

La revue technique des entreprises de Travaux Publics

Travaux

n° 840
Avril 2007

Travaux à l'explosif

TRAVAUX À L'EXPLOSIF

- **La Réunion :**
sécurisation de la route du Littoral
- **Fabrication d'explosifs à la Réunion :**
nitrate-fuel et le concept Morse
- **Tramway de Montpellier et boulevard Est de liaison**
- **Clermont-Ferrand :**
le parc-relais Henri Dunant
- **Déroctage maritime**
- **Travaux de minage en montagne**
- **Travaux de minage au « Village de Lessy »**
- **Le forage intelligent**
- **Détonateurs électroniques :**
l'amorçage haut de gamme
- **Les unités mobiles de fabrication d'explosifs**
- **L'instrumentation sur les machines de forage**
- **Le métier de mineur :**
évolutions et perspectives
- **CQP, habilitation des organismes de formation**
- **Profession :** foreur
- **La formation des foreurs :**
une priorité ?

Travaux à l'explosif

PRÉFACE



Jean-Pierre Marchal
Président du Synduex

Le syndicat national des entrepreneurs de TP spécialisés dans l'utilisation de l'explosif (Synduex) a aujourd'hui plus de 15 années d'existence. Ceci est l'occasion de faire un point sur l'évolution et le devenir de la profession tant au travers des techniques mises en œuvre sur les chantiers qu'en matière de formation, de qualification ou de recrutement.

Les entreprises de forage et de minage démontrent au quotidien aux autres acteurs de la profession qu'elles sont des entreprises matures et responsables en matière de sécurité. Conscientes des enjeux en matière de formation et de qualification des métiers spécifiques du forage minage, elles mettent également en œuvre des actions concrètes concernant ces métiers afin de favoriser le recrutement des jeunes et de leur donner les moyens d'évoluer au sein des entreprises : le Synduex a notamment mis en place un CQP¹ et édité divers supports de communication (un DVD des métiers par exemple).

Ce numéro spécial de *Travaux*, grâce aux exemples de réalisations récentes, est pour nous le moyen de montrer le savoir-faire de nos entreprises en matière d'utilisation d'explosif, mais aussi de prise en compte de l'environnement et de ses contraintes spécifiques. En effet, bien souvent, l'utilisation des explosifs est le moyen le plus sûr, le moins polluant tant sur le plan des vibrations que des nuisances sonores, et le plus économique pour réaliser des

déroctages en cadence industrielle, même en site urbain, lorsqu'on le compare aux autres modes d'extraction.

Les chantiers présentés dans ce numéro en apportent la preuve : réalisation de grandes infrastructures en France (A89, descenderie pour le tunnel Lyon-Turin...) comme à l'outre-mer (Route des Tamarins à la Réunion), utilisation des explosifs dans un environnement urbain (parking de Clermont-Ferrand) ou pour des travaux spéciaux (travaux maritimes, minage en montagne) sont autant de témoignages de la grande diversité de nos activités.

Nous espérons à travers ces quelques exemples susciter des vocations auprès des jeunes mais aussi montrer aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre que l'utilisation de l'explosif est bien souvent la solution la plus adaptée pour la réalisation de leur projet, même dans un environnement difficile.

Dans le domaine de l'explosif, plus encore que dans la plupart des activités de travaux publics, il n'y a pas de place pour l'amateurisme : une « technicité maîtrisée » par des professionnels est essentielle à tous, entrepreneurs comme clients, pour assurer l'avenir de notre activité. Nous nous y employons chaque jour !

1. CQP : Certificat de qualification professionnelle

La Réunion : sécurisation Une falaise nécessitant localement

Cet article décrit les travaux réalisés par Can-Simeco, groupement adjudicataire des marchés de sécurisation de la RN1 entre les PR 7+500 et 12+500, lots 2 et 3, sur les communes de Saint-Denis et La Possession.

Les opérations de pose de filets et de grillages sont exposées ainsi que les travaux complémentaires de type déroctage à l'explosif, nécessaires au traitement des glissements en grande masse.

On trouvera également en encadré, le point de vue de la DDE de la Réunion qui assure le pilotage de cette opération (photo 1).



Photo 1

Vue générale de la route du Littoral
General view of the coastal road

Photo 2

Un ouvrage déflecteur
A deflector structure



La RN1 appelée communément route du Littoral est construite en pied d'une falaise hétérogène mélangeant de façon chaotique scories et basaltes nés de différents épisodes volcaniques.

Cette nationale relie les quatre principales villes de la Réunion : Saint-Denis (capitale administrative), Le Port (principal centre d'activités industrielles, commerciales et portuaires), Saint-Paul et Saint-Pierre.

50000 véhicules par jour, soit l'équivalent de 80000 personnes, transitent quotidiennement sur la RN1. Il s'agit donc d'un axe vital pour l'économie de l'île.

L'État et la Région ont signé, le 19 janvier 2007, le financement d'une nouvelle liaison sécurisée de 12,2 km en 2 x 2 voies sur la RN1 entre Saint-Denis et La Possession. Cette « variante B1 » route digue en mer, plus tunnel et ouvrages d'art devrait être ouverte pour partie en 2012 et mise en service sur la totalité du linéaire en 2016.

Dans cette attente, les travaux de sécurisation de la route du Littoral actuelle entre Saint-Denis et La Possession, du PR 3+500 au 12+500, représentent sans doute la plus grosse opération de sécurisation de falaise routière jamais réalisée, sous circulation, à ce jour dans le monde.

Compte tenu de l'importance vitale pour l'île de cet axe routier, la route est coupée uniquement le dimanche entre 6 h et 11 h 30 (arrêté préfectoral) pour effectuer les purges préalables aux travaux de consolidation. Les travaux de protection consistent à la mise en œuvre d'ouvrages souples déformables.

En fonction de la géologie, de la morphologie et des études de trajectographie, quatre types d'ouvrages ont été retenus aux marchés par les experts du CETE Méditerranée, Conseil de la maîtrise d'œuvre :

- nappes de filets métalliques déflecteurs (DE) (photo 2);
- nappes de filets pendus (FPD) (photo 3);
- nappes de filets plaqués (FP) (photo 4);
- écran pare-pierres de barrière de classe 9 (F) - Capacité nominale : 5000 kJ.

Ces dispositifs et ouvrages ont été modifiés en phase projet pour prendre en compte des aspects environnementaux comme la présence d'oiseaux protégés qui nichent dans la falaise.

Les dispositifs de protection retenus sont doublés par des grillages de protection (grillages pendus de sécurité et grillages pendus de protection).

La capacité de retenue de ces ouvrages est limitée aux cas des éboulements les plus fréquents (masse de 50 t fractionnable en éléments indépendants de 5 t). Ils sont conçus pour résister sans dommage à des vents de 300 km/h dans toutes les directions. Tous les éléments les constituant sont situés en bord de mer (câbles, filets, grillages, manilles...); ils sont donc traités anti-corrosion par galvanisation à l'aide d'un revêtement appliqué par immersion à chaud dans le zinc (galvanisation classe A).

L'ensemble des dispositifs de protection de la 2 x 2 voies est complété par la mise en œuvre, en pied de falaise, de gabions de protection d'une hauteur de 4 m (objet d'un prochain appel d'offres) qui constituent un piège à cailloux entre le pied de falaise et la RN1.

Toutefois, le dispositif de sécurisation engagé (filets + grillages + fosse + gabions de 4 m) ne permettra pas de prémunir les usagers de la RN1 de tous les aléas sur les 12,5 km de RN1 surplombés par la falaise. En effet :

de la route du Littoral un traitement à l'explosif

- la surface de falaise « route du Littoral » traitée par grillages et filets à fin 2007 (date prévisible d'achèvement des travaux) représentera seulement 50 % du linéaire total de la route;
- le dispositif de sécurisation n'est pas dimensionné pour contenir un glissement en masse du type de celui survenu le 24 mars 2006.

La prévention de ce type de glissement nécessite une expertise pointue par des géologues et des géotechniciens chevronnés, un suivi permanent et adapté (pose d'extensomètres, comptages et analyses statistiques de chutes de pierres...) et si nécessaire, traitement lourd du type consolidation par ancrages et/ou élimination à l'explosif des masses instables suspectes. Ainsi, sur ce chantier, plus d'une dizaine d'entre elles a fait l'objet à ce jour d'un déroctage à l'explosif.

Un grand nombre a été découvert par nos équipes, et grâce aux 82 cordistes présents quotidiennement en falaise, la route du Littoral n'a actuellement jamais été autant surveillée.

■ Historique de la RN1

- 1963 : Mise en service sur deux voies.
- 1976 : Ouverture en 2 x 2 voies.
- 1986 : Réalisation par Can du confortement de la pointe du gouffre (sortie de Saint-Denis). Béton projeté et ancrages, déjà réalisés sous circulation (au tire-fort sans hélicoptère).
- 1987 : Poursuite du confortement de la Pointe du Gouffre, sécurisation sous circulation par Can de la RN1 : une vraie première dans le domaine de la pose de filets ASM sur de grandes parois.
- 1998 : Recommandations d'un collège d'experts pour abandonner la route du Littoral actuelle.
- 1999 : Mise en place du basculement en mode 2+1 en fonction des conditions pluviométriques.
- 2003 : L'État et la Région décident de cofinancer les travaux de sécurisation de la route du Littoral actuelle.
- 2004 : Concertation sur l'opération de sécurisation en CARIP (Cellule d'analyse des risques et d'information préventive) et enquête publique. Approbation du projet de sécurisation.
- 2005 : Décision ministérielle conclusive du débat public confirmant l'engagement de la sécurisation dans l'attente d'une nouvelle infrastructure améliorant la liaison entre Saint-Denis et l'Ouest de l'île.
- 2005 : Procédure d'appel d'offres pour la sécurisation de la route du Littoral (fournitures des filets et travaux de sécurisation).
- 2006 : 24 mars, éboulement de 35 000 m³ (deux morts et un blessé).

2006 : 8 juin, ordre de service pour le démarrage des travaux de sécurisation du groupement Can-Simeco, lots 2 et 3 tranches fermes.

2006 : 13 août, déroctage à l'explosif de deux masses rocheuses instables aux PR8 et PR 10+800.

2006 : 18 octobre, ordre de service pour le démarrage des travaux de sécurisation du groupement Can-Simeco, lots 2 et 3 tranches conditionnelles.

2006 : Novembre, mise en place sur le secteur du groupement Can-Simeco entre le PR8 +500 (La Grande Chaloupe) et le PR 12+500 (La Possession) d'un nouveau mode de circulation : le mode 2+1+1, solution optimisée de circulation sur quatre voies plébiscitée par les usagers de la RN1 (cf. *infra* « Mise en place d'un nouveau mode de circulation »).

2006 : 12 novembre, tirs de masses rocheuses (cinq écaïlles).



Philippe Cappello
Directeur de travaux
Groupement
Can-Simeco



Mathieu Mallet
Conducteur de travaux
Groupement
Can-Simeco



Daniel Carrier
Directeur
SGTPS

Crédit photos : Can-Simeco



Photo 3
Un ouvrage en filets pendus
A hanging net structure



Photo 4
Un ouvrage en filets plaqués
A clinging net structure

La Réunion : sécurisation de la route du Littoral. Une falaise nécessitant localement un traitement à l'explosif

Photo 6

Vue générale de la route du Littoral après purge
General view of the coastal road after rock removal

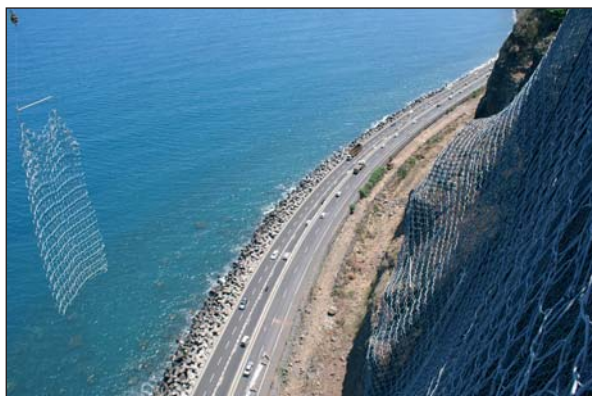


Photo 5

Superposition des ouvrages entre le PR7 +500 et 8+500
Superimposed structures between points PR7 +500 and 8+500



- 2006 : Novembre, purges aux coussins hydrauliques au PR 11+150 d'une chandelle de 1200 m³ (volume estimé - Base expertise CETE de Lyon).
- 2006 : 12 décembre, tir de mines au PR 11 (huit blocs) et au PR 11+250 (deux blocs).
- 2007 : Janvier, décision du financement de la nouvelle route du Littoral (tracé B1 - Route digue).
- 2007 : 28 janvier, tirs de masses rocheuses au PR 9+200 (une écaille).
- 2007 : Février, pose d'extensomètres au PR 12+100.
- 2007 : 1^{er} semestre, lancement prévisionnel des appels d'offres pour la fourniture et la pose d'écrans pare-pierres.
- 2007 : Décembre, date prévisionnelle de livraison des tranches fermes et conditionnelles du groupe-ment Can-Simeco.

■ Les aléas

Les éboulements de grande ampleur (supérieurs à 1000 m³)

Il s'agit des éboulements dont le volume ne peut être repris par le piège à cailloux (fosse en amont de la RN1 entre le pied de falaise et le mur en gabions).

Pendant sa construction et depuis sa mise en service, la route du Littoral a été affectée par six glissements majeurs :

- 1961 : 200000 m³ au PR 3 (phase travaux);
- 1980 : 40000 m³ au PR 2;
- 1980 : 4000 m³ au PR 5+100;
- 1987 : 5000 m³ au PR 3+800;
- 1993 : 2000 m³ au PR 2+800;
- 2006 : 35000 m³ au PR 11 +900 (24 mars).

Ces événements peu prévisibles, surviennent souvent après un épisode très pluvieux et/ou en période cyclonique.

La surveillance et le traitement de ces zones sur le court, moyen et long terme nécessitent une grosse

quantité de moyens. Ceux-ci sont rarement, sur la durée, en adéquation avec l'ampleur de la tâche.

Les chutes aléatoires de pierres et/ou blocs d'un volume inférieur à quelques dizaines de mètres cubes

Le traitement de ces volumes fait l'objet des travaux de sécurisation actuels. On peut estimer d'après les comptages effectués par l'exploitant, qu'il tombe sur les chaussées de la RN1 plus de 180 t par an, répartis en 150 événements.

Les 121 ouvrages construits dans le cadre de notre marché ont été positionnés, après expertises de l'exploitant, dans les secteurs où statistiquement les risques de chutes de pierres sont les plus élevés (photo 5).

■ Financement

83 millions d'euros (base 2004) sont consacrés à ce projet, porté par l'État et la Région.

L'opération de sécurisation de la route du Littoral par filets et grillages est divisée en trois lots, pilotés par la DDE de la Réunion (maître d'œuvre).

■ Caractéristiques du tracé

La RN1 entre le PR7 +500 et 12+500 se situe au pied d'une falaise de hauteur comprise entre les cotes 120 NGR et 210 NGR. C'est une 2 x 2 voies avec BAU et GBA centrale (photo 6).

Certaines voies, comme au droit du PR 9+500, sont surplombées directement par la falaise, ce qui les expose particulièrement aux risques de chutes de pierres. L'assise de la chaussée est souvent en profil mixte (déblais pour les voies côté montagne et remblais pour les voies côté mer).

Les remblais côté mer sont confortés par des murs en écailles, maintenus par des tirants.

Ponctuellement et notamment au droit du PR 9+500 les chaussées sont décalées.

La falaise est découpée par de très nombreuses ravines, zones d'écoulement vers l'océan des eaux pluviales récupérées des bassins versants.

La Réunion détient de nombreux records mondiaux de pluviométrie et ces ravines peuvent donc rapidement se mettre en charge.

■ Géologie sommaire

La géologie du secteur concerné par les travaux de la route du Littoral est issue d'éruptions volcaniques. Les

coulées se caractérisent par des faciès lithologiques très hétérogènes, formés de l'accumulation des épanchements volcaniques, avec des strates de natures, d'épaisseurs et largeurs très variables (du décimètre au décimètre).

Les scories succèdent donc aux basaltes de façon aléatoire et chaotique.

Ces faciès sont affectés par de nombreuses fissures de refroidissement et on constate fréquemment au droit des failles et/ou diaclases, la présence de tunnels de lave.

Ces fractures subverticales qui affectent en grand nombre les falaises, constituent des gîtes pour les oiseaux, notamment les pailles en queue, mais sont également des lieux privilégiés pour la circulation des eaux pluviales.

Les alternances scories « perméables », « basaltes » et « imperméables » peuvent également favoriser ces circulations.

Ces différentes coulées sont surmontées de terrains meubles de couvertures constituées de limons, d'un enclassement de cailloux, de blocs et de colluvions.

La tête de falaise (pente de 25° à 40°) est constituée par cet amalgame de sol et de blocs qui, une fois lessivé par la pluie, peut entraîner la chute de blocs de tailles variables.

La falaise proprement dite est subverticale et très fracturée.

Les bancs les plus compétents (les basaltes) reposent parfois sur les bancs les plus friables (les scories) ou vice versa. Ces superpositions aléatoires de couches associées au lessivage du substratum par les intempéries créent donc dans le temps, soit des surplombs, soit des risbermes fréquemment en pente entre 30 et 40°. Ce qui conduit dans le premier cas, à une rupture par basculement de blocs de basalte et dans le deuxième cas, à un strapontin pour blocs dirigés vers la RN1.

■ Descriptif sommaire des travaux de sécurisation

Les travaux ont débuté en juin 2006 et le planning prévisionnel prévoit la fin de sécurisation de la route du Littoral par filets et grillages pour décembre 2007.

Pour le traitement des masses rocheuses au PR8 et 10+800, un délai supplémentaire d'un mois a été accordé au groupement.

Les travaux de sécurisation consistent principalement à mettre en place des écrans souples susceptibles de retenir les chutes de pierres et blocs inférieurs à une vingtaine de mètres cubes (photos 7, 8 et 9).

Deux hélicoptères de type Lama SA315 B (capacité de levage 1 000 kg environ) basés sur le site de la Grande Chaloupe sont affectés aux travaux aériens. L'absence



Photo 7

Les cordistes au travail
Rope-harnessed personnel at work



Photo 8

Pose d'une nappe de grillage de 400 m²
Placing a 400 sq. m layer of wire netting



Photo 9

22 000 m² de filets sur FPD10 lot 2
22,000 sq. m of nets on FPD10 work section 2

La Réunion : sécurisation de la route du Littoral. Une falaise nécessitant localement un traitement à l'explosif

Tableau I

Principales quantités des marchés lots 2 et 3
Main contract quantities, work sections 2 and 3

Libellé	Quantités
Heure de purge	5000 heures
Pose de grillages de sécurité	230 000 m ²
Forage d'ancrages	21 000 ml
Pose filets	250 000 m ²
Ecran pare-pierres de classe 9	430 ml
Volume miné	4000 m ³

Figure 1

Mode de circulation normal 2 x 2 voies
Normal two-lane dual-carriageway traffic mode

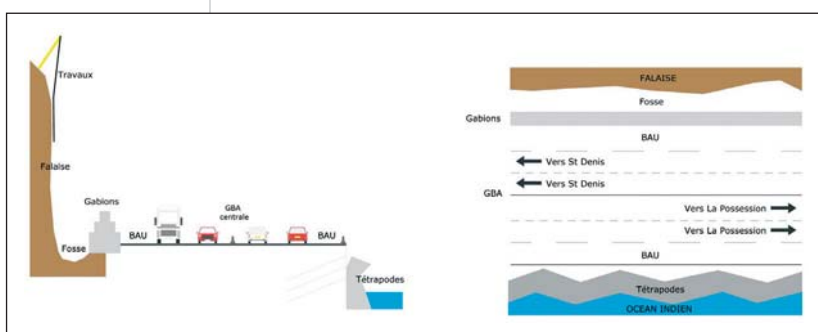
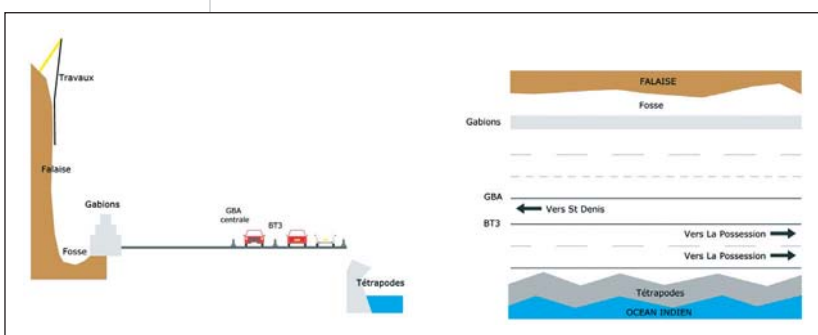


Figure 2

Mode de circulation basculé 2+1 voies
Crossover traffic mode, 2+1 lanes



de piste d'accès en tête de falaise conduit à réaliser par hélicoptage toutes les tâches de transport du matériel et du personnel mais également toutes les maintenances nécessaires à la réalisation des ouvrages. Les principales quantités des marchés lots 2 et 3 sont reportées dans le tableau I.

■ Trois modes d'exploitation de la RN1

La route du Littoral est exploitée par la DDE de la Réunion qui est également maître d'ouvrage et maître d'œuvre sur cette opération de sécurisation.

Mode d'exploitation normal (figure 1)

En mode normal la circulation sur la route du Littoral se fait en mode 2 x 2 voies + BAU (bande d'arrêt d'urgence) séparée par une GBA centrale.

Mode d'exploitation 2+1 (figure 2)

Face à la densité du trafic et au nombre de chutes de pierres, l'État a mis en place en 1999, en cas de forte pluie, une procédure qui permet d'éloigner la circulation du pied de la falaise en reportant le trafic des chaussées côté montagne vers les chaussées côté mer. C'est un mode de circulation en 2+1 alterné en fonction des horaires et du flux de véhicules (le matin : deux voies côté Saint-Denis, et le soir deux voies côté La Possession). La voie unique (+1) est également appelée « canal bichique ».

