez Eiffage Génie Civil. *Mais il nous servira à l'avenir. Il reste un dernier point d'amélioration au niveau de la jonction entre l'outil et l'aspirateur, qui est scotché pour le moment. Un coude en aluminium est en attente pour assurer la bonne étanchéité de l'ensemble.* » Le projet GPE est donc aussi un terrain de choix pour innover, inventer, créer de nouvelles techniques ou optimiser les outils existants pour améliorer les conditions de travail, à petite ou à grande échelle. ■ C. R.

**100 milliards**

d'euros, c'est le montant estimé des travaux de construction du GPE par la Fédération française du bâtiment, soit 35 fois le budget d'investissement pour les Jeux Olympiques de 2024.

**48 millions**

de tonnes de déblais vont être extraites des sous-sols franciliens d'ici à 2030. Pour gérer ces volumes, un schéma de gestion et d'évacuation des déblais a été défini par la Société du Grand Paris.

**600 000 m<sup>2</sup>**

de projets immobiliers connexes aux gares du Grand Paris Express sont programmés, dont 200 000 m<sup>2</sup> dédiés aux activités économiques, et à terme entre 250 000 et 400 000 logements à construire.

# Un ascenseur pour terrasser la pénibilité

À Villejuif, dans le Val-de-Marne, le groupement CAP (Vinci Construction-Spie Batignolles) bâtit un ouvrage de service de la ligne 15 sud du métro. Les terrassiers, qui ont excavé la terre de ce puits de 50 m de profondeur, ont bénéficié de l'installation d'un ascenseur qui a été prolongé au fur et à mesure du creusement. Explications.



© Patrick Delapierre pour l'INRS

**EN REFERMANT LA PORTE** de l'ascenseur, Jorge Fernandes, maître compagnon chez Vinci Construction prévient : « Il va y avoir une secousse au départ, mais pas d'inquiétude, c'est normal, c'est comme à la fête foraine ! » Le soubresaut nous ébranle et la descente commence. Depuis la cabine d'un mètre carré, nous voyons les parois de béton défilier à travers le grillage et, au-dessus de nos têtes casquées, l'embouchure circulaire laissant apparaître un bout de ciel bleu diminue... Un nouveau

📺 **Pour faciliter le travail des terrassiers, Vinci Construction s'est rangé à la recommandation de la Cramif : doubler les escaliers d'un ascenseur mis en service à l'avancement.**

choc annonce notre arrivée à destination, 50 m plus bas. Nous sommes au fond du trou.

D'un diamètre de 11,80 m, ce puits creusé sur les terres de la commune de Villejuif, au sud-est de Paris, est un chantier du pharaonique projet du Grand Paris Express. Il abritera l'un des ouvrages de service qui doivent ponctuer, tous les 800 m, le trajet de la ligne 15 sud du métro. Ceux-ci accueillent des systèmes de ventilation pour le renouvellement d'air et serviront d'accès pompiers et d'issues de secours en cas d'incident et de nécessité d'évacuer les rames.

« À vue d'œil, le puits semble circulaire, mais il est en fait composé de 15 faces, signale Fabien Guyon, ingénieur travaux chez Vinci Construction. Chacune de ces parois moulées est épaisse de 82 cm et large de 2,47 m. Elles s'enfoncent à plus de 50 m car, même si le plancher de l'édifice doit être positionné à cette profondeur, il faut s'assurer que ses murs s'appuient sur un sol dur, capable de soutenir l'ensemble. »

Pour construire ce que l'on peut qualifier de véritable tour enterrée, il existe plusieurs techniques. La plus novatrice, qui met en jeu une machine-outil appelée « VSM »

(Vertical Shaft Sinking Machine), sorte de tunnelier vertical, a été mise en œuvre sur d'autres chantiers du Grand Paris (lire p. 22-23). Ici, c'est la méthode traditionnelle dite des parois moulées, très bien maîtrisée et moins onéreuse, qui a été retenue.

## Un ascenseur plutôt que des escaliers

Dans un premier temps, de petites tranchées parallèles espacées de 82 cm, soit l'épaisseur définie pour les parois, sont creusées pour dessiner la forme de la construction. Du béton y est coulé pour donner naissance à deux murettes-guides qui matérialisent les contours du puits. Entre celles-ci, la terre est ensuite excavée par des bennes mécaniques. Pour maintenir la stabilité de ces profondes tranchées pendant toute la durée du forage, un mélange d'argile et d'eau appelé bentonite est substitué au terrain. Des cages d'armature sont ensuite insérées dans cette boue avant que du béton ne soit injecté et, simultanément, la bentonite pompée.

Une fois que le béton a pris, les terrassiers interviennent. Leur mission : retirer la terre de l'espace délimité par les parois moulées. « Habituel-

## DÉTECTION DE GAZ

Au fur et à mesure de l'excavation du terrain, des canalisations ont été régulièrement tirées pour apporter tout ce dont avaient besoin les ouvriers : eau, air, ventilation. Une canalisation vide a été également conçue au cas où il serait nécessaire de prendre le relais d'une des trois premières. La ventilation est d'ailleurs primordiale quand on sait que plus on s'enfonce, plus les gaz toxiques issus des moteurs thermiques comme le CO, le CO<sub>2</sub> et le NO<sub>2</sub> peuvent s'amasser au fond du puits.