La BAU côté mer est dans ce cas utilisée comme une chaussée réduite et les flux de circulation sont dans ce cas séparés par des plots béton. Ainsi, si la hauteur de pluie mesurée par l'un des trois pluviomètres installés entre le PR1 et le PR13 est supérieure à 15 mm en 24 heures, les chaussées côté montagne sont fermées. Le mode d'exploitation de la RN1 en 2+1 est à ce moment-là activé dans le secteur de la RN1 concerné par le dépassement. La RN1 fonctionne en mode 2+1 pendant 24 heures, pour une pluviométrie comprise entre 15 et 30 mm et pendant 72 heures au-delà de 30 mm.

Cette solution innovante et unique est réalisée à l'aide d'une glissière mobile constituée de plots béton amovibles (BT3). Ce dispositif est mis en place en une heure environ par une machine de transposition. Les Réunionnais surnomment les deux machines nécessaires au basculement « la Di » et « la Fe ».

Ce mode d'exploitation en 2+1 induit par contre des perturbations importantes, dues à la réduction du nombre de voies et l'absence de BAU. On observe dans ce cas :

- une augmentation du temps de parcours et du volume des bouchons (4 à 5 km en moyenne);
- une augmentation du coût d'exploitation lié au basculement;
- une augmentation de la probabilité d'occurrence de chutes de pierres sur un véhicule sur la chaussée unique.

Le mode 2+1 pose, en outre, des problèmes d'intervention aux véhicules de secours en cas d'accident et/ou panne de véhicule. La route du Littoral, axe économique vital de l'île, n'est donc coupée que dans trois cas :

- houle;
- cyclones;
- pendant 5 heures pour les purges dominicales nécessaires à la construction des ouvrages de sécurisation.

Une procédure de fermeture de la route du Littoral est en cours de validation, dès que le seuil de pluviométrie de 50 mm est dépassé.

Pendant la durée des travaux de sécurisation, entre 9h30 et 11h30, le groupement est autorisé à effectuer

La route du Littoral : une hantise collective de 13 km de long entre falaise et mer

Axe majeur de la vie réunionnaise, perçue tel le cyclone et le volcan comme une fatalité, aucune alternative n'existe pour assurer le déplacement quotidien de 80 000 personnes entre l'Ouest, notamment le port poumon économique de l'île et la préfecture Saint-Denis. Quiconque connaît la Réunion est passé sur cette route et l'a remarquée...

Depuis sa création en 1963, c'est une lutte constante pour offrir aux usagers en nombre croissant, des garanties de fluidité et de sécurité. Sur 12 km, la falaise produit annuellement 10 000 t de pierres sur cette route. Heureusement, ce sont « seulement » 180 t qui atteignent les chaussées, constat qu'il est difficile de faire accepter socialement. Le gestionnaire doit sans cesse assumer l'ouverture d'une route vitale exposée aux nombreuses chutes de pierres et rechercher en permanence la réduction des risques à la source.

Ainsi est née l'opération de sécurisation de la route du Littoral, 83,4 M€, cofinancée à 50 % par l'État et la Région.

Une opération hors du commun

Depuis 1997, 215 000 m² de filets ont été posés sur la falaise sur les 3,5 km immédiatement à la sortie de Saint-Denis. La nouvelle opération consiste à doter les 9,5 km restant à sécuriser d'un dispositif efficace filets-fosse-gabions pour réduire les chutes de pierre sur la route : les filets arrêtent ou guident les rochers emprisonnés en pied de falaise et les gabions permettent de les contenir dans les fosses à cailloux.

Ce sont en fait 166 ouvrages de protection à réaliser sur la falaise qui sera recouverte de 450 000 m² de filets, soit l'équivalent de 80 terrains de football. Le challenge est de taille : faire en 18 mois le double de ce qui a été fait ces 10 dernières années.

L'opération se décompose en 5 principaux marchés : 2 lots techniques de fourniture de filets pour un montant global de 17,8 M€ et 3 lots géographiques de pose s'élevant à 33,7 M€. Ainsi le volet filet représente près des deux tiers de l'opération de sécurisation.

Les difficultés techniques sont liées à la spécificité des travaux acrobatiques, accrues par un environnement très contraint et le nécessaire maintien de la circulation : il est inconcevable de fermer cet axe vital et les cadences d'avancement de chantier en découlent directement.

Elles sont également liées à la découverte impromptue d'un état dégradé de la falaise, friable et génératrice de nombreuses failles et instabilités qu'il convient de traiter une fois mis à jour.

Une année 2006 traumatisante

Alors que l'opération de sécurisation entre en phase opérationnelle en début d'année 2006, la falaise se manifeste, telle le Piton de la Fournaise : 35 000 m³ se décrochent, occasionnant 2 morts et 1 mois de fermeture de la route.

À cet éboulement en grande masse, s'ajoutent nombreuses chutes de pierres aux conséquences dramatiques qui ont exacerbé la hantise collective : alors qu'en 13 ans, on dénombre 14 accidents par chutes de pierre occasionnant 5 morts et 18 blessés, 2006 se singularise par 6 accidents, 4 décès et 11 blessés.

Inutile de chercher plus loin, le coupable est immédiatement mis en accusation : sans que la relation de cause à effet ne puisse être avancée, les interventions sur la falaise sont pointées du doigt.

La multiplication des événements a jeté l'anathème sur les travaux engagés et une grande débauche d'énergie est investie à l'encontre de la décredibilisation de l'opération de sécurisation. Difficile en effet, de contester que l'intervention de l'homme sur la falaise ne la fragilise pas. Seule une action rapide pour conforter par pose de grillages et de filets les cicatrices provoquées par le débroussaillage et les purges manuelles peut apporter un démenti.

Ainsi, à chaque ouvrage commencé, et il y en a 166, une véritable course contre la montre s'engage pour le terminer et apporter le gain de sécurité escompté.

Une exploitation perturbée de la route du Littoral

Alors qu'on dénombre en moyenne 63 jours de basculements annuellement et 2 à 3 jours de fermeture, l'année 2006 aura été particulièrement perturbée par les différents événements :

- 44 jours de fermetures complètes, incluant 8 jours réservés à la circulation des poids lourds. 27,5 jours découlent de l'effondrement et 9 jours des travaux de sécurisation de la falaise ;
- 162 jours de basculement dont 75 jours liés à l'effondrement du 24 mars et 53 liés aux travaux de sécurisation.

Ces statistiques concourent pleinement à la pression sociale et médiatique mise sur ce chantier.

Une réactivité et une anticipation de tous les instants

La falaise se découvre progressivement plus fragile que prévue et chaque découverte d'instabilité nécessite un traitement particulier. Outre le point d'orgue que fut l'élimination par minage de 1 200 m³ les 13 et 14 août par Can-Simeco, des éliminations à court terme, voire sans délais ont été réalisées pour assurer la sécurité des usagers de la RN1.

Chaque chute de pierres sur la route du Littoral est vécue comme un fait de société se transformant en drame lorsque ses conséquences sont tragiques. Une formidable pression est ainsi ressentie pour finir au plus tôt cette opération. Maîtres d'ouvrage et d'œuvre se sont engagés avec les entreprises spécialisées dans la livraison accélérée de filets aux entreprises de pose pour satisfaire leurs besoins au-delà des clauses contractuelles.

Toute intervention impactant sur la fluidité de la circulation est vécue comme une forte contrainte, aux

conséquences économiques néfastes. Le challenge partagé avec les entreprises de pose de filets a été de réduire au maximum les limitations de circulation, que ce soit les purges organisées tous les dimanches ou les microcoupures en semaine.

La plus belle initiative est sans nul doute la mise en œuvre d'un nouveau mode d'exploitation, dit « 2+1+1 » avec le groupement Can-Simeco. Alors que la configuration de la falaise aurait nécessité un basculement prolongé de la route du Littoral sur les voies côté mer, le système mis en place permet de conjuguer 2 voies dans chaque sens de circulation et interventions sur falaises dans les zones particulièrement contraintes. La réussite de ce mode d'exploitation, a fait qu'il est prolongé jusqu'à fin avril 2007, à la satisfaction de tous, surtout des usagers ce qui est assez rare pour le souligner.

Les bons augures de l'année 2007

Les événements de 2006 ont relancé le débat sur une nouvelle route du Littoral dont les modalités de financement sont désormais entérinées. C'est pour le gestionnaire et l'ensemble des acteurs de la sécurisation la pleine mesure d'une opération à réussir sur une route qui a encore quelques années de service à rendre, sous une pression sociale sans cesse accrue qui voit désormais une issue à cette route hors du commun.

Les bonnes conditions météorologiques rencontrées sur la route du Littoral depuis quelques mois permettent aux entreprises de continuer à travailler sur falaise. Sans les interruptions de chantiers généralement importantes durant la saison cyclonique, 2007 devrait être une année exceptionnelle en matière de pose de filets et signifier l'achèvement de la pose sur une route enfin sécurisée.

Ce chantier est sur de bons rails, bien « maîtrisé » mais il n'est pas achevé. La sagesse née des événements passés nous impose de poursuivre nos efforts conjugués durant toute l'année 2007.

Il faut reconnaître que les entreprises ont complètement intégré cet environnement spécifique à la route du Littoral pour réussir un chantier aussi particulier. Particulier dans ses quantités, particuliers dans ses modes opératoires, particulier dans sa sensibilité.

Il restera surtout particulier par la capacité des acteurs à s'adapter à des conditions évolutives et une pression sociétale démesurée, à s'engager sans compter pour respecter un objectif simple et partagé : finir au plus tôt.

De cet engagement découle notre réussite collective. Je n'ai aucune réserve sur la volonté du groupement Can-Simeco d'y parvenir, comme il l'a démontré tout au long de l'année 2006 qui nous aura définitivement tous mis sous les projecteurs.

Ivan Martin

Chef du Service gestion de la route - DDE Réunion

La Réunion : sécurisation de la route du Littoral. Une falaise nécessitant localement un traitement à l'explosif

Figure 3
Mode de circulation
4 voies optimisé
2+1+1
Optimised 4-lane
traffic mode, 2+1+1

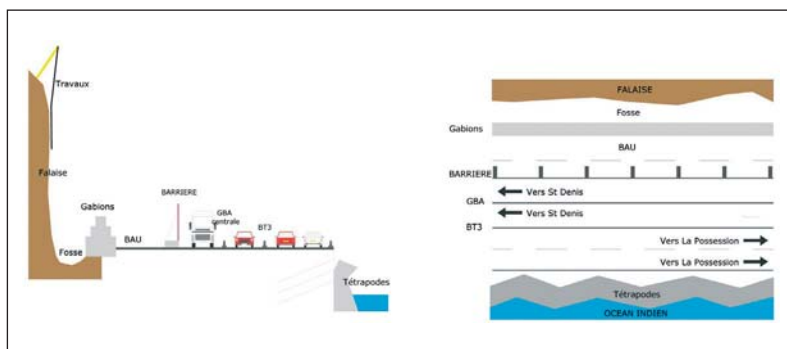
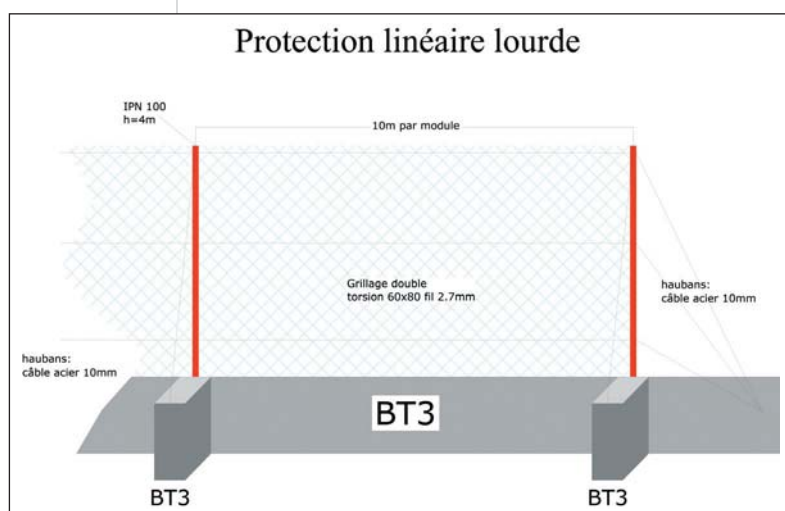


Figure 4
Schéma de principe
de la protection
lourde
Schematic diagram
of heavy protection



en semaine des microcoupures de 15 minutes espacées de 20 minutes pour permettre au flux de véhicules de s'écouler.

2006-2007 : mise en place d'un nouveau mode de circulation optimisé (figure 3)

Une analyse des risques, par tâches élémentaires, des travaux de sécurisation est effectuée sur chaque ouvrage par le responsable sécurité du groupement Can-Simeco et s'appuie sur deux principes fondamentaux :

- la nécessité de protéger les cordistes pendant toutes les phases de construction des ouvrages ;
- la nécessité de protéger les usagers de la RN1 des risques de chutes de pierres pendant les phases de travaux.

Cette étude prend en compte les éléments suivants :

- la trajectoire des blocs avant impact sur la chaussée pendant les opérations de purges du dimanche (photo 10) ;
- la répartition spatiale des blocs purgés selon quatre possibilités :
 - > blocs dans le piège à cailloux,
 - > blocs sur chaussée côté montagne,
 - > blocs sur chaussée côté mer,
 - > blocs en mer ;



Photo 10

Dégâts sur chaussée après purge
Damage on pavement after rock removal

- la pente du versant et de la falaise ;
- la hauteur de la falaise ;
- un constat de l'état des protections de type gabions après purges.

Cette double obligation de résultat en matière de sécurité a conduit le groupement Can-Simeco à proposer à la DDE, au droit des ouvrages les plus sensibles, la mise en place sur la chaussée côté montagne, d'une protection linéaire lourde de 4 m de haut (figure 4).

À ce jour cette protection a été mise en place dans deux secteurs sur environ 500 m linéaires au droit des ouvrages les plus sensibles.

De plus, en cas de chutes de pierres de petit volume, elle remplace efficacement les gabions dans les secteurs où les purges préalables du dimanche ont détruit ou endommagé les gabions.

Ces considérations sur l'état des gabions et l'appréciation partagée par l'entreprise et la DDE sur le rôle positif joué par cette barrière lourde ont conduit l'exploitant de la RN1, en partenariat avec le groupement à « inventer » un nouveau mode de circulation pour la RN1 entre la Grande Chaloupe PR 8+500 et la PR 12+500 : le mode 2+1+1.

Cette solution alternative présente de nombreux avantages par rapport au mode 2+1 basculé. Parmi les plus évidents, on peut citer :

- un temps de parcours réduit et des bouchons en régression ;
- la diminution, grâce au trafic plus fluide, de la probabilité d'occurrence d'une chute de pierre en impact direct sur un véhicule ;
- une plus grande facilité d'intervention pour les véhicules de secours ;
- l'absence de bouchons consécutifs à l'intervention de la machine effectuant le basculement en mode 2+1.

Figure 5

Profil en travers de la masse V1 au PR10 + 800
Mass cross section V1 at PR10 + 800

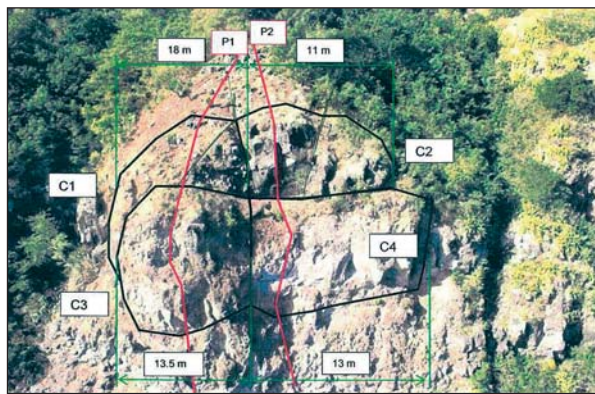


Photo 11

Détail des compartiments au PR10 + 800 : zone minée
Detail of compartments at PR10 + 800 : blasted area

■ Les opérations de minage sur la RN1 – Cadre général

Ces opérations spécifiques sont décidées au coup par coup en fonction de l'analyse de l'état de la falaise reconstruite après débroussaillage et purges dominicales. Elles concernent en général des volumes importants découverts lors des investigations de la falaise par les cordistes (ces blocs ou dièdres n'étant en général pas visibles avant les opérations de débroussaillage).

À ce jour, nous avons réalisé le minage de plus d'une dizaine de ces masses instables. Ces opérations ont concerné des volumes en falaise compris entre 20 et 2000 m³ et surplombant la route du Littoral de plus de 100 m (180 m pour le minage du PR10 +800).

Ces tirs sont réalisés le dimanche et nécessitent donc une organisation particulière et un timing précis. En effet, l'objectif de l'ensemble des intervenants et notamment de l'exploitant de la RN1 est d'ouvrir la route du Littoral dans les cinq heures qui suivent le ou les tirs, soit le dimanche avant 11h30.

Les tirs concernent uniquement des masses qui ne peuvent être purgées ou consolidées par des techniques conventionnelles (cannes à purges, coussins pneumatiques de 70 t, vérins, ancrages...) et dont les volumes trop importants menaceraient, en cas d'éboulement, la pérennité des ouvrages à construire dans le cadre du chantier.

Zoom sur une opération de grande ampleur

Il s'agit du minage dans la même séquence de mise à feu de deux écailles rocheuses d'un volume de 1400 m³ situé au PR 10+800 (ouvrage FPD7). C'est la plus grosse opération de minage réalisée à ce jour sur le chantier, aussi bien en termes de volume, de hauteur,

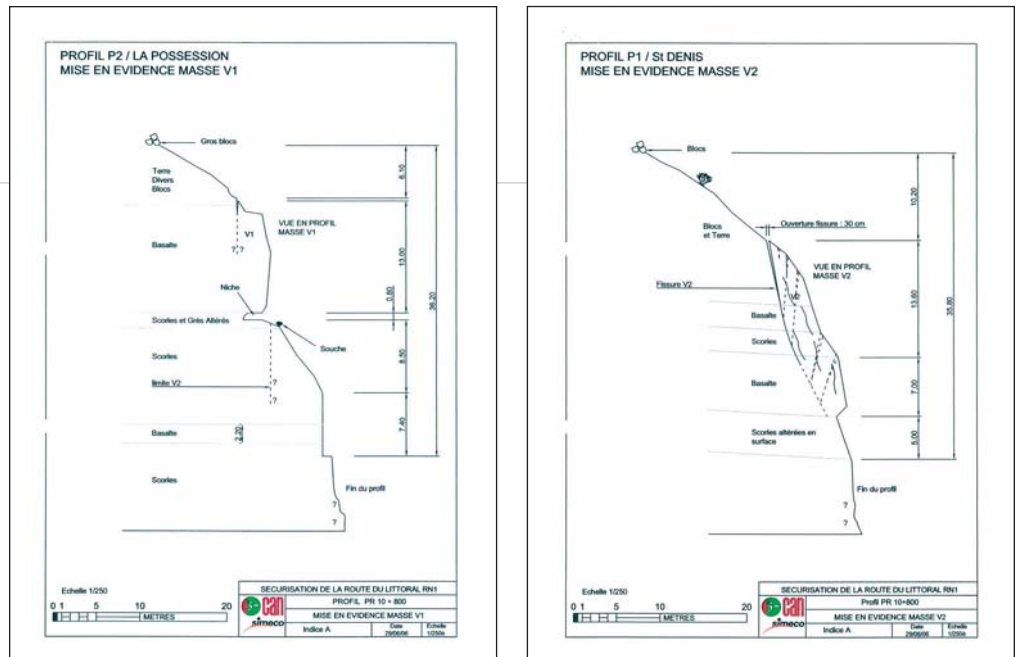


Figure 6

Profil en travers de la masse V2 au PR10 + 800
Mass cross section V2 at PR10 + 800

de chute, que de moyens (protection préalable des usagers pendant la phase de foration des écailles, protection de la chaussée, reconstruction des murs en gabions...).

Dans la même matinée a été traitée à l'explosif une autre écaille (200 m³) sur l'ouvrage surplombant la route au PR8.

Le traitement de ces deux zones (PR10 +800 et PR8) a été décidé (préalablement au démarrage du chantier et après attribution de celui-ci au groupement Can-Simeco) par une mission d'experts mandatés par le ministère (et ce après l'éboulement du 24 mars 2006). Afin de valider le diagnostic, ces masses ont été auscultées en temps réel grâce à des extensomètres équipés d'une carte GSM et d'un modem pour la transmission des données (système Myotis).

Déroctage à l'explosif de 1200 m³ en falaise au PR10 +800 (photo 11)

Les écailles rocheuses repérées V2 et V1 supérieure au droit du PR 10+800 surplombent la RN1 et présentent des zones d'instabilités potentielles. Dans ce secteur, le bureau d'ingénieurs conseils Geolithe associé à Myotis a mis en place, le 6 juillet 2006, six extensomètres. Ceux-ci présentaient des déplacements essentiellement sur les masses V2 (compartiment référencé C3 par Geolithe) et la partie supérieure de V1 (compartiment référencé C2 par Geolithe).

- Volume estimé pour le compartiment référencé C3 par Geolithe : 800 m³.
- Volume estimé pour le compartiment référencé C2 par Geolithe : 400 m³.

Afin de limiter la gêne aux usagers de la RN1, les travaux de foration ont eu lieu de 7h00 à 17h00, 7 jours sur 7, soit 70 heures par semaine.

Une partie des travaux a été réalisée en temps masqué. Concernant la géologie des écailles, il s'agit d'une alternance de basaltes et de scories (figures 5 et 6).

La Réunion : sécurisation de la route du Littoral. Une falaise nécessitant localement un traitement à l'explosif

Photo 12

Les travaux préparatoires à l'opération de minage

Preparatory work for the blasting operation

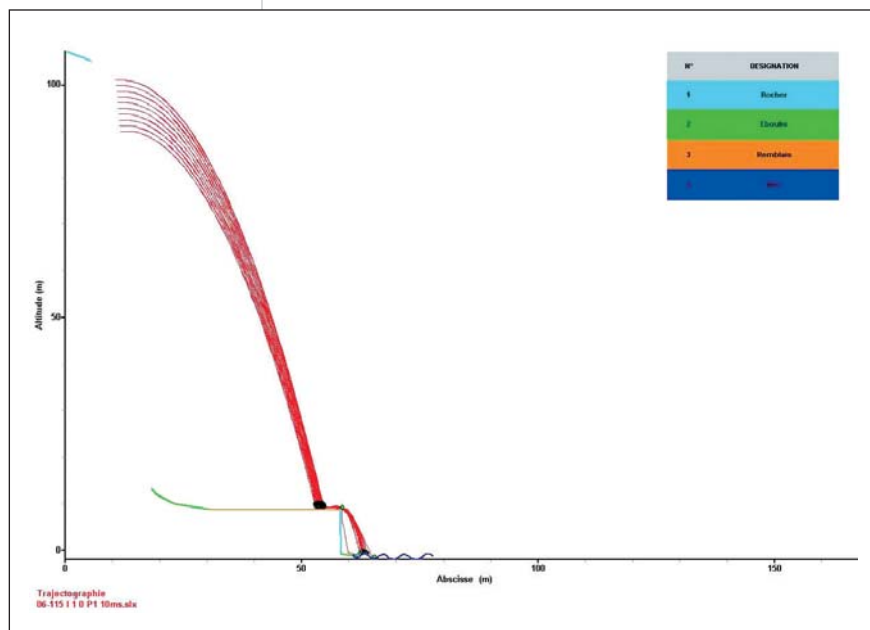


Figure 7

Simulation de trajectographie

Simulation of trajectory calculation



Travaux préparatoires préalables au tir. La foration des trous de mines

Pour assurer la protection des usagers de la RN1 pendant cette opération, il a fallu mettre en place, en mode 2+1, sur la chaussée côté montagne, une protection lourde constituée par des écrans grillagés (100 ml) et gabions (40 ml) (photo 12).

Cette barrière lourde est de type :

- blocs préfabriqués équipés d'une structure acier de type UPN + écran grillagé 60 x 80 mm, double nappe. Hauteur 4 met longueur 100 m;

- gabions sur 40 ml sur deux étages soit 3 m de hauteur (ce dispositif est complété à la demande du CETE sur environ 1 m par un écran équipé de grillage double nappes); la hauteur globale du système de protection au droit des gabions est donc de 4 m.

Dimensionnement du tir

Compte tenu du volume du tir, de la hauteur de chute des matériaux, de la structure de la chaussée, et pour mieux évaluer la surface de chaussée à protéger par des remblais, nous avons réalisé avant le tir des simulations numériques en fonction de différentes vitesses d'éjections du massif.

Selon la trajectographie retenue (vitesse d'éjection entre 5 et 10 m/s) nous avons défini la quantité d'énergie explosive nécessaire à l'obtention de cette vitesse (figure 7). Cette énergie correspond approximativement à une charge spécifique de 600 g/m³, avec le type d'explosif utilisé.

L'objectif majeur du tir est d'obtenir une bonne fragmentation (0-300 mm) pour éviter la rupture de la chaussée (constituée de remblais sur 9 m environ maintenue par un mur en écailles équipé de tirants).

Forage

La foration a été réalisée sur une hauteur de 15 m pour la masse V1 (12 trous de mines) et sur 6 à 8 m (9 trous de mines) pour la masse V2 à l'aide de deux foreuses légères de type BBAS Stenwick T10 équipées d'un marteau fond de trou.

Les forages étaient espacés selon une maille théorique de l'ordre de 2 à 3 m², Ø 76 à 89 mm. Si nécessaire équipement du trou (tubage en PVC Ø 70 mm extérieur) en cas d'utilisation de nitrate-fuel (NF) ou Ø 60 mm (Nitram).

Les derniers trous se trouvaient à environ 0,70 m de la fissure principale (inclinaison 80° environ en surface).

Plan de tir et séquence d'amorçage

Explosifs utilisés (tableau II)

Les explosifs ont été hélicoptés en falaise et mis en œuvre pour une mise à feu le 13 août 2006 à 7h00 au PR 8 et à 7h30 pour le PR10 +800. L'amorçage a été réalisé avec des détonateurs fond de trou.

Chaque trou de mine possédait un retard de même numéro en tête et en pied de charge afin de garantir la détonation de chaque trou et l'absence d'une discontinuité de charge.

Les masses V1 et V2 ont été traitées dans la même séquence de mise à feu avec un explodeur séquentiel (retard entre le départ des deux masses : 333 millisecondes).

Type/Marque	Caractéristique cartouche			Energie en piscine - Mj/kg			Type d'utilisation
	Diam.	Poids	Long.	Choc	Gaz	Totale	
NITRAM 9	35	500	422	1.71	2.07	3.78	Cartouche amorce
NITRAM 9	50	1000	435				Cartouche amorce
NITRAM 9	60	1560	450				Cartouche amorce
NITRAM 9	70	2050	460				Présence d'eau
NITRAM 9	80	2800	450				Présence d'eau
VRAC	densité						
D8	0.86						Fragmentation

Tableau II

Types d'explosifs utilisés

Types of explosives used

La séquence d'amorçage privilégie les surfaces libres. Le principe est d'ouvrir la séquence perpendiculairement à la direction de la route pour optimiser les volumes abattus dans la fosse (photo 13).

Autres travaux réalisés dans les 36 heures après le tir

La zone minée a été sécurisée par des purges et un grillage de protection :

- tir d'une masse résiduelle de 150 m³ (cette masse a été traitée le lendemain);
- purge de la zone de tir et pose d'un grillage de protection.

Travaux en partenariat en phase de préparation de tir

Le groupement Can-Simeco a sous-traité à la société SGTPS (Société Générale de Travaux Publics et Spéciaux) les travaux de protection de la route du Littoral, l'évacuation des déblais provenant des tirs et des purges manuelles ainsi que la construction d'un mur en gabions d'une hauteur de 4 m en remplacement du volume de gabions détruits par l'explosion.

Pour limiter les coupures totales ou restrictions de circulation, ces travaux ont été réalisés suivant un phasage et un planning d'intervention très serré incluant notamment des travaux de nuit.

Phasage des travaux

Pendant la phase de préparation des tirs (foration des trous de mines), la circulation devait être maintenue et protégée dans les deux sens, sur les deux voies côté mer.

Simultanément une protection horizontale et verticale était mise en œuvre sur la chaussée côté montagne (circulation en mode 2+1).

1. Protection de la circulation côté mer pendant la

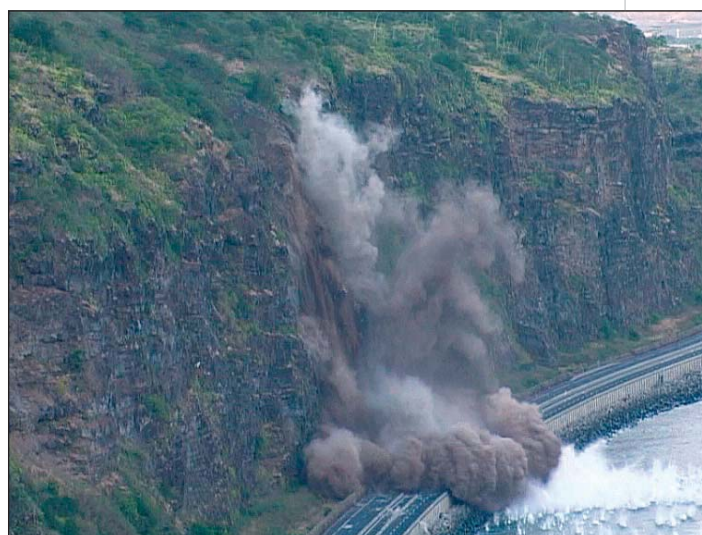


Photo 13

Le tir

Blasting

préparation des tirs : réalisation, côté montagne, d'un mur de protection en gabions de 50 ml de longueur et 3 m de haut contre la GBA centrale. En complément, mise en place par le groupement d'un filet métallique de 100 m de long et 4 m de haut de part et d'autre et à l'arrière du mur de gabions.

2. Protection horizontale de la chaussée côté montagne sur 100 m de longueur : mise en place d'un géotextile sur toute la surface de la chaussée, réglage d'un lit de sable de 10 cm d'épaisseur et réglage d'un tapis de protection en tout-venant de 0,70 m.
3. Protection de la chaussée côté mer : circulation coupée. Au cours de la nuit du samedi au dimanche précédant le tir, la circulation a été totalement interrompue, pour la pose du tapis de protection suivant les mêmes modalités que du côté montagne.
4. Tirs et « purges » de la falaise par le groupement Can-Simeco au cours de la journée du dimanche (RN1 coupée).
5. Évacuation de l'ensemble des matériaux de protection et des déblais des tirs, soit environ 1000 m³, au

La Réunion : sécurisation de la route du Littoral. Une falaise nécessitant localement un traitement à l'explosif

cours de la nuit du dimanche au lundi, pour le rétablissement de la circulation sur les deux voies côté mer dans les deux sens (rétablissement de la circulation en mode 2+1). Le dispositif global de protection (gabions, barrière, gabions, remblais) mis en œuvre a permis de conserver l'intégrité de la chaussée et de minimiser les dégâts sur les ouvrages de sécurité (barrières, signalisation, GBA).

6. Dégagement des déblais côté montagne sur chaussées et BAU (1 400 m³). Dégagement de la « fosse de garde » en pied de falaise (1 800 m³). Ces travaux ont été réalisés en 48 heures.
7. Reconstruction du mur de protection en pied de falaise avant rétablissement de la circulation côté montagne. Le mur de protection existant le long de la fosse de garde en pied de falaise, constitué de gabions, a été détruit et évacué après les tirs. SGTPS a mis en œuvre un nouveau mur de 4 m de haut et 75 m de long (450 m³) en 36 heures. Ceci a été possible par la préfabrication des 3/4 des « boîtes gabions » hors site, transportées et mises en place avec une grue automotrice.

L'ensemble de l'opération a été réalisé sur une semaine avec une coupure totale de circulation d'environ 48 heures. ■

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

DDE de la Réunion

Maîtrise d'œuvre

DDE de la Réunion

Groupement d'entreprises pour la sécurisation de la route du Littoral

Groupement Can-Simeco : lots 2 et 3 tranche ferme et conditionnelle

ABSTRACT

Reunion Island : improving the safety of the coastal road. A cliff requiring local explosive treatment

Ph. Cappello, M. Mallet, D. Carrier

The crumbly rock cliffs of the coastal road overhang and dominate, at an altitude of more than 200 metres, national highway RN1, a main road artery essential for the island's economic development.

This situation has highlighted recent rock slides and, pending the major tram-train project and the new road-breakwater RN1, all the socio-economic partners on the island have been urging the French government and the regional government to invest massively to provide the population of Reunion with a safer coastal road, less subject to falling stones and less affected by traffic jams.

The work to improve the safety of this cliff should be completed in December 2007.

It involves setting up 450,000 sq. m of nets and wire netting between points PR3 +500 and 12+500.

This is the biggest project to improve safety on a trafficked road ever carried out in the world, and these special works make use of the expertise of two French rope-harnessed work companies, Can and Simeco.

Two helicopters provide aerial lifting services (about 20,000 round trips).

The complexity of these works requires a very close partnership between the Departmental Directorate of Equipment and the Can-Simeco consortium, with the joint objective of finding a solution capable of reconciling the need for safety with greater traffic fluidity on highway RN1.

RESUMEN ESPAÑOL

La Reunión : protección de la carretera del Litoral. Un acantilado que precisa localmente un tratamiento mediante explosivo

Ph. Cappello, M. Mallet y D. Carrier

Los acantilados friables de la carretera del Litoral están suspendidos y dominan según una altitud de más de 200 m la carretera nacional RN1, eje principal necesario para el desarrollo económico de la isla.

Esta situación ha puesto en evidencia diversos y recientes desprendimientos de tierras y, en espera de grandes proyectos tranvía-tren y nueva carretera nacional RN1 carretera-dique, el conjunto de asociados socio-económicos de la isla, incitan el Estado francés y la Región en invertir masivamente para garantizar a la población de la Isla de La Reunión una carretera del Litoral más segura, menos sujeta a las caídas de piedras y menos afectada por los atascos.

La protección de este acantilado se debería finalizar para diciembre de 2007.

Estos trabajos consisten en implantar 450000 m² de redes y rejillas entre los PR3 +500 y 12+500.

Obra mayor de puesta en seguridad bajo tráfico nunca realizada en el mundo, estos trabajos especiales recurren a la pericia y experiencia práctica de dos empresas francesas de trabajos con cuerdas : Can y Simeco.

Dos helicópteros permiten ejecutar las prestaciones de elevaciones aéreas (unas 20000 rotaciones).

La complejidad de estos trabajos requiere una colaboración sumamente estrecha entre la DDE y la agrupación Can-Simeco con un objetivo común la búsqueda de soluciones que permiten conciliar exigencia de seguridad y una mayor fluidez en la carretera nacional RN1.

Fabrication d'explosifs à la Réunion

Deux types de technologies disponibles : le nitrate-fuel et le concept Morse



Philippe Cappello
Directeur commercial
Stips SA

Cet article décrit la démarche de l'entreprise Stips (groupe EPC) qui a mis en place sur site, une unité de fabrication d'explosifs de type nitrate-fuel pour répondre aux besoins en explosifs des chantiers de terrassement rocheux sur l'île de la Réunion (route des Tamarins...).

Il décrit également les différentes configurations de chantiers sur lesquels cette méthodologie de mise en œuvre a été exploitée avec succès (photos 1 et 2).

Enfin, il présente la technologie Morse développée par Nitrochimie (groupe EPC), et opérée par Stips dans le tunnel de Rivières des Pluies.

■ Introduction

Décrit à la Réunion comme le chantier du siècle ou affublé de tous les superlatifs (pharaonique, gigantesque, exceptionnel...), la route des Tamarins est sans doute la plus grosse opération routière en cours de réalisation en France, et le plus grand projet d'infrastructure entrepris à la Réunion.

Il s'agit d'une voie express de 33,7 km accrochée à flanc de montagne, construite sur la côte ouest de l'île (cf. Travaux n° 823, octobre 2005).

Le futur axe (2 x 2 et 3 x 2 voies en fonction des tronçons) reliera la ville de Saint-Paul à L'Etang-Salé puis rejoindra deux portions existantes de la RN1 déjà en 2 x 2 voies. La livraison du projet est prévue pour le 1^{er} trimestre 2009.

Cet axe devrait accueillir en 2015 plus de 70000 véhicules par jour. Outre l'amélioration des déplacements sur la côte ouest de l'île, notamment de Saint-Denis à Saint-Pierre (les deux villes les plus importantes de l'île), le projet final jouera un rôle moteur pour le développement économique « des Hauts ».

Il modifiera structurellement le département ainsi que les habitudes de la population réunionnaise.

L'ampleur du projet, le volume important de matériaux rocheux à terrasser, l'absence de production locale d'explosifs et la capacité réduite de l'unique dépôt présent sur l'île, les sollicitations des donneurs d'ordres... ont conduit l'entreprise Stips, spécialiste français du minage à façon, à proposer et mettre en œuvre pour le compte de terrassiers, la technologie de la fabrication d'explosifs sur site (UMFE - Unité mobile de fabrication d'explosifs) de type nitrate-fuel vrac.

La suite de l'article décrit sommairement les différentes configurations et chantiers réunionnais (route des Tamarins et conduite d'irrigation du littoral ouest)

sur lesquels cette technologie a été mise en œuvre. En complément est présentée la technologie Morse permettant de fabriquer, dans le trou de mine, un explosif insensible à l'eau (l'émulsion TX1 développée plus particulièrement pour les travaux souterrains).

■ Rappel sur la réglementation concernant les Unités mobiles de fabrication d'explosif (UMFE)

Nombreuses sont les autorisations nécessaires à la fabrication d'explosifs sur site (études et recherches, agréments du produit, de l'installation, autorisation de production...).



Photo 1

Viaduc de la Grande Ravine. Vue aérienne de la route des Tamarins

Grande Ravine viaduct. Aerial view of Route des Tamarins highway



Photo 2

TOARC 1 et 2 - Route des Tamarins. Vue générale des terrassements

TOARC project phases 1 and 2 - Route des Tamarins. General view of earthworks

Fabrication d'explosifs à la Réunion. Deux types de technologies disponibles : le nitrate-fuel et le concept Morse

Photo 3

Unité mobile de fabrication d'explosifs. Fabrication par Stips de nitrate-fuel sur chantier. Mobile explosive production unit. Manufacture of nitrate/fuel oil on site by Stips



Photo 4

Manutention de big-bags de nitrate d'ammonium. Handling Big Bags of ammonium nitrate



Études et recherches (décret n° 90-153, art 28 à 31)

La mise au point d'un explosif de type nouveau doit être autorisée par un arrêté conjoint des ministères de la Défense, de l'Intérieur et de l'Industrie.

Agrément du produit explosif (décret n° 90-153, art. 2 à 10)

La demande d'agrément est adressée au ministère de l'Industrie par une personne physique ou morale établie dans la Communauté européenne. Un laboratoire, agréé par l'Industrie, procède aux examens et épreuves. Après avis de la Commission des substances explosives, la décision d'agrément est prise ou rejetée par le ministère.

Agrément de l'installation mobile de fabrication (décret n° 90-153, art. 11 à 14 et 15 à 17)

Des mesures spécifiques doivent être prises pour prévenir les vols, les explosions et les incendies ou pour en limiter les effets. L'agrément technique est délivré par le préfet du département du siège social ou du domicile de l'exploitant. La procédure suivie est celle des instal-

lations classées, l'avis de l'IPPE (Institut de poudre et explosifs) étant requis.

L'étude d'impact sur l'environnement est à reprendre pour tout nouveau site où l'installation sera exploitée (une par chantier dans le cas de la route des Tamarins).

Autorisation de production (décret n° 71-753, art. 8-1)

Une autorisation de production est délivrée pour chaque installation mobile par un arrêté conjoint des ministères de la Défense, de l'Intérieur et de l'Industrie. Il précise l'aire géographique de son utilisation.

Transports (décret n° 81-972, art. 6 et 7)

Les règles prévues pour le transport d'explosifs sont au moins en partie à respecter pour tout ce qui concerne le contrôle et la surveillance des matières premières, même si la matière première transportée n'est pas encore « explosive ».

Autorisation d'acquisition (décret n° 81-972, art. 4, 9, 10 et 11)

L'autorisation d'acquisition d'explosif encartouché ou fabriqué sur site est identique dans les deux cas.

Il s'agit d'une autorisation d'acquisition pour une utilisation dès réception. Elle est délivrée par le préfet du département du domicile ou du siège social du demandeur.

Examen de la conformité de l'installation au décret n° 79-846 du 28 septembre 1979

Il s'agit d'examiner la conformité de l'installation aux prescriptions du décret portant sur le règlement d'administration publique sur la protection des travailleurs contre les risques particuliers auxquels ils sont soumis dans les établissements pyrotechniques.

Mise en œuvre de l'installation sur chantier (arrêté du 26 septembre 80)

Cet arrêté du ministère de l'Industrie établit les conditions spéciales de fabrication d'explosif par des installations mobiles. Il fixe les règles applicables aux distances de sécurité ainsi qu'aux effectifs présents dans ces zones. Il impose la vidange de l'installation à la fin des opérations de fabrication.



Photo 5

Unité mobile de fabrication sur site. Exemple de camion permettant la mise en œuvre d'émulsions pompées dans les trous de mines

Mobile explosive production unit. Example of truck capable of placing pumped emulsions in blast holes

■ Principales contraintes concernant le minage sur l'île de la Réunion

Un des enjeux importants des terrassements à la Réunion est l'extraction des matériaux rocheux basaltiques et scoriacés indurés. L'énergie explosive est actuellement celle qui optimise une exploitation économique en grande masse des déblais rocheux.

Pour les seuls TOARC 1 et 2 de la route des Tamarins, les besoins en explosifs ont été estimés à plus de 500 t. À titre de comparaison les tonnages importés sur l'île avant les travaux de la route des Tamarins, étaient d'environ :

- 18 t (en 2000) ;
- 12 t (en 2001) ;
- 16 t (en 2002) ;
- 23 t (en 2003).

Les raisons de ces faibles consommations sont liées :

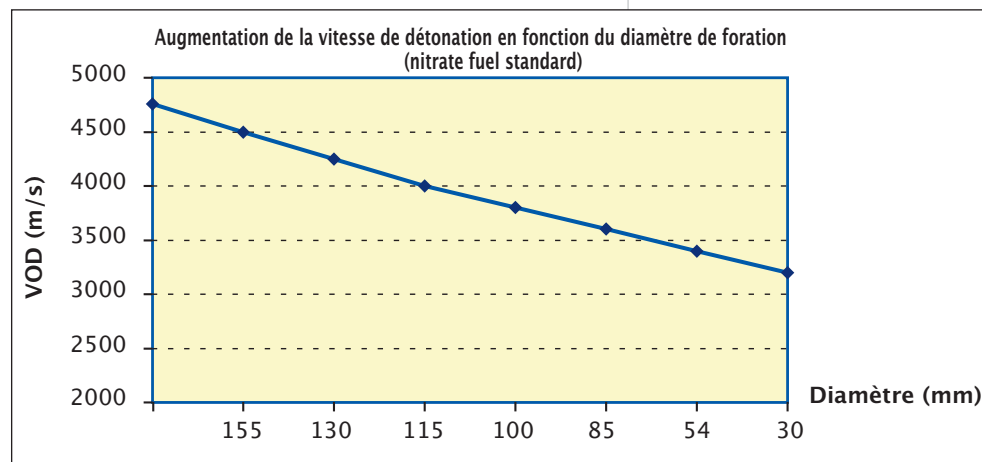
- à l'absence d'une culture « explosifs » et ce malgré la présence de coulées basaltiques sur la quasi-totalité de l'île ;
- aux longs délais d'approvisionnement par bateaux (2 à 3 mois) et le petit nombre de rotations entre la métropole et la Réunion (3 à 4 par an) ;
- aux capacités de stockage limitées (25 t) du seul dépôt d'explosifs de l'île.