En complément du renouvellement d'air, un détecteur quatre gaz, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> plus oxygène, est remis aux équipes afin de les alerter en cas de danger.

« Le détecteur est donné à un compagnon qui reste au fond tout au long du poste, présente Sébastien Gerber, chargé prévention-environnement chez Vinci Construction. Il est identifié chaque matin pendant le briefing de poste. Mais il doit bien entendu pouvoir remonter. Il confie alors le détecteur à un collègue. »

lement, seuls sont installés des escaliers qui sont rallongés pour suivre l'avancée des travaux, explique Jorge Fernandes. Quand vous devez faire l'aller et retour plusieurs fois par jour, c'est vraiment éreintant. » C'est pourquoi, pour faciliter le travail des terrassiers, Vinci Construction s'est rangé à la recommandation de la Cramif : doubler les escaliers d'un ascenseur mis en service à l'avancement. Fixé en haut du puits sur la même structure métallique que les volées de marches qui plongent dans la cavité, son mât est allongé régulièrement afin de permettre aux équipes de parvenir sans effort le plus près possible du fond.

Les derniers mètres se font par le biais de l'escalier qui pousse en parallèle. Car en cas de dysfonctionnement de l'ascenseur, il est primordial de pouvoir tout de même accéder au chantier et surtout en sortir. « Il serait impossible de travailler efficacement si le mât devait être prolongé à chaque mètre parcouru. Il faudrait intervenir sur l'ascenseur quotidiennement en arrêtant le reste du chantier, souligne Fabien Guyon. Nous avons donc suivi l'avis de la Cramif en procédant à son rallongement tous les 13,5 m. » Cela correspond à un immeuble de cinq étages, soit la hauteur à partir de laquelle un ascenseur est indispensable selon la recommandation R477 de la Cnam. Logique de partir sur la même référence pour ce genre de construction en profondeur.

### La nacelle plutôt que l'échafaudage

« Notre document DTE 266, qui reprend la R477, a été diffusé après l'attribution du lot et le groupement CAP ne l'avait donc pas pris en compte dans son marché, précise

📷 L'installation de l'ascenseur a radicalement transformé les conditions de travail habituelles des terrassiers puisque ce type d'équipement n'arrive généralement qu'après leur passage.



Frédéric Hidoin, contrôleur de sécurité à la Cramif. Mais après les réunions d'information, le groupe a décidé d'appliquer cette méthode. » La démarche a radicalement changé la donne par rapport aux conditions de travail habituelles des terrassiers puisque l'installation d'un ascenseur intervient d'ordinaire après leur passage, au bénéfice des corps de métier qui prennent le relais. La productivité y gagne, elle aussi, car si l'on compare la minute 45 que met l'ascenseur pour faire le trajet aux 10 minutes nécessaires pour gravir les degrés à pied, auxquelles il faut ajouter 10 minutes de récupération pour s'en remettre, il n'y a pas photo.

Actuellement, sont menées au fond du puits des opérations d'étanchéité du rameau, court tunnel qui doit faire la jonction entre l'édifice en construction et les voies à venir. Un engin a été descendu pour leur réalisation. « Nous avons préféré amener une

nacelle jusqu'ici plutôt que de monter un échafaudage. Elle permet aux collègues de travailler au plus près des zones qu'ils traitent, sans prendre de positions contraignantes, explique Sébastien Gerber, chargé prévention-environnement chez Vinci Construction. Le rameau étant voûté, atteindre certaines parties depuis un échafaudage est bien plus compliqué. »

Pour supporter la machine élévatrice, un plancher provisoire a été installé à niveau. Une solution plus pratique qu'un remblai qui demande des manutentions supplémentaires. Ce plancher a en outre l'avantage de permettre l'écoulement d'eau et d'éviter aux équipes de patauger dans la boue. « Ce chantier est bien représentatif de la volonté du groupement CAP de prendre en compte nos demandes en matière de prévention et de les déployer sur leurs autres ouvrages du Grand Paris », confirme Frédéric Hidoin. ■ D. L.

## UN ESPACE RÉDUIT

À Villejuif, l'une des difficultés du chantier de l'ouvrage de service de la ligne 15 sud du métro réside dans sa surface restreinte. Coincé entre le cimetière et des maisons d'habitation, il a nécessité une organisation particulièrement stricte en matière de livraison des matières premières, puisque les lieux de stockage sont très limités. « Les jours de livraison, les camions doivent arriver précisément aux horaires définis par nos équipes puisque leurs chargements prennent la place d'éléments qui viennent d'être utilisés, témoigne Fabien Guyon, ingénieur travaux chez Vinci Construction. C'est un peu un jeu de Tétris, dans lequel chaque élément doit pouvoir s'insérer dans la place qui lui est impartie. » En outre, un chemin bétonné a été réalisé entre la base-vie et l'entrée du puits. Sur celui-ci, rien ne doit être entreposé, pour éviter aux ouvriers de chuter.