L'un des enjeux stratégiques du projet « UMFE - Route des Tamarins » est donc de garantir la continuité de l'approvisionnement en explosifs sur l'île.

L'entreprise Stips, sous-traitante de nombreux majors du terrassement, a donc proposé en relation avec différents partenaires socio-économiques de l'île (DRIRE, entreprises, préfecture, maîtrise d'œuvre, maîtrise d'ouvrage...) de fabriquer sur place des explosifs à partir d'une UMFE. Celle-ci peut produire sur chantier

Figure 1

Augmentation de la vitesse de détonation du nitrate-fuel en fonction du diamètre du trou
Increase in the speed of nitrate/fuel oil detonation as a function of hole diameter



jusqu'à 8 t par jour d'explosifs de type nitrate-fuel (photo 3).

Pour éviter la pénurie en explosifs encartouchés, ceux-ci sont réservés à des usages nobles (cartouches amorces pour initier la colonne d'explosifs fabriqués sur site).

Les intervenants associés à cette opération de distribution et de fabrication sont :

- la société Nitrochimie : mise à disposition à la société Stips d'une UMFE ;
- la Hogue et Gueze : importation et stockage d'explosifs encartouchés et artifices de mise à feu nécessaires à l'amorçage du nitrate-fuel fabriqués sur site ;
- la société SIER : importation et distribution de la matière première nécessaire à la fabrication d'explosifs (nitrate d'ammonium) (photo 4).

■ Explosifs retenus pour la fabrication sur site

Trois types d'explosifs sont actuellement fabriqués sur site de par le monde : le nitrate-fuel (ANFO des Anglo-Saxons), les émulsions et les mélanges nitrate fuel - émulsions en différentes proportions (photo 5).

Sur les chantiers de l'île de la Réunion, en complément des problèmes précités de logistique et de stockage, l'explosif nitrate-fuel a été choisi pour les raisons technico-économiques suivantes :

- absence d'eau dans les déblais ;
- explosif le moins complexe à fabriquer sur site ;
- explosif économique ayant un bon rapport énergétique ;
- explosif possédant une large plage de variation de ses caractéristiques détoniques en fonction du choix des diamètres de foration (à mettre en corrélation avec le type de matériaux à traiter : basaltes ou scories indurés) (figure 1).

Fabrication d'explosifs à la Réunion. Deux types de technologies disponibles : le nitrate-fuel et le concept Morse

Photo 6

Manutention à la grue.
Chargement des big-bags
de nitrate d'ammonium
dans l'UMFE

*Handling by crane. Loading
Big Bags of ammonium nitrate
into the mobile explosive
production unit*



Photo 7

Chargement gravitaire
de nitrate-fuel dans les trous
de mine avec l'UFME

*Gravity-flow charging
of nitrate-fuel oil in the blast
holes with the mobile explosive
production unit*



Les avantages de ce procédé de fabrication sont :

- diminution des stockages et des transports de produits explosifs;
- suppression des manutentions sur le chantier de produits explosifs;
- limitation des quantités produites quotidiennement aux seuls besoins locaux;
- diminution des risques de vols.

Fabrication d'explosifs sur site et logistique associée

Le nitrate d'ammonium (NA) conditionné en big-bags d'une tonne arrive par bateau spécifique (matières dangereuses classe 5-1) sur la commune du Port.

Ces big-bags sont stockés dans un bâtiment spécial chez l'importateur. Quotidiennement, en fonction de la quantité consommée, les produits sont :

- soit chargés directement dans la trémie de l'UMFE (photo 6);
- soit livrés sur chantier (le remplissage de la trémie UMFE s'effectuant dans ce cas sur chantier).

Les cartouches amorces et les détonateurs électriques sont stockés au dépôt de la Hogue et Gueze et

transportés quotidiennement par Stips sur les zones de tir à bord de fourgons spécialement aménagés à cet effet.

L'UMFE transporte séparément des produits non explosifs, puis les mélange selon un mode opératoire approprié et en quantités requises sur le site de chargement du tir.

L'UMFE est un camion 4 x 4 équipé d'une trémie contenant le nitrate d'ammonium (capacité 3 t), d'un réservoir de fioul et d'une vis sans fin de type Archimède. C'est dans celle-ci qu'est effectué le mélange nitrate d'ammonium - fioul, de façon contrôlée, pour obtenir l'imprégnation des grains de nitrate d'ammonium par le fioul. Le nitrate-fuel produit est déversé directement dans le trou de mine par une manchette souple (photo 7).

La capacité de chargement est de 50 kg d'explosifs par minute en débit instantané, et de 8 t environ de production mises en œuvre sur un poste de 8 h.

Le contrôle qualité du produit fabriqué sur site est assuré quotidiennement par l'opérateur (mesure de la teneur en fuel du mélange).

En complément, mensuellement, des mesures de la vitesse de détonation (VOD) *in situ* permettent de contrôler l'homogénéité du mélange et de vérifier les caractéristiques détoniques de l'explosif dans le trou de mine.

Ces mesures sont réalisées par un appareil de type Minitrap de MREL.

■ Présentation générale de la route des Tamarins

Historique - Financement - Principaux acteurs

Dès 1990, une réflexion a été menée par la Région Réunion sur le réseau routier et l'étude du schéma d'aménagement régional, prémices d'une longue procédure aboutissant, le 3 mai 2002, au décret d'utilité publique de l'opération route des Tamarins, et au lancement des premiers marchés de travaux en 2003.

En quelques chiffres, le projet représente 700 millions d'euros de travaux, auxquels il faut rajouter le budget accordé aux acquisitions foncières. Il est cofinancé par l'Union européenne (crédit FEDER), l'État français et la Région Réunion. En résumé, la route des Tamarins c'est :

- 48 ouvrages d'art dont quatre exceptionnels et 23 ponts non courants (photos 8 et 9);
- deux tranchées couvertes;
- 9 diffuseurs;
- 3 tunnels.

Enjambant au total 120 ravines, le pari a été pris de

réaliser ce projet sans carrefour à niveau, ni feu tricolore, ni rond-point.

Côté maîtrise d'œuvre et au vu de la dimension du projet, il a été divisé en deux sections de travaux linéaires et trois ouvrages exceptionnels :

- maîtrise d'œuvre DDE sur la section 1, du raccordement nord de Saint-Paul à la RD10, soit 6,1 km ;
- maîtrise d'œuvre Scetauroute sur la section 2, de la RD10 au raccordement sud de l'Etang-Salé, soit 27,6 km ;
- maîtrise d'œuvre groupement Arcadis - Thales - Berlottier pour le viaduc de Trois Bassins ;
- maîtrise d'œuvre groupement Setec - Spielmann pour le viaduc de la Grande Ravine ;
- maîtrise d'œuvre groupement Greish - Tremblet - Coyne et Bélier - Zirk - Deleuze pour le viaduc de la Ravine Fontaine.

Par ailleurs, la majorité des grands groupes du BTP et les majors du terrassement et des ouvrages d'art opèrent sur ce projet : Razel, Demathieu et Bard, Razel Eiffage - Eiffel, GTOI, Vinci (Dodin, Deschiron, Sogea, SBTPC...).

Une attention toute particulière a été accordée à l'insertion paysagère du projet dans son milieu, ainsi qu'au bien-être de l'utilisateur (vue plongeante sur l'océan Indien tout au long du tracé). Les riverains sont isolés des nuisances de ce nouvel axe par des protections antibruit efficaces.

Géologie sommaire des chantiers de la route des Tamarins traités à l'explosif

De manière générale, les matériaux présents à la Réunion sont d'origine volcanique, puisque ce sont les recouvrements successifs de lave qui ont donné naissance à l'île, – jusqu'à 3069 m pour le Piton des Neiges, point culminant de l'océan Indien. La grande diversité des roches et leur enchevêtrement chaotique proviennent de l'enchaînement d'événements volcaniques de natures différentes : des épisodes éruptifs ont traversé des épisodes effusifs.

De là découle la grande hétérogénéité des terrains rencontrés la route Tamarins et on distingue les différents faciès à partir du type de volcanisme originel. Pour les produits volcaniques effusifs on citera :

- l'océanite : roche basaltique alcaline. Les phénocristaux rencontrés sont de l'olivine (10 à 20 %, 3 à 15 mm), de couleur vert bouteille, généralement vacuolaires ;
- la mugéarite : roche magmatique effusive alcaline intermédiaire entre les basaltes et les trachytes. Sa structure est microlithique et aphyrique. Elle est bleutée à gris clair, très dure et comporte très rarement des vacuoles. Les coulées de mugéarite pré-



Photo 8

Route des Tamarins.
Un chantier d'ouvrages d'art

Route des Tamarins highway. A structural engineering project

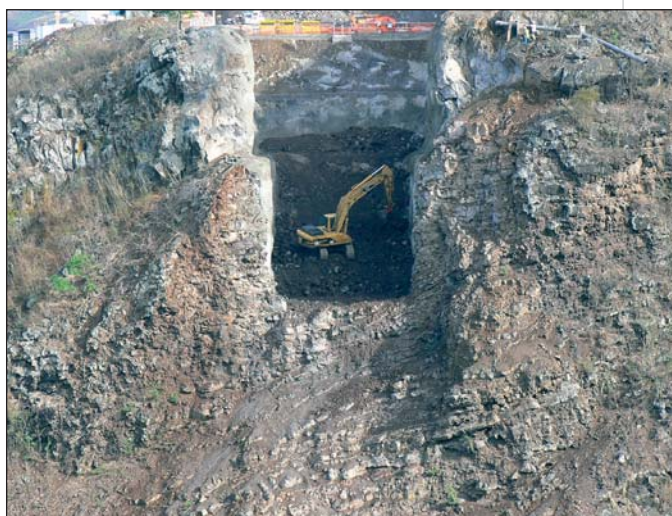


Photo 9

Route des Tamarins.
Terrassement des culées
rive droite du viaduc
de la Grande Ravine

Route des Tamarins highway. Earth moving for the abutments on the right bank of the Grande Ravine viaduct

sentent un faciès bréchiq ue plus ou moins bien soudé (on parlera alors de mugéarite massive) ;

- la roche pintade ou basalte demi-deuil : basalte alcalin à phénocristaux. Ceux-ci sont des feldspaths (plagioclases en baguette de section inférieure à 5 mm et de longueur maximale 10 mm), de couleur blanche. Sous forme vacuolaire, les vacuoles sont grandes (plusieurs centimètres) et nombreuses (jusqu'à 10 % du volume).

Pour les produits de type volcanique éruptif, on notera :

- les scories : fragments de lave vacuolaire, et par suite de faible densité, à surface irrégulièrement poreuse, hérissée d'arêtes et de pointes, apparaissant dans les projections volcaniques ou sur des coulées dont la surface est craquelée. Ce sont des fragments rocheux souvent liés par une matrice rougeâtre (oxydation, recuit) dont la cohérence et la proportion sont extrêmement variables. On passera ainsi des scories très poreuses (50 % de vides) imbriquées en agrégats cohérents aux brèches avec scories et liant limoneux-sableux ne laissant que peu de vides ;

Fabrication d'explosifs à la Réunion. Deux types de technologies disponibles : le nitrate-fuel et le concept Morse



- brèche de Saint-Gilles : cette formation est un dépôt d'avalanche de débris issus des glissements des flancs du Piton des Neiges. Les brèches sont des matériaux formés de la juxtaposition de tous les autres matériaux présents, de toute taille, dans un ciment cendré de roche pulvérisée. La matrice est hétérogène avec prédominance d'éléments fins et les blocs hétérogènes ont souvent un aspect bréchiq. Matériau globalement cohérent mais altérable.

Enfin, on rencontre des formations de couvertures : limons, alluvions et colluvions qui se sont mis en place au cours des phases de démantèlement des édifices volcaniques.

Photo 10

Route des Tamarins. Tir en grande masse avec maîtrise de la charge unitaire à proximité d'une grue à tour

Route des Tamarins highway. Mass blasting with control of the unit charge in the vicinity of a tower crane



■ Exécution des déblais à l'explosif sur les TOARC 1 et 2

Présentation

Il s'agit des deux premiers chantiers de la route des Tamarins à avoir expérimenté la fabrication d'explosifs à partir d'une UMFE.

Les lots TOARC 1 et TOARC 2, entre la ravine Saint-Gilles et la ravine Fontaine, ont été attribués au groupement Eiffage TP agence Fougerolle Ballot (mandataire) - Razel - Matière. Le TOARC 1 a été lancé en juillet 2004, le TOARC 2 en février 2005.

Au sein du groupement, Matière réalise l'ensemble des ouvrages d'art (ouvrages hydrauliques et ouvrages courants), Eiffage TP et Razel se partageant les terrassements, l'assainissement, les chaussées des rétablissements et autres travaux divers.

La présence dans les déblais basaltiques d'un pourcentage de matériaux rocheux, estimé à 60 % environ du volume à extraire, ainsi que la nécessité de réaliser de fortes cadences journalières, ont conduit le groupe-

ment à préconiser un fractionnement à l'explosif des déblais rocheux. Pour cette opération il a fait appel à l'entreprise Stips, spécialiste du minage, pour laquelle Nitrochimie a mis à disposition une UMFE.

Depuis sa mise en service, en février 2005, Stips a traité à l'explosif plus d'un million de mètres cubes de matériaux et fabriqué sur site plus de 650 t d'explosifs. L'effectif affecté au minage des TOARC 1 et 2 est de 25 personnes environ. Il comprend un ingénieur minage, un conducteur de travaux minage, deux chefs de chantiers, et un responsable mécanique, un opérateur UMFE spécifiquement chargé de la fabrication d'explosif (formé par Nitrochimie), des boutefeux, des foreurs...

Les délais d'exécution du chantier imposent de concevoir des tirs journaliers d'un volume important (5000 à 10000 m³) (photo 10).

La foration est effectuée en gros diamètre (115 et 127 mm). La technique des tirs en masse utilisée est celle des tirs en cratère avec foration par passes comprises entre 4 à 9 m.

Sur ce chantier tous les trous de mines sont positionnés en coordonnées XYZ par le géomètre du groupement.

Un réseau de stations GPS assure de façon continue et en temps réel tout besoin de positionnement centimétrique. À partir de ce relevé le géomètre transmet à l'ingénieur minage (préalablement à l'élaboration du plan de tir) le lever de la foration effectivement réalisée. Cette méthodologie permet d'adapter aux conditions réelles les paramètres de tirs suivants :

- la séquence de mise à feu;
- la charge spécifique au volume réellement extrait (concept du travail de l'explosif à énergie constante).

Les talus sont réalisés en poste abattage après validation de plots d'essais en fonction de la qualité géotechnique des matériaux rencontrés.

Explosifs d'amorçage et artifice de mise à feu

Les explosifs d'amorçage utilisés sont de type émulsion. L'explosif fabriqué sur site est un Nitro D8 à base de nitrate technique microporeux.

Les détonateurs sont électriques fond de trou à micro-retard. L'amorçage séquentiel est systématiquement utilisé sur tous les tirs.

La consommation spécifique moyenne oscille entre 400 g/m³ à 690 g/m³ environ, selon la nature du terrain rocheux. La maille de foration est adaptée en fonction des hauteurs de passe de minage. Elle est comprise entre 10 et 16 m². Cette consommation est très largement supérieure à celle estimée à l'étude lors de la remise de l'offre.

Les mailles de minage dépendent des hauteurs de terrassement, des diamètres utilisés et des charges spé-



Photo 11

Route des Tamarins. Ateliers de foration fond de trou.
Tamrock Titan 405 et Atlas Copco L6

Route des Tamarins highway. Down-the-hole drilling
equipment. Tamrock Titan 405 and Atlas Copco L6

cifiques nécessaires pour obtenir les rendements granulométriques souhaités.

Foration et équipements associés

Compte tenu de la qualité et de l'hétérogénéité des matériaux traversés (alternances de basaltes durs sains, de basaltes durs et fracturés, de faciès scoriacés avec ou sans cohésion : « scories » ou « brèches basaltiques ») et des cadences imposées par le planning (10000 m³/j) le choix de Stips s'est naturellement porté, pour trois ateliers sur quatre, vers des perforatrices fonds de trou, gros diamètre, équipées de compresseurs haute pression et haut débit (photo 11) :

- Tamrock Titan 405;
- Tamrock Titan 400;
- Atlas Copco L6.

La quatrième foreuse est une machine hors du trou possédant un compresseur de 14 m³ à 14 bars et un des marteaux hydrauliques le plus puissant du marché : le Tamrock Panthera 1100.

Ces machines sont équipées de toutes les options d'instrumentation disponibles en termes de sécurité et de précision de foration (profondimètre, inclinomètre, climatisation...). En complément, deux machines sur quatre sont équipées d'enregistreurs de paramètres de type Géopuce équipés de modem pour la transmission et le traitement de ces diagraphies en métropole.

Cet appareil mesure la vitesse d'avancement, le couple de rotation de la foreuse et la pression sur l'outil.

Dans certaines configurations géologiques (faciès à faible cohésion entre banc rocheux à forte cohésion), le trou après foration est affecté par un phénomène de type « pochage au droit des zones à faible cohésion ». Les hétérogénéités et les passages latéraux de faciès requièrent un tubage en PVC d'un grand nombre de



Photo 12

Détonateurs non électriques Daveyquick 2

Non-electric detonators of the Daveyquick 2
type

trous (zones comportant des vides de type « tunnel de laves » ou « zones pochées »).

Pour assurer le rendement compte tenu de la grande hétérogénéité des matériaux, trois foreuses travaillent en double poste (les vitesses d'avancement sont deux fois inférieures à celles retenues au moment de la remise de l'offre).

Contraintes environnementales

Le tracé des TOARC 1 et 2 se trouve à proximité de zones d'habitation (moins de 100 m) ou de structures sensibles (ouvrages de génie civil, canalisation d'eau et de gaz, lignes électriques, réservoirs d'eau...).

Les vibrations générées par les tirs sont donc suivies à l'aide de sismographes numériques.

■ Utilisation de l'UMFE sur d'autres chantiers de la Réunion

Après obtention des autorisations nécessaires à son exploitation et en complément des chantiers de minage en grande masse des TOARC 1 et 2 de la route des Tamarins, l'unité mobile de fabrication a également été utilisée sur d'autres opérations dans l'île.

En jouant sur la variation des propriétés détoniques du produit nitrate-fuel fabriqué sur site en fonction des diamètres de forage, nous avons pu traiter à l'explosif un grand nombre de chantiers de terrassement quelles que soient leurs spécificités et environnement.

L'amorçage des tirs, comme sur les TOARC 1 et 2, est réalisé par des cartouches d'émulsion. Par contre, sur ces chantiers spécifiques, on utilise plutôt des dispositifs d'amorçage non électriques (photo 12).

Fabrication d'explosifs à la Réunion. Deux types de technologies disponibles : le nitrate-fuel et le concept Morse

Photo 13

Viaduc de la Grande Ravine. Réalisation par plots alternés du minage et d'une paroi en béton projeté (travaux réalisés au pied d'une grue à tour)

Grande Ravine viaduct. Execution of blasting and shotcrete wall by alternate blocks (work carried out at the base of a tower crane)



Photos 14 et 15

Viaduc de la Grande Ravine. Foration pour la réalisation du puits marocain (diamètre 10 m). Manutention d'une foreuse de 23 t à l'aide d'une grue de 220 t

Grande Ravine viaduct. Drilling for execution of the "Moroccan well" shaft (diameter 10 m). Handling a 23-tonne driller using a 220-tonne crane



Des chantiers variés

Minage en carrière

- Tirs d'essais de la carrière de ravine du Trou (2 t d'explosifs produits sur site).

Minage des pistes d'accès et culées des ouvrages d'arts

- Pour l'entreprise Razel : minage de culées sur l'ouvrage OANC2 R (10 t d'explosifs produits sur site).
- Pour l'entreprise Eiffage : minage des culées sur l'ouvrage de Trois Bassins.
- Pour le groupement Demathieu et Bard - GTOI : minage des pistes et des culées du viaduc de ravine Fontaine (travaux en cours y compris réalisation des parois en béton projeté).
- Pour le groupement Dodin - Vinci - Eiffel : minage des pistes et des culées du viaduc de Grande Ravine (travaux en cours y compris réalisation des parois en béton projeté et réalisation de deux puits marocains de 10 m de diamètre) (photos 13, 14, 15 et 16).

Terrassements en grande masse

- Pour le groupement GTOI - SBTPC - Sogea sur le TOARC de Plateau Cailloux (75 t d'explosifs produits sur site).
- Pour Deschiron, terrassement de la plate-forme de la Grande Ravine (5 t d'explosifs pour 20000 m³ de basaltes durs).

Terrassements en site construit

- Pour le groupement GTOI - SBTPC - Sogea sur le TOARC de Plateau Cailloux (25 t d'explosifs produits sur site). 50000 m³ traités à proximité d'un hameau.

Creusement de tranchées

- Pour Amec-Spie, sur le chantier du basculement des eaux - Conduite maîtresse 2^e tranche : 4000 ml de tranchée dans les basaltes très durs pour la mise en place des conduites Ø 1200 mm (photo 17).

Conclusion

Les objectifs conjugués du minage sont :

- de réaliser le déroctage à l'explosif dans des conditions de qualité et de sécurité optimales;
- de limiter les impacts des tirs sur les structures environnantes (riverains, grues, parois en béton projeté...);

- d'obtenir pour les terrassiers, dans les matériaux complexes de la Réunion, une fragmentation acceptable et compatible avec la mise en remblais.

Le large éventail de chantiers traités par Stips depuis la mise en œuvre d'une UMFE montre qu'à l'exclusion des zones aquifères ou humides, le nitrate-fuel fabriqué sur site peut être utilisé sur la quasi-totalité des chantiers de la Réunion. Sous réserves toutefois de contrôler parfaitement la mise en œuvre, de vérifier périodiquement la qualité du produit, et de bien maîtriser ses propriétés détoniques lors de l'établissement du plan de tir.

Dans un contexte complexe lié à la distance, l'insularité et à la réglementation française sur les installations classées, l'utilisation de nitrate-fuel fabriqué sur site permet de traiter des matériaux de nature très hétérogène. Bien maîtrisé, ce processus permet de réaliser des tirs de bonne qualité avec des rendements compatibles avec une cadence de terrassement élevée.

■ Autre solution de fabrication d'explosif sur site : le Morse

LE Morse ou Module de repompage et de sensibilisation d'émulsion permet la mise en œuvre dans le trou de mine d'un explosif insensible à l'eau : le TX1 (photo 18). C'est une émulsion sensibilisée sur site qui présente les mêmes garanties intrinsèques de qualité et de reproductibilité qu'un produit fabriqué en usine. Cet explosif est équivalent aux explosifs encartouchés traditionnels utilisés pour la réalisation des déblais rocheux.

Ce procédé a été développé spécifiquement par Nitrochimie pour les travaux en souterrain. Il a vu ensuite son champ d'action élargi aux tirs de surface par son utilisation sur les mines de nickel en Nouvelle Calédonie (photo 19).

Le Morse est une unité préfabriquée en usine et agréé par arrêté de la Préfecture de Police. Il est positionnable sur un camion standard de type 4 x 4. Dans ce cas, le porteur et body sont conformes à la réglementation sur les matières dangereuses (ADR). Son porteur peut être adapté en fonction des demandes (châssis surbaissé, porteur minier, capacité de fabrication, mise en place de nacelle, grue...).

Il arrive sur le site, chargé de matières premières non explosives et le mélange des différents constituants permet la production d'explosifs directement dans les trous de mines.

Le Morse permet de fabriquer les quantités d'explosifs nécessaires sur chantier au fur et à mesure des besoins (automatisation du processus de chargement de trous de mines). Ceci présente un énorme intérêt en tunnel car son utilisation permet de stopper les ateliers de réalisation des précharges.



Photo 16

Viaduc de la Grande Ravine. Foration et minage d'une écaïlle rocheuse en technique de travaux sur cordes

Grande Ravine viaduct. Drilling and blasting of rocky scale by rope-harnessed work technique



Photo 17

Chantier du basculement des eaux - Conduite maîtresse. Tranchée pour la pose d'une conduite diamètre 1200 mm - Résultat du minage des basaltes

Water divide project - Main conduit. Trench for laying a conduit of diameter 1200 mm - Result of basalt blasting



Photo 18

Module de repompage et de sensibilisation d'émulsion (Morse). Unité permettant de fabriquer dans le trou de mine une émulsion

Emulsion repumping and sensitisation module (Morse). Unit capable of producing an emulsion in the blast hole



Photo 19

Morse sur porteur 4 x 4. Base de chargement des produits inertes

Morse system on 4WD rigid truck. Base for loading inert substances

Fabrication d'explosifs à la Réunion. Deux types de technologies disponibles : le nitrate-fuel et le concept Morse

En effet, en supprimant les manutentions de cartouches et caisses d'explosifs on optimise le nombre de personnes affectées au minage et par là même on améliore ainsi des conditions de sécurité.

De plus, par sa texture, le produit obtenu (sorte de bouillie dense supérieure à 1,15) permet un couplage optimal entre le trou de mines et l'explosif.

Comparée aux explosifs en cartouches ou dans des précharges (dispositif souvent utilisé en tunnel) la mise en œuvre du TX1 donne, à charge spécifique identique, un meilleur résultat granulométrique.

En France, l'unité Morse est une installation classée au titre de la réglementation des installations pour la protection de l'environnement, à la rubrique 1310b relative aux activités de fabrication de poudre et explosifs. Dans ce cadre, la réglementation prévoit de réaliser une étude de dangers.

Le principe de cette unité est de malaxer, dans un mélangeur spécifique, quatre produits non explosifs (matrice émulsion + réactif 1 + réactif 2 + eau) pour obtenir un explosif certifié en bout de tuyau.

Par ce procédé, on obtient un explosif uniquement à l'extrémité du flexible de pompage. Le mélangeur assure la sensibilisation de la matrice émulsion avec les autres composants et l'explosif est sensibilisé en 5 à 10 min.

Le mélangeur en bout de tuyau ne pouvant contenir que 50 g de produits, l'étude de danger est donc réalisée pour de très faibles quantités de matière. De plus, le mélange non explosif est mis en œuvre en temps réel dans les trous de mines.

Le module Morse a obtenu un agrément technique de la Préfecture de Police de Paris le 15 juillet 2002, assurant la conformité de l'installation aux normes de sécurité pyrotechniques. ■

ABSTRACT

Manufacture of explosives on Reunion Island. Two types of technologies available : nitrate/fuel oil and the Morse concept

Ph. Cappello

This article describes the approach of the company Stips (EPC group), which has set up on site a unit for the production of nitrate/fuel oil type explosives to meet the explosives needs of the rocky earthwork projects on Reunion Island (Route des Tamarins, etc.).

It also describes the various site configurations on which this work methodology has been used successfully.

Finally, it describes the "Morse" technology (repumping and sensitisation module) developed by Nitrochimie (EPC group) and employed by Stips in the Rivière des Pluies tunnel.

RESUMEN ESPAÑOL

Fabricación de explosivos en La Reunión. Dos tipos de tecnologías disponibles : el nitrate-fuel y el concepto Morse

Ph. Cappello

En el presente artículo se describe el planteamiento de la empresa Stips (grupo EPC) que ha implantado in situ, una unidad de fabricación de explosivos de tipo nitrate-fuel para responder a las necesidades en cuanto a explosivos de las obras de movimiento de tierras rocosas en la isla de La Reunión (carretera de los Tamarindos...).

También se describen las distintas configuraciones de obras en las cuales esta metodología de implementación se ha operado con todo éxito.

Finalmente, se presenta la tecnología Morse (Módulo de bombeo y de sensibilización) desarrollado por Nitrochimie (grupo EPC), y operada por Stips en el túnel del Río de las Lluvias.

Tramway de Montpellier et boulevard Est de liaison

Réalisation d'un chantier à l'explosif en milieu urbain



Sébastien Lambert
Responsable activité
grands travaux
Stips

Dans le cadre des opérations de terrassement du boulevard Est de liaison RN113 - RD65 et de la deuxième ligne de tramway de l'agglomération de Montpellier, l'entreprise Stips a réalisé les travaux de minage dans un environnement très urbanisé. Cet article démontre qu'une utilisation maîtrisée des explosifs permet de limiter au maximum les nuisances, notamment en matière de vibrations pour les riverains (photo 1).

■ Le boulevard Est de liaison RN113 - RD65 (BEL)

D'une longueur de 1,9 km, le BEL est une nouvelle route à double sens de circulation automobile entre la RD65 et la RN113 en parallèle à la deuxième ligne de tramway sur les communes de Castelnau-le-Lez et Le Crès. Ce boulevard partage avec la deuxième ligne de tramway une piste cyclable et des cheminements piétons entre l'Aube Rouge et le lycée Georges Pompidou.

Compte tenu de la nature géologique du site des travaux, les matériaux nécessitant un traitement par minage sont constitués par les déblais du boulevard de liaison et de la plate-forme tramway entre l'avenue de Plankstadt et le giratoire du Crès.

■ Le choix justifié de l'explosif

L'explosif a été retenu par rapport à la solution mécanique pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, le minage a permis de réaliser le chantier dans le délai prévu avec au maximum quatre machines de forage.

Ensuite, des pelles équipées de moyens BRH, de par leur nombre et leur sollicitation permanente, n'auraient pas pu respecter les normes environnementales. En phase chantier, plusieurs enregistrements de vibrations ont permis de vérifier qu'en champs proches les vibrations générées par des moyens mécaniques (BRH) sollicitaient les structures, à vibration équivalente, dans des gammes de fréquences beaucoup plus faibles donc plus néfastes pour les structures. Le choix du minage a donc été validé (photo 2).

Le minage d'environ 150000 m³ de matériaux calcaires a nécessité 239 tirs. Ils ont tous été enregistrés sur 26 points de mesures en permanence.

La foration a été réalisée par des machines de type Furukawa HCR1200 et Tamrock 800. Les diamètres de foration ont varié des diamètres 89 mm à 102 mm. Les hauteurs de passes étaient de 2,5 m (photo 3).

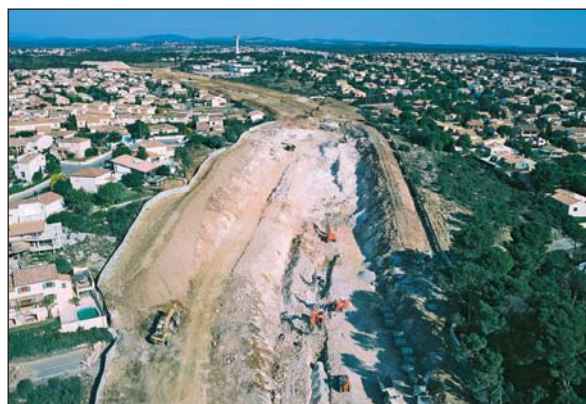


Photo 1

Vue aérienne du chantier
Aerial view of the site



Photo 2

Chargement des trous
avec l'explosif
Charging the holes
with explosive



Photo 3

Foration à proximité
d'habitations
Drilling near residential
buildings



Photo 4

Couverture d'un tir :
l'ensemble des tirs
ont été couverts
par du géotextile 500 g/m²
pour protéger l'environnement
Blast covering : all the blasts
were covered with 500 g/m²
geotextile to protect
the environment

Tramway de Montpellier et boulevard Est de liaison. Réalisation d'un chantier à l'explosif en milieu urbain

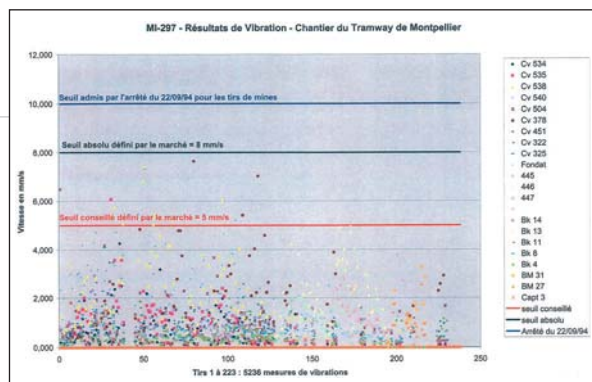


Figure 1

Sur 5236 mesures de vibration, aucun dépassement de seuil autorisé n'a été enregistré
 For 5236 vibration measurements, no level exceeding the authorised threshold was recorded

Maîtrise des contraintes environnementales

L'environnement direct de la zone de travaux se situe dans un secteur fortement urbanisé. Il convient donc de mettre en surveillance un certain nombre de structures pour maîtriser les potentielles nuisances liées aux vibrations que pourraient générer les tirs de mine.

De nombreuses habitations individuelles se trouvent à proximité immédiate des déblais. Les structures à surveiller font l'objet d'une liste énumérée. Il s'agit d'habitations individuelles de la commune de Castelnaule-Lez à l'ouest et du Crès à l'est, à savoir 80 constructions ou structures. Conformément aux spécifications du CCTP, 30 % de ces structures ont été contrôlées durant le chantier et ont fait l'objet d'une instrumentation (photo 4).

En plus de la surveillance de ces habitations, il a fallu également porter une attention particulière à certains réseaux sensibles à proximité du tracé. En particulier, deux canalisations d'eau longeaient l'entrée en terre du déblai : une canalisation fonte diamètre 900 mm à distance réduite de l'entrée en terre droite, une canalisation fonte diamètre 300 mm sur le côté gauche du déblai, profils 32 à 44.

Un strict respect des seuils de vibration

Les seuils de vibration ont été respectés sur l'ensemble des tirs (section courante et tranchée) tant sur les maisons que sur les conduites à proximité (figure 1).

Les tirs ont été systématiquement redimensionnés par rapport aux résultats des tirs précédents de manière à optimiser les charges unitaires.

Le chantier de Montpellier a ainsi permis de démontrer que le minage était possible dans un environnement très construit. Les nuisances générées par les tirs de mines ont été maîtrisées : sur 5236 mesures de vibration, aucun dépassement de seuil autorisé n'a été enregistré.

ABSTRACT
 Montpellier tramway and eastern link boulevard. Performing work with explosives in an urban environment

S. Lambert

As part of the earth moving operations for the RN113-RD65 eastern linking boulevard and the second tramway line in the Montpellier urban area, the company Stips carried out blasting work in a highly urbanised environment. This article shows that controlled use of explosives can keep nuisances to a minimum, especially vibrations for the frontage residents.

RESUMEN ESPAÑOL
 Tranvías de Montpellier y bulevar Este de enlace. Ejecución de una obra mediante explosivos en entorno urbano

S. Lambert

Situándose en el marco de las operaciones de movimiento de tierras del bulevar Este de enlace RN113 - RD65 y de la segunda línea de tranvía de la aglomeración urbana de Montpellier, la empresa Stips ha ejecutado los trabajos de voladura en un entorno sumamente urbanizado. El presente artículo permite demostrar que una utilización controlada de los explosivos permite limitar al máximo las molestias, fundamentalmente en materia de vibraciones para el vecindario.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Client
 Perrier TP
Minage
 Stips (suivi : H. Bertrand - D. Grappin)

Clermont-Ferrand : le parc-relais Henri Dunant



Guy Neillat
Foréziennne d'Entreprises



Fabien Grangier
Foréziennne d'Entreprises

**Jean-Jacques
Leblond**
CETE de Lyon - LRPC
de Clermont-Ferrand

Le parc-relais Henri Dunant, à Clermont-Ferrand a nécessité le terrassement à l'explosif d'environ 35000 m³ de basaltes dans un milieu fortement urbanisé.

Le choix de l'explosif s'est imposé pour répondre aux exigences techniques du chantier et à un délai impératif de quatre mois. Il s'est également avéré la solution préservant au mieux l'environnement urbain, les nuisances qui l'accompagnent étant certes importantes mais maîtrisables et de durée très brève.

Ce choix a nécessité une concertation importante, tant avec les collectivités que les riverains et un suivi important des nuisances lors des travaux.

Malgré quelques difficultés propres à tout chantier, les travaux ont été réalisés dans les délais en respectant toutes les contraintes fixées avec une communication permanente avec les riverains.

■ Le chantier

Le parc-relais Henri Dunant est un parc de stationnement souterrain situé en zone urbaine face à l'entrée du CHRU de Clermont-Ferrand. Le projet étudié initialement sur un étage a été porté à deux niveaux de stationnement imposant de terrasser environ 70000 m³ de matériaux sur une profondeur de 7,5 m et une surface de l'ordre d'un hectare.

La réalisation de ce parc concédé devait s'intégrer dans le cadre général des travaux de construction du tramway de Clermont-Ferrand, la dalle supérieure supportant la station desservant le CHRU. Le phasage général fixait un délai de quatre mois pour la réalisation des terrassements inclus entre les travaux de dévoiement de réseaux et la construction de l'ouvrage de génie civil (photo 1).

■ Les matériaux à extraire

Le projet se situe sur la coulée basaltique constituant le plateau Saint-Jacques. Les matériaux à extraire sont constitués successivement depuis la surface :

- d'environ 0,80 m de terre végétale et de matériaux rapportés liés au caractère urbain du site;
- d'environ 2,50 m de matériaux volcaniques meubles hétérogènes (cendres, scories, pouzzolanes, blocs de basalte) suivant un toit relativement irrégulier;
- à partir d'une profondeur moyenne, de 3,50 m de basaltes scoriacés et vacuolaires en surface devenant progressivement massifs.

■ Les contraintes

Outre les délais et la nature des matériaux, l'extraction était à mener en respectant de nombreuses contraintes :

- liées au projet :
 - > géométrie des parois à faible tolérance de hors profil du fait de la proximité immédiate de voies circulées et de réseaux, et du projet de génie civil,
 - > co-activité avec un atelier de confortement renforçant les talus créés à l'avancement,
 - > co-activité avec le génie civil en fin de délai;
- liées au site urbain :
 - > maîtrise des nuisances propres au mode d'extraction (vibrations, surpressions, projections, bruit, poussières...) dans un environnement très dense avec notamment entre 3 et 50 m de la fouille des habitations, des réseaux, l'école d'infirmières, le CHRU et une station-service,
 - > maintien des circulations routières en bord de fouille durant les travaux dont l'accès aux urgences de l'hôpital et une ligne de transport en commun,
 - > maintien des circulations piétonnes sur un site très fréquenté (accès à l'hôpital, étudiants...).



Photo 1

Vue d'ensemble du site en février 2005
General view of the site in February 2005

Clermont-Ferrand : le parc-relais Henri Dunant



Photo 2

Le site et ses contraintes

The site and its constraints



Préalablement au démarrage des travaux, ces contraintes étaient connues qualitativement mais non quantifiées. Aucune restriction quant au mode de terrassement n'avait été formulée (photo 2).

■ Choix du mode de terrassement

La conjugaison des délais, de la géologie et des contraintes a imposé une réflexion technique préalable quant aux moyens à mettre en œuvre pour terrasser ces matériaux. Le tableau I synthétise les avantages et inconvénients de chaque technique envisagée et leur utilisation retenue.

D'autres solutions techniques existent mais n'ont pas été retenues car inadaptées au volume à extraire ou à la nature des matériaux (ciment expansif, rabotage...). L'extraction à l'explosif s'est affirmée comme la solution technique de base à retenir pour des questions évidentes de délai mais aussi pour des problèmes environnementaux. En effet, l'explosif génère les nuisances les plus intenses mais sur des durées très courtes qui permettent de ne prendre en compte que le risque de dommages aux structures sous réserve de maintenir les personnes à l'abri. La durée des vibrations générées par les engins mécaniques ainsi que du bruit associé, impose d'intégrer des limites de gêne très inférieures à celles de dommages. Sur ce site particulier, l'emploi de trois à quatre BRH nécessaires pour respecter les

Tableau I

Avantages et inconvénients des différentes techniques d'extraction

Advantages and disadvantages of the various excavation techniques

Technique d'extraction	Avantages principaux	Inconvénients principaux	Utilisation envisagée
Brise-roche hydraulique (BRH)	Adaptation à tous les matériaux rocheux - Travail en continu - Possibilité de régler les talus - Accès à toute la fouille - Absence d'autorisation spécifique à l'emploi	Rendement faible compensable en multipliant les ateliers et en allongeant les horaires d'emploi - Nuisances sonores incompatibles avec l'environnement urbain sur de longues périodes - Risque d'éclat atteignant les véhicules ou piétons - Vibrations de type continu imposant des limites de gêne - Rendement peu modulable de chaque engin	Par intermittence pour traiter la périphérie de la fouille et la reprise des blocs - Engin de puissance moyenne afin de limiter les vibrations
Ripper à percussion	Adaptation aux matériaux hétérogènes de sommet de coulée avec un rendement satisfaisant - Absence de projection - Reprise facile des matériaux - Peu de poussières - Absence d'autorisation spécifique à l'emploi	Inadaptation dans le rocher sain - Surface d'évolution minimale importante - Impossibilité d'accès en périphérie de la fouille - Vibrations et bruit lors de la frappe - Matériel unique arrêtant le chantier en cas de panne	Traitement du toit rocheux au centre de la fouille
Minage	Adaptable à toute roche - Rendement important et modulable en fonction des contraintes - Accès à toute la fouille - Vibrations de courte durée - Bruit réduit limité à la foration - Poussières réduites limitées à la foration (dépoussiéreur) - Maîtrise de la phase critique (mise à feu)	Vibrations, surpressions et projections à maîtriser - Arrêt des circulations lors de la mise à feu - Autorisations administratives nécessaires à la livraison et l'emploi	Solution de base retenue sous réserve de la maîtrise des nuisances lors de la mise à feu à définir par tirs d'essai

délais sur un poste journalier pendant 4 mois est apparu incompatible en terme de bruit avec la proximité d'habitations, d'écoles et d'un centre hospitalier.

Le BRH et le ripper à percussion ont été retenus comme solution d'apport pour la périphérie de la fouille et le traitement des zones intermédiaires au niveau du toit rocheux.

Concernant les parois, la proximité immédiate des réseaux ne permettait pas d'envisager de miner jusqu'en bord de fouille situé parfois à moins d'un mètre des conduites. La nature des matériaux et les tolérances sur la géométrie de la paroi nécessitaient par contre un traitement spécifique de la paroi. La solution retenue a consisté à forer un rideau de trous dans le plan des talus théorique préalablement à tout terrassement depuis la surface. L'objectif de ce rideau de trous, non chargés, réalisé en diamètre 115 mm avec un espacement de 0,50 m était à la fois d'assurer le découpage de la paroi selon la technique dite du « timbre-poste » et de permettre la décompression des gaz de tirs pour éviter qu'ils n'atteignent les tranchées des réseaux.

■ Démarche mise en œuvre pour valider le choix de l'explosif

Suite à ce choix technique, les démarches administratives nécessaires à l'emploi d'explosifs et l'information des différents concessionnaires de réseaux et riverains ont été engagées.

Aussitôt, il est apparu des inquiétudes fortes voire des hostilités à l'emploi d'explosifs sur ce site. La majorité de nos interlocuteurs connaissait le projet, mais ne s'était pas interrogée sur les moyens nécessaires à sa réalisation.

Une concertation a alors été engagée afin d'expliquer les raisons de ce choix et de convaincre de la faisabilité de ces travaux à l'explosif en toute sécurité vis-à-vis des structures et des personnes vivant et circulant à proximité immédiate.

Cette concertation a abouti à valider le choix technique retenu, l'argument déterminant étant le délai, de nombreuses inquiétudes persistant. Cette validation était accompagnée des conditions suivantes :

- réalisation de tirs d'essais permettant de définir le dimensionnement des tirs en termes de vibrations et de projections ainsi que le programme de contrôle à mettre en œuvre;
- définition de deux créneaux de tirs journaliers fixes (10h30 et 15h30) avec des coupures de circulation n'excédant pas 5 minutes;
- définition de périmètres de sécurité lors de la mise à feu des tirs et d'une procédure stricte de mise en place et de surveillance de ces périmètres.

■ Réalisation des travaux

Les travaux ont été réalisés de décembre 2004 à avril 2005 sur une durée de 4,5 mois, en période hivernale marquée par des intempéries.

Deux tirs d'essais effectués mi-décembre associés à une instrumentation lourde en vibrations (14 capteurs) ont permis de définir les contraintes vibratoires du site et de fixer un programme de contrôle sur trois capteurs pour tous les tirs de production.

Les terrassements ont été réalisés conformément au choix technique initial.



Photo 3

Vue d'un tir en cours

View of blasting in progress

Après extraction à la pelle mécanique des formations meubles de surface, le toit de la coulée a été arraché à l'aide d'un ripper à percussion sur une hauteur moyenne de 1 m. Cette phase a permis d'extraire la frange intermédiaire de matériaux mais a surtout créé une plate-forme initiale de minage plane s'affranchissant ainsi des problèmes de foration générés par un toit rocheux géométriquement irrégulier.

Les matériaux rocheux ont ensuite été extraits à l'explosif en une seule passe de 3,5 à 4 m au centre et en deux passes en périphérie afin de maîtriser les vibrations. La technique du chargement étagé a permis de limiter la surface traitée en deux passes. Les tirs mis en œuvre (photo 3) ont été dimensionnés comme suit, selon la proximité des structures à préserver :

- diamètre de foration : 64 à 89 mm;
- hauteur d'abattage : 1,5 à 4,5 m;
- charge par trou : 1 à 6 kg;

Clermont-Ferrand : le parc-relais Henri Dunant



Photo 4

Vue de la paroi côté sud

View of the southern side wall

- charge spécifique : 450 g/m^3 et jusqu'à $1,2 \text{ kg/m}^3$ pour certains tirs très confinés (fosses de déshuileur et d'ascenseur);
- charge unitaire instantanée : 1 à 4 kg;
- bourrage en matériaux élaborés : 4-6 mm;
- couverture des tirs par géotextiles lestés de pneus au centre et doublés d'un grillage en périphérie. Les tirs très confinés ont été couverts par boucliers métalliques.

Les tirs ont été arrêtés entre 1 et 2 m de la paroi en fonction des contraintes vibratoires; la bordure de la fouille étant extraite au BRH. Pour extraire environ $35\,000 \text{ m}^3$ de rocher, 125 tirs ont été nécessaires, sans conséquences avérées sur l'environnement urbain du chantier. Les délais ont été globalement respectés, le démarrage de la construction du parc-relais n'ayant pas été retardé.

Les parois créées présentent peu de hors profils. Ceux-ci se concentrant dans les angles saillants du terrassement, toujours délicats à réaliser et sur des hétérogénéités géologiques (poches de pouzzolanes, cavités naturelles métriques).

Les constats après travaux effectués chez les riverains concluent à l'absence de dommages liés aux terrassements (photo 4).

■ Difficultés rencontrées

Sur le plan technique, les principales difficultés rencontrées sont dues à l'hétérogénéité de la coulée à extraire :

- variation importante des vibrations en fonction des tirs et des points de mesure. Cet aspect a demandé un suivi strict des mesures de contrôle et une adaptation au jour le jour des charges unitaires instantanées;
- variation importante des surpressions aériennes liées à des ruptures prématurées des bourrages ou à des déconfinements de charges;
- projections extérieures à la fouille mais contenues dans le périmètre de sécurité.

En termes de sécurité, la principale difficulté a concerné le respect effectif des périmètres de sécurité lors de la mise à feu des tirs. Le caractère apparemment inoffensif des premiers tirs a conduit quelques personnes à tenter de contourner les vigies, estimant qu'elles n'avaient pas à être retardées pour si peu. Cette situation a imposé le renforcement de certains dispositifs en cours de travaux, les trois tirs ayant effectivement projeté hors de la fouille, justifiant le bien-fondé de ces périmètres difficiles à faire respecter sans autorité de police.

En termes d'environnement, quelques plaintes de riverains ont été recensées. Toutes ces plaintes ont fait l'objet d'un traitement immédiat par une visite chez le plaignant suivie de mesures de vibration et de surpression aérienne lors des tirs suivants.

Ces surpressions se sont avérées à l'origine de la majorité des plaintes provoquant des mises en vibration des planchers légers et des cloisons minces voire des mouvements d'objets jusqu'à 250 m des tirs, sans conséquence en termes de dommage aux structures. Cette communication immédiate avec les riverains a permis de rassurer les personnes concernées et d'aplanir les tensions avec succès.

Quelques plaintes ont également été émises à l'encontre du bruit provoqué par le BRH traitant la périphérie de la fouille, justifiant a posteriori le choix de l'explosif pour l'extraction.

En termes de vibrations, la contrainte principale en périphérie de la fouille est liée à la présence des réseaux y compris ceux déviés dans le cadre du projet. Un déport de quelques mètres supplémentaires de ces réseaux aurait probablement permis de réduire les délais d'exécution du terrassement et de simplifier les procédures d'exécution.

■ Conclusions

L'extraction à l'explosif en site urbain est généralement la solution la plus intéressante en terme technique et économique, lorsque les volumes à extraire sont conséquents. Elle s'avère bien souvent, malgré les apparences, la solution permettant de minimiser les atteintes à l'environnement et notamment de gênes.

Elle nécessite toutefois, pour être optimisée :

- une étude géotechnique préalable adaptée aux besoins du terrassier, même si l'ouvrage final est un ouvrage de génie civil;
- une adaptation du projet au mode de terrassement (implantation des réseaux déviés, profils des parois et tolérances d'exécution) afin d'éviter de créer des contraintes nouvelles qui se rajoutent aux contraintes liées à l'environnement bâti;
- une concertation préalable auprès des élus, des administrations concernées et des riverains incluant la définition des dispositions particulières de prévention liées notamment aux phases de mise à feu des tirs.

Concernant le parc-relais Henri Dunant, ces points ont été traités en majorité au démarrage des travaux, imposant une pression forte sur tous les intervenants compte tenu du délai d'exécution impératif lié au tramway. Ce contexte, défavorable de prime abord, a paradoxalement suscité une mobilisation forte face à un chantier devenu un véritable challenge. ■

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Client

Dumez-Lagorsse (groupe Vinci)

Minage et terrassement

Forézienne d'entreprises (groupe Eiffage)

Suivi du minage

Cete de Lyon LRPC de Clermont-Ferrand

ABSTRACT

Clermont-Ferrand : the Henri Dunant park-and-ride facility

G. Neillat, F. Grangier, J.-J. Leblond

The Henri Dunant park-and-ride facility in Clermont-Ferrand required explosive earthworks on about 35,000 cu. m of basalts in a highly urbanised environment.

Explosives were the obvious choice to comply with the technical requirements of the project and meet a mandatory four-month deadline. They also proved to be the solution best protecting the urban environment, the accompanying nuisances being no doubt great, but manageable and lasting a very short time.

This choice required extensive consultation, both with local bodies and with the frontage residents, and extensive monitoring of nuisances during the works.

Despite a few difficulties inherent in every project, the works were completed on schedule, complying with all the stipulated constraints and involving constant communication with the frontage residents.

RESUMEN ESPAÑOL

Clermont-Ferrand : el parque-relés Henri Dunant

G. Neillat, F. Grangier y J.-J. Leblond

El parque-relés Henri Dunant, en Clermont-Ferrand ha precisado movimientos de tierras mediante explosivos de aproximadamente 35000 m³ de basaltos en un entorno sumamente urbanizado.

La opción del explosivo se ha impuesto para responder a las exigencias técnicas de la obra y un plazo imperativo de cuatro meses. Esta opción también ha resultado ser la solución que preserva mejor el medio ambiente urbano, las contaminaciones que lo acompañan estando importantes pero controlables y de duración muy breve.

Esta opción ha precisado una importante concertación, tanto con las colectividades como con el vecindario así como un importante seguimiento de las molestias durante los trabajos.

Pese a diversas dificultades propias de cualquier obra, los trabajos fueron ejecutados dentro de los plazos contractuales y respetando todas las imperativos fijados con una comunicación permanente con el vecindario.

Déroctage maritime

Descriptif de quatre chantiers

La réalisation de travaux maritimes à l'explosif nécessite la mise en œuvre de moyens spécifiques importants. Ces travaux sont souvent réalisés pour l'aménagement du littoral :

- approfondissement ou création de ports ou de chenaux;
- pose de canalisations ou de câbles (tranchée). L'utilisation d'explosifs lors d'opérations de déroctage impose la réalisation de forages exécutés le plus souvent à partir d'une plate-forme maritime.

Les exemples de chantiers présentés dans ces pages illustrent la variété des opérations menées : ouvrage d'évacuation des eaux usées aux Sables d'Olonne, déroctage de chenal à l'île d'Yeu, approfondissement du port de Saint-Malo ou démolition de béton immergé au pont de Saint-Nazaire.

Toutes ces opérations de minage ont en commun une grande technicité et nécessitent donc une haute spécialisation des équipes intervenant sur ces différents sites.

Les travaux de déroctage maritime sont réalisés essentiellement pour l'aménagement du littoral, à savoir :

- approfondissement ou création de ports ou de chenaux (grande masse);
- pose de canalisations ou de câbles (tranchée).

La mise en œuvre des explosifs nécessaires aux opérations de déroctage impose la réalisation de forages exécutés le plus souvent à partir d'un support maritime. Le positionnement et la stabilité du support garantissent la qualité du déroctage. La plate-forme est élévatrice ou stabilisée par pieux ou ancres.

Les forages sont tubés et la charge explosive est placée au fond du trou directement à partir de la plate-forme (sans plongeurs).

Les tirs regroupent généralement une trentaine de charges. Le support maritime peut comporter plusieurs foreuses qui travaillent simultanément. Les matériels de déroctage maritime sont « lourds ». Moins de cinq entreprises européennes sont équipées de plates-formes spécifiques.

Les rendements sont très influencés par : le site (mer ouverte ou fermée), les conditions météo, la hauteur

d'eau, la nature de la roche, les courants, les crues, le marnage, la navigation, l'environnement, les conditions de repli, etc.

Les opérations suivantes se distinguent par leur complexité technique :

- positionnement de la fenêtre de forage;
- réalisation du pré-tubage;
- réalisation du forage;
- contrôle du forage et mise en place de la charge;
- raccordement, repli du matériel, tir.

Le contrôle du tir en site sensible nécessite de nombreux appareils de mesure (séismographes, géophones, hydrophones, etc.) imposés par les maîtres d'œuvre.

L'exploitation ou marinage des tirs est exécutée, suivant la hauteur d'eau, par une pelle hydraulique ou à câble.

Les produits de déroctage sont évacués ou stockés pour réutilisation en remblai par chalands à clapet.

Ces dernières années, les maîtrises d'œuvre sensibilisent notre profession sur les contraintes environnementales constituées par la faune et la flore.

Déroctage du chenal de Port-Joinville (île d'Yeu)

Cette île est située à une vingtaine de kilomètres de la côte Vendéenne. C'est un site très touristique et le Conseil général de la Vendée a décidé de remplacer les bateaux de liaison traditionnels par des catamarans plus performants.

Ces navires, plus larges que les précédents, imposent l'élargissement du chenal pour faciliter leur croisement dans le port de Port-Joinville, tout en maintenant la navigation durant les travaux. Ceux-ci ont donc été réalisés de nuit.

Photo 1

Port-Joinville à l'île d'Yeu

Port-Joinville on the Island of Yeu



Patrick Villalon
Chef du service maritime départemental
Conseil général de la Vendée



Dominique Guilloré
Minage travaux maritimes
Trafordyn



Mickaël Morvan
Conducteur EMCC



d'envergure

L'élargissement ou l'approfondissement d'un chenal comme à :

- Cherbourg;
- Saint-Nazaire (sortie du Millénium, du Queen Mary);
- Roscoff;
- Quiberon,

est l'intervention la plus fréquente pour une entreprise de minage de travaux maritimes.

Les points communs sur ces chantiers sont :

- la faible hauteur de coupe;
- la faible hauteur d'eau;
- une surface à traiter généralement importante.

■ La technique de minage

Objectif

Les travaux font l'objet préalablement d'une autorisation préfectorale au titre de la réglementation sur l'eau (code de l'environnement), la difficulté se présente d'abord par le choix de la maille.

Sur un cycle complet de forages de chargement, l'action de forer ne représente en temps que 6 % du cycle. Les volumes de matériels et de personnels mis en œuvre pour un déroctage maritime ne vont pas conduire au même raisonnement que pour un déroctage identique en site terrestre. La réduction de la maille conduit à une quantité de forages supplémentaires pas souhaitables dans cette configuration. Très souvent, il est préférable d'augmenter la surprofondeur pour conserver une maille réalisable avec la précision souhaitée.

Méthode

La charge spécifique peut amener dans certains cas à augmenter le diamètre du forage pour charger en plus gros diamètre et améliorer la concentration de la charge en fond de forage.

Dans le cas du déroctage du chenal de l'île d'Yeu, l'explosif utilisé est la Dynaroc. La mise à feu se fait par

DESCRIPTIF TECHNIQUE DE L'OUVRAGE

- Longueur : 280 m
- Largueur : 25 m
- Marinage : pelle hydraulique
- Surface : 7 000 m²
- Volume à extraire : 5 000 m³
- Hauteur d'eau : 5 m
- Hauteur de coupe : 1,50 m
- Situation : mer semi-ouverte
- Période de réalisation : décembre



Photo 2

Contrôle du foisonnement des matériaux après le tir
Check on expansion of the materials after blasting

Choix de la méthode - Point de vue de Patrick Villalon

Existait-il une autre technique pour réaliser ces travaux ?

Ce type de travaux de déroctage peut être effectué à l'aide de pelles maritimes puissantes par « grattage » des couches successives du rocher. C'est la méthode que nous avons récemment utilisée au port des Sables d'Olonne pour creuser la darse du futur engin élévateur à bateaux de 500 t. Cette intervention n'est possible que pour un toit rocheux friable, comme le schiste.

Une autre méthode consiste à utiliser un brise-roche hydraulique (BRH) mais l'action de poinçonnement n'est compatible qu'avec un rocher relativement tendre et homogène.

Quelles sont les raisons techniques qui vous ont conduit à opter pour l'utilisation d'explosifs sur ce chantier ?

Le toit rocheux concerné par nos travaux était essentiellement granitique avec présence de veines de quartz blanc caractéristique de l'île d'Yeu.

L'ensemble des travaux de creusement du port depuis les années 1970 a nécessité l'usage de la technique du minage. C'est la raison pour laquelle des entreprises furent ici consultées sur la base de cette technique. D'ailleurs, aucune offre n'a présenté de variante sur ce point technique. Afin d'éviter toute surprise, l'entreprise procède par « ligne de tir » chacune composée d'une série de forages minés. La multiplication du nombre de forages par ligne de tir permet la mise en œuvre d'explosifs de moindre puissance, mieux maîtrisés.

Et les contraintes environnementales ?

Tout d'abord, je tiens à préciser que ce procédé de minage, est toujours mis en œuvre par des équipes hautement spécialisées. Chaque chantier fait l'objet, lors de sa période de préparation, d'une campagne d'essais avec mesures des ondes de choc en fonction de la puissance des explosifs employés.

Préalablement à tout minage, un état des lieux préalable et contradictoire est dressé par le maître d'œuvre en présence de l'entrepreneur et parfois même étayé, comme ce fut le cas à Port Joinville, par un constat d'huissier portant sur les ouvrages et habitations environnantes.

En l'occurrence à Port Joinville, la Police de l'eau fut étroitement concertée sur le site de l'avant-port où la vie biologique est ici particulièrement restreinte.

Déroctage maritime. Descriptif de quatre chantiers d'envergure



Photo 3
Plate-forme
élévatrice
Lifting platform

l'intermédiaire de Nonel, chaque matin avant le premier passage de bateaux.

■ Le marinage

Le marinage est l'action de terrasser les matériaux minés. Cette opération, sur ce chantier, est réalisée par une pelle hydraulique à partir d'un ponton stabilisé. Ce travail a été réalisé après la totalité des opérations de minage (nécessité absolue d'un minage rigoureux pour ne pas laisser de « têtes »).

Le foisonnement des matériaux minés impose un balisage précis de la zone de travaux.

Les matériaux sont chargés dans un chaland à clapet permettant leur évacuation au large dans une zone pré-définie.

Émissaire du puits de l'Enfer des Sables d'Olonne

Le traitement des eaux-vannes, par le passage en station d'épuration, pose le problème des rejets pour les agglomérations à vocation balnéaire. C'est ainsi que, depuis 20 ans, Trafordyn intervient sur les émissaires de rejet, pour les prolonger d'une part ou pour poser de nouvelles conduites de section plus importante. Ce fut le cas dans les villes suivantes :

- Courseulles-sur-Mer;
- Carnac;
- Saint-Malo;
- Lannilis;
- La Turballe;
- La Baule;
- Les Sables d'Olonne.

La pose de ces canalisations se fait généralement sur des sites délaissés par la population estivale, difficiles d'accès maritimes, souvent avec un courant important pour permettre la dispersion des produits et toujours en mer ouverte.

■ Choix de la méthode

Aux Sables d'Olonne, s'agissant de la partie maritime de l'émissaire, il fallait terrasser une souille dans du



Mickaël Morvan
Conducteur
EMCC



Dominique Guilloré
Minage travaux maritimes
Trafordyn



Patrick Villalon
Chef du service maritime départemental
Conseil général de la Vendée

rocher très hétérogène : gneiss, schistes altérés sains... Les hauteurs de coupe importantes (variables de 6 à 1 m) et la qualité du rocher ne permettaient pas d'utiliser une autre méthode que l'explosif pour détruire la roche.

Les travaux sont effectués sous l'eau, à une profondeur de 13 m minimum, ce qui augmente considérablement la difficulté. Peu de matériels flottants (pelle hydraulique sur ponton) sont capables de détruire la roche par la méthode du « grattage » à une profondeur aussi importante.

La méthode du minage dans ces conditions très particulières, était donc la seule envisageable pour ces travaux. Dès lors que le terrain est rocheux, l'utilisation d'explosifs est habituelle pour tous les travaux de terrassement maritime : approfondissement de chenaux, souilles...

La société EMCC est équipée de matériels spécifiques parfaitement adaptés à l'utilisation d'explosifs en mer : plate-forme auto-élévatrice, positionnement par DGPS, instrumentation des outils...

Aux Sables d'Olonne, la qualité de roche à déstructurer (environ 3 000 m³) et la difficulté du site justifiaient pleinement l'amenée et le repli d'un atelier type plate-forme auto-élevatrice.

Les travaux de l'émissaire ont été réalisés en mer ouverte, dans des conditions de météo et de houle peu favorables et non maîtrisées. L'atelier de minage a travaillé moins d'une journée sur deux alors que les travaux avaient lieu entre mai et juillet, une période pourtant a priori favorable.

L'emploi de l'explosif a permis de terrasser la souille rapidement, en optimisant les fenêtres météo propices, ce qui était vital pour finir les travaux pendant la période estivale.

L'objectif était de réaliser un minage de tranchée avec une hauteur de coupe importante (jusqu'à - 6 m), sous une hauteur d'eau pouvant atteindre 20 m.

Ces conditions imposaient donc le marinage avec une benne preneuse qui nécessitait un minage particulièrement destructif.

DESCRIPTIF TECHNIQUE

- Longueur maritime (déroctage et dragage maritime) : 930 m
- Zone maritime de marnage (méthode du microtunnelier) : 620 m
- Diamètre nominal : 900 mm
- Hauteur d'eau : variable de 13 à 20 m
- Hauteur de coupe de rocher : variable de 6 à 1 m
- Marinage : benne preneuse
- Situation : mer ouverte, zone rocheuse de brisants très délicate
- Période de réalisation : mai à novembre 2006

Méthode

Une plate-forme dite « élévatrice » est utilisée pour l'ensemble des opérations de forage, de chargement et de tirs. Nous utilisons un procédé de chargement (brevet Trafordyn) qui ne nécessite pas d'intervention de plongeurs.

Chaque positionnement de forage est réalisé au D.G.P.S à une précision de l'ordre de 5 cm.

Un premier tubage permet de masquer les horizons non consolidés (sables, vase, limons); il est ancré de 20 cm dans la roche.

Les allonges de forage sont alors descendues dans le tubage avec un taillant de diamètre approprié aux cartouches d'explosif. Le forage est alors réalisé jusqu'à la cote du fond de fouille à obtenir, plus la surprofondeur. Le forage terminé est scrupuleusement nettoyé, le train de tige « sonné », puis l'ensemble est remonté.

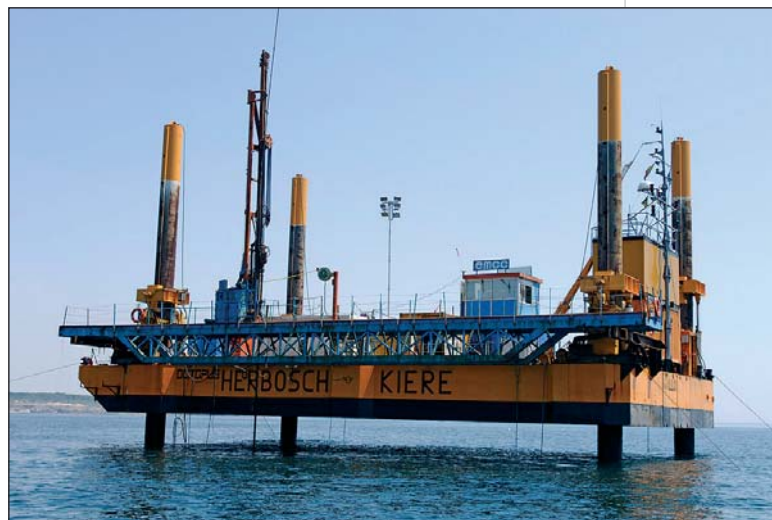


Photo 4
Plate-forme en mer
Offshore platform



Photo 5
Placement de la plate-forme sur écran
Platform positioning on screen

Le train de tube en place repère le forage et guide la charge pendant sa descente.

L'explosif utilisé est le Dynaroc 9 en 60 mm. Les amorces sont de type Nonel avec retard au 25 000^e de seconde et des hauteurs de tube compatibles avec la hauteur d'eau. La charge spécifique est de l'ordre de 1,6 kg/m³. Une fois descendue au fond du forage, sa position est vérifiée et le tubage remonté.

Le tube de l'amorce, permettant sa mise à feu, est ensuite remonté avec le cerceau de récupération et mis en attente pour le raccordement final du tir.

La foreuse peut alors passer au forage suivant.

Généralement la mise à feu se fait lorsque 20 forages sont chargés après déplacement de la plate-forme d'environ 50 m.

C'est la société Trafordyn, chargée du minage, qui a vérifié les vibrations engendrées par les tirs, à l'aide de trois sismographes.

Déroctage maritime. Descriptif de quatre chantiers d'envergure

Photo 6

Exécution du forage pour la mise en place de la dynamite

Performing drilling for dynamite charging



La zone

Le minage de la souille à réaliser au large des Sables d'Olonne prévoyait des charges unitaires d'explosif de 20 kg (une charge par trou).

La zone de minage était située à une distance supérieure à 500 m des premières constructions.

Les vibrations provoquées par des tirs de mine répondent à la loi de propagation définie ci-après.

Loi de propagation

La propagation des ondes dans le sol répond à la loi suivante :

$$V = K Q^a \cdot D^{-b}$$

Avec V = vitesse particulière; Q = charge unitaire instantanée; D = distance entre le tir et la zone de mesure (en mètre). Les coefficients K , a et b sont liés au site.

Des études statistiques ont permis de simplifier la loi de prédiction précédente, ramenant celle-ci à une expression plus simple (loi de Chapot) :

$$V = K (D/\sqrt{Q})^{-1,8}$$

Le coefficient K , qui varie de quelques centaines à plusieurs milliers d'unités, traduit à la fois les conditions de tir et du site.

Il dépend du terrain (nature des matériaux, état de fracturation), de l'explosif utilisé, du mode de tir (tir bloqué, tir d'abattage dégagé), de l'amorçage (postérieur, antérieur), du couplage rocher-explosif, etc.

Il est calculé sur chaque site par des tirs expérimentaux, qui fournissent une estimation des charges unitaires utilisables.

En considérant une charge unitaire maximale de 20 kg, à une distance égale ou supérieure à 500 m, et si l'on admet une loi de propagation maximale de :

$$V = 6000 (D/\sqrt{Q})^{-1,8}$$

on obtient une valeur maximale de vitesse de vibration de l'ordre de 1,2 mm/s sur les premières constructions. Dans la majorité des cas, le coefficient K est compris entre 1 500 et 6000, ce qui donne des valeurs de vitesse de vibration de l'ordre de 0,2 à 0,5 mm/s, à 500 m pour une charge de 20 kg.

La réglementation définie par le GFEE préconise des seuils maxima de vitesse de 6 mm/s pour des fréquences situées entre 5 et 12 Hz.

Sur le chantier des Sables d'Olonne cette valeur limite de 6 mm/s ne sera jamais atteinte, donc la réalisation de tirs d'essai prévus ne sera pas nécessaire; la mise en place de sismographes sur les constructions les plus proches permettra de valider l'hypothèse émise plus haut sur les premiers tirs et de suivre leur évolution pendant le chantier.



Photo 7

Mise en place de la dynamite avec vérification de la cote

Charging the dynamite and checking the elevation

Démolition des bétons immergés des piles du pont de Saint-Nazaire

■ Présentation sommaire de l'ouvrage

Le pont de Saint-Nazaire présente une longueur de 3 356 m. L'ouvrage est constitué de deux viaducs d'accès en béton de 1 115 m au nord et de 1 521 m au sud, et d'un ouvrage principal métallique haubané, de 720 m de long, avec une travée centrale de 404 m.

À l'époque de sa construction en 1975, il était le pont le plus long pont réalisé en France et détenait d'autre part le record mondial de portée pour un pont haubané (record détenu pendant 8 ans).

La travée centrale axée sur le chenal de Donges dégage un tirant d'air de 61 m au-dessus des plus basses eaux, sur 300 m de largeur. La tête des pylônes se situe à 131 m au-dessus des plus basses eaux.

Les viaducs en béton VIPP (viaducs indépendants à poutre précontrainte) comportent 22 travées au nord et 30 travées au sud. Chaque travée de 50,70 m de portée est constituée de quatre poutres en béton précontraint de 2,80 m de hauteur, solidarisées par un hourdis et des entretoises aux extrémités. Les travées sont « attelées entre elles » par groupes de quatre au niveau du hourdis. À un joint de chaussée sépare chaque attelage du suivant. Les poutres reposent sur les chevêtres situés en tête de pile par l'intermédiaire d'appareils d'appuis.

L'ouvrage principal est constitué par un caisson métallique haubané de 720 m de longueur. Il comporte trois travées de respectivement 158 m, 404 m et 158 m.

Le tablier métallique est supporté par des haubans dont les points d'accrochage sont distants de 16 m. Ces haubans, au nombre de 72, sont fixés à des pylônes métalliques articulés au pied, et supportés par les piles centrales en béton. La tête des pylônes culmine à 68 m au-dessus du tablier.

Le caisson est en tôle d'acier soudée, raidie par des augets en forme de U longitudinaux sur tout l'ouvrage, et par des entretoises disposées tous les quatre mètres.

Le caisson a une largeur de 15 m et une hauteur de 3,50 m. L'ensemble de la construction est de conception soudée. L'épaisseur des tôles mise en œuvre varie selon les efforts à reprendre dans chaque section, entre 12 et 16 mm.



Jacques Guillore
Artificier
Trafordyn



René Garnier
Forage
Scaphocéan

La chaussée présente une largeur de 12 m, bordée par deux trottoirs de service de 0,75 m de large.

Les piles courantes des viaducs sont constituées de fûts en forme de H. Les deux H reposent sur une semelle de 13 m x 7 m environ, de 2 m d'épaisseur. Ils sont couronnés chacun d'un chevêtre de 12 m de longueur, de 3 m de largeur et de 1,50 m de hauteur.

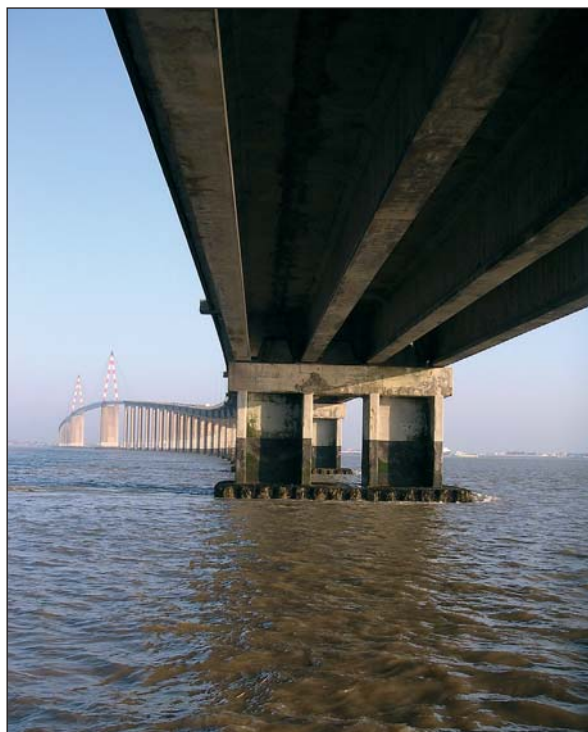
Toutes les piles courantes possèdent quatre pieux dont le diamètre passe de 1,80 m à 1,50 m à partir de la huitième pile à partir du chenal.



Photo 8
Pont de Saint-Nazaire
Saint-Nazaire bridge

Déroctage maritime. Descriptif de quatre chantiers d'envergure

Photo 9
Piles du pont
Bridge piers



Les semelles des piles ont été construites à l'intérieur d'un batardeau en palplanches métalliques (aujourd'hui supprimées), et après réalisation d'un massif de béton immergé de 2,50 m d'épaisseur mis en œuvre sur des remblais et ceinturant les pieux. Ces semelles assurent la reprise des efforts verticaux.

Les piles culées de l'ouvrage principal sont quasiment identiques dans leur conception, si ce n'est que l'ouvrage métallique est ancré à ces piles et leur impose des déplacements horizontaux significatifs.

Les piles principales sont creuses et formées de quatre cellules verticales.

Elles sont fondées sur un groupe de 18 pieux de diamètre 1,80 m et d'une longueur d'environ 50 m. Ces piles supportent, par l'intermédiaire d'appareils d'appui, spécifiques, d'une part le tablier métallique, d'autre part les pylônes de haubanage.

Ces piles sont implantées de part et d'autre du chenal dont la profondeur atteint localement 15 m sous l'ouvrage. Des masques d'encrochements fortement talutés assurent une protection en cas de chocs de bateaux.

■ Fondations des piles courantes en Loire

État des lieux

Les piles courantes de l'ouvrage sont fondées sur quatre pieux reliés en tête par une semelle de répartition. Ces semelles ont été construites à l'intérieur d'un batardeau

en palplanches métalliques, et après réalisation d'un massif de béton immergé de 2,50 m d'épaisseur mis en œuvre sur des remblais.

Après la construction de l'ouvrage le constat de certains désordres sur les bétons de semelle a imposé l'arrachage des palplanches.

Cette décision et l'érosion des sols environnants ont été à l'origine de la déstabilisation des bétons immergés qui se sont trouvés suspendus aux pieds des semelles. Certains avant-becs et arrière-becs se sont disloqués.

Il a été jugé nécessaire de procéder à la démolition des bétons immergés avec pour objectif de dégager les pieux des efforts parasites que peuvent engendrer ces masses suspendues, et de permettre l'accès à toute la sous-face des semelles en vue de protéger les aciers de ces semelles, parfois mal enrobés ainsi que les jonctions pieux-semelle.

La mission d'audit, conduite en 1996-1997, a préconisé la poursuite de cette méthode et a par ailleurs validé le mode de démolition à l'explosif qui avait été expérimenté. La notion d'urgence a été évoquée pour ces opérations.

On signalera que chaque pile peut présenter une configuration différente; ainsi, après démolition des bétons immergés sous les piles S12 (2000) et S6 (2001), des défauts d'enrobage plus conséquents, des aciers en sous-face de semelle, nous ont amenés à réaliser une protection par béton projeté en « plafond ».

La cadence actuelle est sensiblement de deux piles par an. Les critères de choix sont d'une part les piles les plus hautes, d'autre part celles qui présentent des hauteurs libres de pieux importantes afin de réaliser par la suite des travaux d'encrochements.

■ La technique de minage

Objectif

Désolidariser deux massifs de béton superposés en détruisant l'un sans créer de désordre dans l'autre.

Méthode

Au fil des années, intervenant globalement sur les mêmes volumes, la technique de minage s'est affinée.

À la suite du premier tir d'essai, la limite de vibration fixée par le laboratoire de Saint-Brieuc a été fixée à 100 mm/s à 10 Hz. Jamais cette limite n'a été dépassée. Les charges unitaires sont sensiblement les mêmes aujourd'hui qu'au début des interventions en 1995.

De grosses améliorations ont été apportées sur le positionnement des charges ainsi que sur leur date de départ. Bien que les tirs précédents aient engendré des mesures de vibration compatibles avec le CCTP, nous

avons travaillé le plan de tir pour les diminuer. De façon constante, les éléments qui favorisent une dislocation efficace diminuent les vibrations émises à savoir :

- amorçage fond de trou;
- charge spécifique;
- rendement de l'explosif;
- adaptation de l'explosif (impédance, couplage);
- géométrie de la foration (face libre, surforation);
- géométrie de mise à feu (ouverture du tir);
- hauteur libre sous la face inférieure de 1 m.

La nature et l'environnement des travaux nous conduisent à utiliser le principe des amorces Nonel qui acceptent des contraintes mécaniques plus importantes que les amorces électriques. Les dates de départ sont réglées comme pour un bouchon de tir de tunnel. En 2004, un essai de prédécoupage d'un cône réalisé en sciage au fil avait été imposé au cahier des charges. La technique a été jugée trop lourde et, nous réalisons, cette année, ce « bouchon » à l'aide d'un pré-tir à l'explosif.

Les amorces utilisées sont de type Nonel avec retard de 1/25 000 de seconde et l'explosif utilisé est de la dynamite Dynaroc 6.

Les charges sont préfabriquées amorcées dans des tubes PVC de la longueur des forages, chaque tube contenant jusqu'à quatre charges unitaires avec quatre dates de départ.

Des bourres de gel inerte sont utilisées pour les bourrages intermédiaires et du sable pour le bourrage sur la dernière charge.

À chaque tir effectué par Trafordyn, le laboratoire départemental de Saint-Brieuc suit dès l'origine du projet le contrôle des vibrations.

Les phénomènes

Énergie de l'explosion :

- fragmentation;
- déplacement de massifs;
- onde sismique et acoustique.

Les conséquences

Ondes sismiques - Déplacement des structures :

- habitations;
- ouvrage d'art;
- gazoduc;
- château, église.

Peut être destructif si le niveau est trop fort.

Mesure des vibrations

En général, la mesure de la vitesse de déplacement du sol est faite avec des capteurs de types géophones.



Photo 10
Semelle béton
Concrete foundation slab



Photo 11
Exécution du tir
Performing blasting

Principe de fonctionnement d'un géophone

C'est un aimant fixé à un ressort se déplaçant librement sur trois directions. L'aimant génère un courant induit dans des bobines lors de son déplacement (passage de l'onde).

Pour le chantier des piles du pont de Saint-Nazaire il ne fallait pas dépasser 100 mm/s.

Après exécution des deux tirs sur les piles S23 et S24 la société Trafordyn et le laboratoire de Saint-Brieuc ont constaté qu'il n'y avait pas eu d'onde sismique supérieure à 100 mm/s. Par conséquent le tir a été effectué avec succès, le béton était détruit sans occasionner de dégâts autour. La mission était remplie...

Les interventions et les contrôles réalisés depuis 1991 nous indiquent néanmoins que nous nous approchons des limites de cette technique.

■ Principe du forage

Préalablement aux travaux, nous effectuons une inspection lors d'une basse mer de vives eaux. Nous procédons au lavage des murailles RG et RD de la semelle et du bouchon de béton pour rechercher d'éventuelles fissures et/ou cavités et autres anomalies apparentes de construction. Les fûts de piles sont aussi inspectés visuellement depuis la semelle.

Nous établissons le plan de foration en commun avec la société chargée du tir suivant les caractéristiques d'hétérogénéité de la masse de béton à démolir.

Déroctage maritime. Descriptif de quatre chantiers d'envergure

Photo 12

Appareil de mesure des vibrations
Vibration measuring instrument



Sur chaque muraille longitudinale de la semelle, nous installons, verticalement, un cadre guide métallique sur lequel est placée une coulisse mobile amovible. À l'intérieur de chacune de ces coulisses nous déplaçons un coulisseau portant un avanceur pneumatique permettant le déplacement horizontal d'un marteau perforateur pneumatique. Le déplacement vertical du coulisseau est effectué au moyen d'un cric à crémaillère. Cet équipement permet de réaliser de trous horizontaux ou inclinés et orientés suivant les besoins du tir. Ce système a fait l'objet d'un dépôt de brevets. Nous savons que le béton à démolir est situé entre les niveaux hydrographiques + 240 ± 0,20 cm (1996). La

zone de travail étant située entre les altitudes hydrographiques + 160 et + 0,40 cm, l'action sera menée, préférentiellement, lors de période de basses mers de coefficients importants (> à 90).

La réalisation des trous forés en diamètre 70 mm ou en diamètre 45 mm x = 7500 mm nécessite l'utilisation plusieurs barres allonges. Le soufflage est fait à l'air comprimé. Les forations sont menées par rapport au moment de la basse mer afin de réduire la part des actions immergées.

Hormis les contraintes inhérentes à l'environnement maritime, la difficulté importante rencontrée durant la foration est que le matériau à forer est constitué d'éléments disparates. Une poche de laitance ou de gravier peut succéder à un volume de béton sain et provoquer, soudainement, le coincement de l'outil de forage. Toujours pénibles à traiter, ces incidents peuvent causer d'importants dommages matériels suivant le moment de la marée durant lequel ils se produisent. Le conducteur de la machine doit donc être vigilant et prudent pendant la foration.

Chaque conducteur d'un atelier de foration note sur la plaque programme les forations réalisées et les modifications de positionnement effectuées ainsi que les anomalies rencontrées.

Une fiche est éditée et transmise à la maîtrise d'œuvre et au responsable chargé de tir.

Saint-Malo : souille du quai d'embarquement

Saint-Malo est située à proximité du lieu où le marnage est le plus important de France (16 m en baie du Mont-Saint-Michel). Les ouvrages portuaires sont donc plus importants que dans d'autres secteurs.

À basse mer, le long du quai d'embarquement pour l'Angleterre, le tirant d'eau n'est pas suffisant pour recevoir le nouveau navire assurant la liaison.

Il est nécessaire de réaliser une souille en bordure de quai pour maintenir le bateau en flottaison à basse mer. Ce travail est délicat car il convient de tirer une coupe de 3 m, à 1,50 m du pied du mur de quai.

Le maître d'ouvrage, la CCI de Saint-Malo, missionne un contrôleur extérieur : Yso Consultant.



Max Lannurier
Conducteur de travaux
EMCC



Dominique Guilloré
Minage travaux maritimes
Trafordyn

L'entreprise principale, EMCC, pour son contrôle interne mandate le Laboratoire régional de Saint-Brieuc et pour la partie explosifs, la société Trafordyn.

■ Les moyens mis en œuvre

Une plate-forme auto-élévatrice pour le minage, équipée d'un système de forage OD, se déplace sur une voie de roulement permettant de réaliser un linéaire de 23 ml utiles au maillage désiré. Un système de positionnement DGPS et quatre treuils de papillonnage

assurent le positionnement de la plate-forme. Un mulctat de servitude réalise les déplacements de la plate-forme entre les zones de travail et la zone de repli. Un ponton équipé d'une pelle type Liebherr 974 en rétro avec grand balancier et système de positionnement DGPS marine les produits meubles et les produits déroctés.

Un chaland fendable automoteur transporte les matériaux entre le lieu d'extraction et la zone de clapage.

■ Modes opératoires

Plan de tir

Celui-ci est fait en fonction de la hauteur du rocher à miner. Les charges par trou sont déterminées par les résultats de l'étude sismique, effectuée au préalable par Yso Consultant. L'utilisation de retard (Nonel) permet le dégagement du terrain suivant une direction bien définie.

Le positionnement de la plate-forme est contrôlé par un DGPS centimétrique couplé à un support informatique en coordonnées Lambert sur lequel les positions sont enregistrées.

Un sondage de la surface à dérocter est effectué à l'aide du train de tube OD, afin de déterminer la cote du toit rocheux. Celle-ci est déterminée à tout instant par l'addition de la hauteur d'eau et du tirant d'air repéré sur le marteau de forage.

Le forage est effectué par wagons-drill électriques. Un tube guide dont l'extrémité basse comporte une couronne de forage est descendu sur le fond et ancré dans le substratum.

Le forage se poursuit au travers du tube guide à l'aide du train de tiges équipé de son taillant.

L'opération terminée, le train de tiges est relevé et la charge d'explosifs est mise en place toujours au travers du tube guide. Ce dernier est alors retiré en prenant soin de maintenir correctement la charge à sa bonne altitude. Les tubes Nonel sont maintenus en surface sur le câble de repérage des zones de tir.

■ Amorçage et tir

L'amorçage de la volée est exécuté par une ligne de tir Nonel éliminant tout appareillage électrique dans le système de mise à feu. Chaque charge est pourvue à son extrémité d'un microretard Nonel. Les charges sont ensuite raccordées à un raccord GT par groupe de quatre, formant ainsi plusieurs groupes qui sont raccordés au starter Nonel de 50 ml.

La mise à feu est effectuée par le titulaire du permis de tir à l'aide d'un explosif spécial.



Photo 13

Embarquement de Saint-Malo

Boarding ship in Saint-Malo



Photo 14

Exécution du forage

Performing drilling

■ Les contrôles

La profondeur du forage est fonction de la cote du toit rocheux et du maillage réalisé. Le contrôle du forage est exécuté à tout instant par l'addition de la hauteur d'eau (lecture visuelle sur une échelle de marée préalablement étalonnée à proximité) et de la cote de déroctage à réaliser augmentée de la surprofondeur de forage qui est fonction du maillage utilisé.

L'agrandissement de la souille du poste n° 2 au terminal ferries du Naye dans le port de commerce de Saint-Malo nécessite l'extraction sous-marine par minage d'un volume d'au moins 3 200 m³ (superficie 1 600 m²) sur une profondeur moyenne d'environ 2 m (de - 5 à - 7 m CM) à proximité directe du caisson des quais du port et des bâtiments proches.

La mission d'Yso Consultants a eu pour but de valider une conception des tirs de production type prenant en compte aussi bien les contraintes d'environnement spécifiques du site – notamment le caisson PIC1 –, que celles relatives à la sécurité et aux moyens mis en œuvre pour les opérations d'agrandissement de la souille.

Dans un premier temps il a fallu définir et caractériser l'impact sismique de charges unitaires représentatives

DESCRIPTIF TECHNIQUE DE L'OUVRAGE

- Longueur : 40 m
- Largeur : 37 m
- Marinage : pelle hydraulique « rétro »
- Volume à extraire : 3000 m³
- Hauteur d'eau : 18 m
- Hauteur de coupe : 3 m
- Situation : mer semi-ouverte
- Période de réalisation : octobre à décembre 2004

Déroctage maritime. Descriptif de quatre chantiers d'envergure

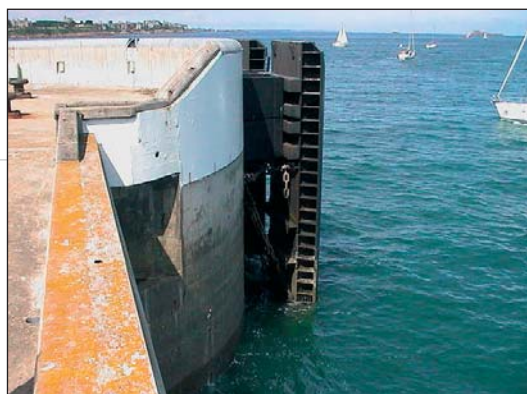
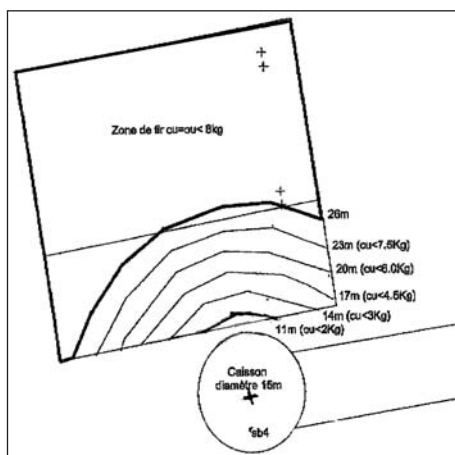


Photo 15 et figure 1

Vue du caisson et figure de répartition des charges

View of the caisson and load distribution



d'un tir de production. Des charges unitaires types ont ainsi été proposées par le maître d'œuvre et tirées individuellement sous son contrôle, dans le but de caractériser leurs signatures sismiques.

L'analyse de ces mesures, permet de rechercher les charges optimales, de sorte à concevoir et réaliser le plan de tir constituant le meilleur compromis économique, de sécurité et de production, tout en respectant les contraintes d'environnement.

Une fréquence dominante de 30 Hz a été observée au niveau du caisson, induisant une limite conseillée à 40 mm/s calquée sur la courbe 2 du GFEE (constructions résistantes fondées sur du rocher) et avec une limite maximale à 60 mm/s¹.

Cette contrainte autorisait des charges instantanées maximales de 8 kg dans un périmètre de 26 m par rapport à l'axe du caisson considéré comme les lignes ou rangées de tir de la zone éloignée.

En champ éloigné (au-delà de 26 m), l'étude montre que l'impact sismique des tirs de production sur le caisson, compte tenu de la séquence et de la charge unitaire instantanée d'environ 7 kg, reste dans des limites en vibrations acceptables.

Par contre en champ proche, il a fallu mettre en œuvre des charges bi-étagées, chaque étage avec une charge instantanée de 3,12 kg à 1,56 kg pour s'approcher à une distance de 11 m. ■

1. Une vitesse particulière de 60 mm/s vers 30 Hz correspond à un déplacement maximum théorique de 0,3 mm; les tirs unitaires ont montré un déplacement radial maximum de 0,12 mm.

ABSTRACT

Rock excavation at sea. Description of four major projects

Various authors

To perform work with explosives at sea, special major facilities must be employed. These works are often performed for development of the coastline :

- deepening or creation of ports or channels;

- laying pipes or cables (trench).

The use of explosives during rock excavation operations requires drilling, usually performed from an offshore platform.

The examples of projects described in these pages illustrate the variety of projects carried out : sewerage structure in Sables d'Olonne, rock excavation in the Ile d'Yeu channel, deepening the port of Saint-Malo or demolition of submerged concrete on Saint-Nazaire bridge.

All these blasting operations have in common their highly technical nature and therefore require a high level of specialisation by the teams performing work on these various sites.

RESUMEN ESPAÑOL

Excavación marítima en roca. Descripción de cuatro obras de gran importancia

Autores diversos

La realización de trabajos marítimos mediante explosivos precisa la puesta en aplicación de importantes medios específicos. Estos trabajos se ejecutan frecuentemente para la ordenación del litoral :

- profundización o creación de puertos marítimos o de canales fluviales;

- tendido de canalizaciones o de cables (zanja).

El empleo de explosivos durante las operaciones de excavación en roca impone la realización de sondeos ejecutados en la mayoría de los casos a partir de una plataforma marítima.

Los ejemplos de obras presentadas en estas páginas permiten ilustrar la variedad de las operaciones llevadas a cabo : obra de evacuación de las aguas residuales de Les Sables d'Olonne, excavación en roca del canal en la isla Yeu, profundización del puerto de Saint-Malo o demolición de hormigón sumergido en el puente de Saint-Nazaire.

Todas estas operaciones de voladura presentan todas una gran técnica y precisan por consiguiente una alta especialización de los equipos que intervienen en estos distintos emplazamientos.

Les travaux de minage en montagne



Yves Vial
Directeur général
Simeco-Stips

Les atouts de la France dans le domaine skiable et l'or blanc que représente le tourisme à la neige face aux changements climatiques amènent à se poser des questions afin de conserver, pérenniser et continuer à développer le domaine skiable.

De nombreuses mesures ont été prises : celles-ci donnent à notre profession une opportunité que certains d'entre nous saisissent, bien que les difficultés liées à ce type de travaux ne soient pas moindres.

De tout temps, les travaux en montagne ont été l'affaire de spécialistes utilisant méthodes et matériels appropriés à la rudesse du climat et aux formes escarpées des sommets enneigés.

Les syndicats, communes et autres concessionnaires des domaines skiables ont consacré un effort financier conséquent pour continuer à développer le domaine skiable, parfois en raccordant des stations entre elles ou en créant des pistes d'altitude allant jusqu'à 3200 m, conséquence d'une neige toujours plus haute. Il a fallu que les professionnels du minage trouvent des équipements permettant de réaliser dans ces conditions des terrassements rocheux.

En montagne, tout est différent :

- les sites éloignés et souvent non carrossables ;
- les pentes dépassant les seuils admissibles par les camions ;
- le manque d'oxygène nécessitant des réglages de moteurs ;
- les moyens de transport d'explosifs limités à des véhicules 4 x 4 aménagés ;
- les caprices de la météo qui parfois en 2 heures peut passer de la normale à la tempête.

Malgré ces difficultés, le domaine skiable d'altitude a vu le jour, doté de réserves collinaires (petits lacs permettant l'équipement de canons à neige en aval).

Tout cela passe par le minage pour la création de pistes, tranchées, bassins et plates-formes. Et pour mettre en place ces aménagements, il faut terrasser.

Les travaux exécutés en montagne doivent prendre en compte toutes les contraintes citées :

- les délais d'exécution des travaux sont limités à la saison estivale car les conditions climatiques interrompent les travaux dès l'arrivée de la neige qui survient parfois fin août ;
- les matériaux rencontrés sont principalement rocheux.

Ces travaux nécessitent de fortes cadences journalières et conduisent les entreprises à recourir à la sous-traitance pour exécuter le fractionnement à l'explosif des déblais rocheux.

L'énergie explosive est en effet celle qui permet le meilleur rendement économique en grande masse des déblais rocheux. Mais son utilisation requiert préalablement des autorisations administratives accordées par la préfecture du département concernée par les travaux. En altitude, le matériel de forage traditionnel ne convient plus. Des foreuses plus légères, dotées parfois de rotation sur tourelle sur un rayon de 120 °, permettent une surface de foration supérieure sans déplacer la machine.

Ces foreuses sont parfois équipées de treuils ou de stabilisateurs améliorant la sécurité dans la pente et sont dotées de cabines Fops Rops (résistance au renversement et à l'écrasement).



Photos 1 et 2
Chantier en cours aux Deux-Alpes
Works in progress at Deux-Alpes



Les travaux de minage en montagne



Photo 3
Chantier en cours à La Plagne
Works in progress at La Plagne

La cinématique de ces machines permet une foration en aval et en amont du poste de travail, bien supérieure aux machines traditionnelles, ce qui évite encore les déplacements dangereux.

Les 4 x 4 approvisionnant l'explosif sur ces sites accidentés, les hommes travaillant dans des conditions plus rudes, impliquent des coûts d'exploitation supérieurs liés aux productions limitées et à la multiplication des ateliers de forage.

Ces coûts supplémentaires sont justifiés par la préparation que nécessite ce type de travaux, le planning très serré imposé par les conditions climatiques, le matériel spécifique à la nature du site, les baisses de rendement liées au relief montagneux et la présence d'eau imposant parfois des explosifs solides.

La formation des hommes aux travaux de montagne est un facteur déterminant pour la réussite de ces missions. ■

Travaux de minage au « Village de Lessy » en Haute-Savoie

Franck Maupoux
Ingénieur travaux
Sofiter

Dans le cadre d'un développement immobilier d'envergure au Grand Bornand, une opération au minage très technique a été menée en deux phases en 2005 et 2006. Pour ce type de terrassement en montagne, le minage s'avère en effet la solution la plus adaptée tant en termes de rendement que de respect de l'environnement.

Le forage a nécessité un matériel spécifique, notamment des machines assez légères pouvant accéder à un terrain très accidenté. De 50 à 60 trous par jour ont été tirés avec l'emploi de charges relativement faibles.

L'opération a pu se dérouler dans les délais prévus et permettre la livraison des premiers bâtiments de ce complexe immobilier fin 2006.

Après une présentation générale, cet article décrit les particularités de cette opération, au minage très délicat. Il prouve que l'utilisation d'explosif, malgré ses contraintes, est l'unique solution pour rentrer dans un planning de travaux très restreint en respectant le mieux possible l'environnement.

Placé au cœur de la Haute-Savoie dans la station du Grand Bornand au lieu-dit le Chinaillon, le « Village de Lessy » est le nom donné par le promoteur MGM à son projet immobilier d'envergure. Il répond à la demande simple de la station de posséder plus de lits pour se remplir à n'importe quel moment de l'année. MGM achète le terrain communal de 16000 m² orienté sud et situé en face de l'office du tourisme pour construire quatre chalets en copropriétés et 12 chalets en résidence de tourisme haut standing avec garage, piscine, hammam, jacuzzi, soit environ 180 appartements pour lesquels il faut compter environ 6000 €/m² à la vente.

Le planning global des travaux s'étale jusqu'en 2009 en incluant les périodes hivernales de fonctionnement de la station ainsi que les coupures d'été.

■ Les dates clés. Rappel

- 17 décembre 2004 : permis de construire et décision de réaliser le projet.
- Mai 2005 : début des terrassements.
- Noël 2005 : livraison des premières plates-formes.
- Août 2006 : fin des terrassements.
- Noël 2006 : livraison des premiers bâtiments.



Photo 1
Vue du chantier
View of the site

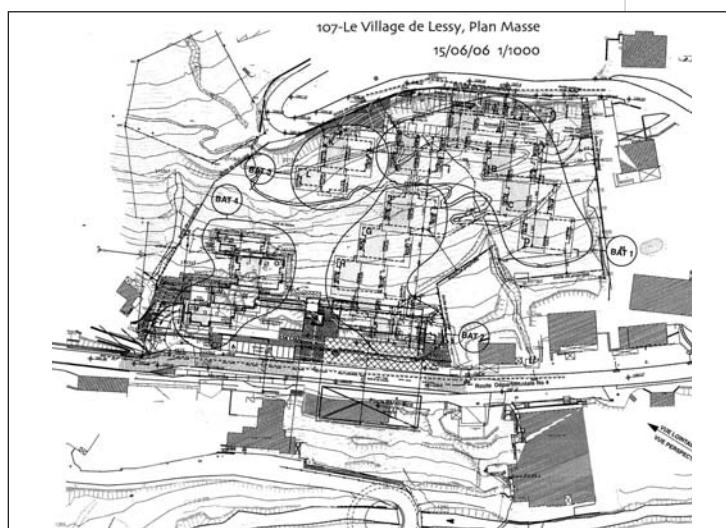


Figure 1
Plan masse
Layout plan

Après 2 ans de consultations, d'études et de promesses d'achat, le projet se réalise enfin. MGM s'entoure d'un bureau d'études qui assure l'ingénierie du gros œuvre (Secoba), d'un géotechnicien (Equaterre) et d'un bureau de contrôle technique (Socotec). MGM assure la maîtrise d'œuvre et le suivi des travaux. Un projet sommaire est présenté en février 2005. Le terrassement est attribué à Martoia UGINE qui choisit Sofiter en sous-traitance pour réaliser le minage et les confortements. Le terrassement seul coûte 4,8 millions d'euros pour un volume de 100000 m³ dont 70000 m³ rocheux.

■ Le site

La construction se situe sur un terrain d'accès difficile avec une pente naturelle quasiment à 1V/1H (photo 1). Le site est entouré de part et d'autre de constructions (figure 1) :

Travaux de minage au « Village de Lessy » en Haute-Savoie

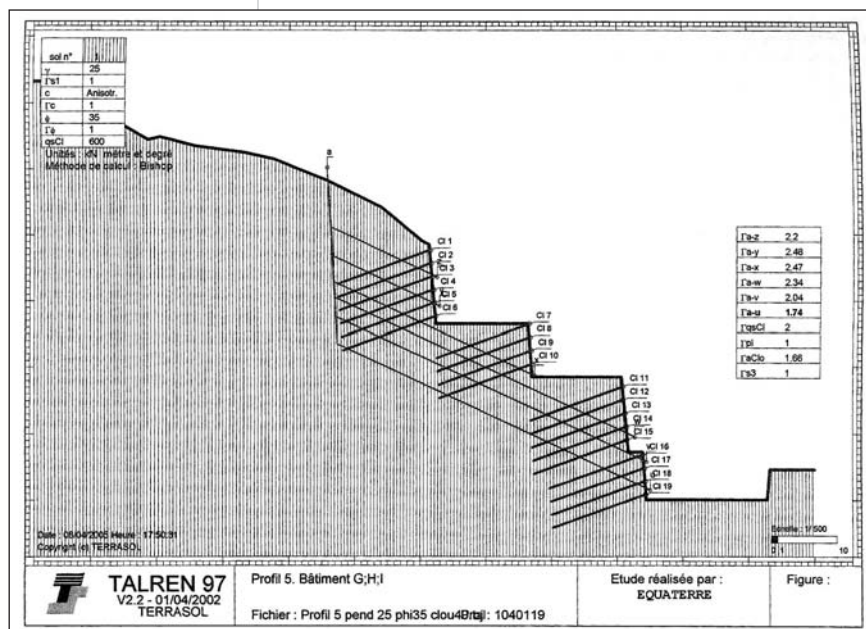


Figure 2

Profil de calcul

Design profile



- au sud : à 25 m tout le long du projet (commerces, office du tourisme, restaurant à 15 m à l'angle);
- à l'est : à 20 m une copropriété;
- à l'ouest : à 15 m d'un particulier;
- au nord : à 30 ou 40 m des premiers chalets.

La principale difficulté est la géologie caractérisée par des bancs massifs décimétriques calcaires, dans le sens de la pente puisque le pendage est de 15 à 25°, avec des joints marneux gorgés d'eau. Le projet nécessite la mise en place de 16000 ml de clous dont 3000 ml dans les terrains de couverture meubles. Le dimensionnement des soutènements consiste à rendre le massif « monolithique » par le boulonnage des bancs les uns sur les autres et avoir ainsi une zone rocheuse en pied du terrassement faisant face aux poussées provenant de l'amont comme « un mur poids » (figure 2).

Le complexe immobilier

Le terrassement consiste à réaliser 14 plates-formes successives :

- un premier lot de trois plates-formes successives pour les bâtiments M, N, O, P en partie basse du projet;
- un lot de quatre plates-formes des bâtiments A, B, C, D en partie haute;
- un lot toujours lié au bâtiment A avec cinq plates-formes consécutives depuis le sommet jusqu'en bas (E, F, G, H, I);
- un lot indépendant formé de deux plates-formes pour les bâtiments K et L.

■ Planning des travaux et phasage

Cette opération d'envergure, avec uniquement des fonds privés, ne peut se réaliser qu'en respectant scrupuleusement le planning qui autorise les déblocages de fonds des futurs propriétaires.

Une première phase se fait de mai 2005 à décembre 2005 avec 2 mois d'interruption en juillet-août soit 6 mois de travaux. La deuxième phase se fait l'année suivante d'avril à août 2006 soit 5 mois.

Il est impératif de livrer la première année les plates-formes MNOP où les bâtiments devront être finis pour Noël suivant. En parallèle, les plates-formes supérieures, A, B, K, L sont livrées pour finir le terrassement l'année suivante et aussi fournir une plate-forme de stockage des fournitures et matériel de chantier. Au total, la première phase de travail a sorti 48000 m³ de rocher et 10000 ml de clous.

Le phasage est différent des habitudes de déblais traditionnels où on peut faire suivre les postes l'un derrière l'autre pour un même carreau, la pelle extrayant le minage fourni par la foreuse du même niveau. On termine une passe complète avant de passer au niveau inférieur.

Ici, les postes se succèdent systématiquement de manière verticale. La pelle et la foreuse vont travailler successivement sur des zones différentes mais jamais sur la même plate-forme. Le phasage est plus « vertical », on pianote d'une zone à l'autre.

■ Choix technique

En raison des contraintes d'environnement et de planning, la solution d'extraction retenue est le minage. Une extraction mécanique dans ces terrains serait inadaptée car les cadences faibles (150 m³/atelier) et les fréquences de travail des BRH néfastes (< 5 Hz) pour les constructions. La solution consiste à effectuer du minage avec un prédécoupage systématique selon les lignes d'entrée en terre de chacune des plates-formes et sortir le rocher au minage. Le prédécoupage permet de désolidariser la masse rocheuse pour éviter la propagation des ondes de choc et garantir une bonne stabilité du parement obtenu. Le plan de facturation défavorable, dans le sens de la pente, est la cause d'instabilité ponctuelle en sommet des entrées en terre. Le dernier banc en sommet de crête a tendance à glisser. Ce phénomène oblige à purger les zones instables et créer un nouvel appui par micropieux pour la construction du bâtiment.

L'emploi d'explosif provoque des ondes de chocs nocives pour les constructions mais peuvent néanmoins être maîtrisées par le choix d'une technique adaptée. Pour ce chantier, les charges unitaires doivent être

limitées. La charge unitaire significative du chantier est de 3 kg. Les volumes des tirs doivent être aussi limités car on constate une augmentation des vibrations au-delà de deux rangées de trous. En moyenne, on utilise 200 kg/jour d'explosif (figure 3).

Les cadences assurent un rendement de 700 m³ pour deux ateliers de foration, avec un atelier supplémentaire pour le prédécoupage. Les passes de terrassement de 2 à 3 m optimisent le travail de la pelle et dégagent suffisamment de surface de parement pour le clouage. Les tirs d'essai en début de chantier laissent apparaître un site très hétérogène puisque la loi de propagation (type loi de Chapot) est dans la moyenne avec K = 2500 sauf dans une direction où le coefficient de propagation est de K = 18000. Les vitesses mesurées, anormalement élevées, sont liées à la géologie du site puisque le capteur est posé sur le banc rocheux supérieur au banc où explose la charge. Le joint marneux gorgé d'eau séparant les bancs accentue la propagation avec en plus des basses fréquences (2 Hz). Ce problème n'existe plus dès que les charges se trouvent sur un banc plus inférieur ou supérieur. Les deux bancs concernés sont traités avec minuties avec des charges unitaires maximales de 1 kg. Quatre capteurs sont posés en permanence autour du chantier. Le capteur le plus critique enregistre une valeur moyenne crête des vibrations à 4,5 mm/s sur 140 tirs réalisés.

Caractéristiques techniques

- Diamètre de forage : 76 mm.
- Charge unitaire : 3 kg (la charge par trou varie de 1 à 5 kg en fonction des zones de tirs).
- Maille : 2 m x 2 m à 1,5 m x 1,5 m.

Ce choix de diamètre permet de travailler avec de petites charges unitaires (de 1 à 5 kg) avec une bonne répartition de la charge sur la colonne. Néanmoins, à cause des joints marneux, le résultat du tir est très hétérogène puisque le pied du tir est broyé (0/200) tandis que le sommet de colonne, où se situe le bourrage, est constitué de blocs métriques de la dimension du banc naturel. On remarque bien la perte d'explosif dans les failles horizontales marneuses de séparations des bancs.

Les charges faibles avec une petite maille nécessitent un nombre de trous élevés pour sortir le volume utile (700 m³/j) et donc une surface de travail suffisamment grande. On doit tirer de 50 à 60 trous par jour. Avec la forte pente du terrain naturel, on crée une piste aval et amont qui se rejoignent ensuite afin d'obtenir un accès sur chacun des bâtiments. Ainsi, chaque entrée en terre des chalets est accessible pour intervenir le travail des pelles et des foreuses.

Le matériel de forage utilisé est « assez léger » puisqu'il doit être maniable dans un site très accidenté et les

OBSERVATION N° 39

PLAN DE TIR So.Fi.TER		CHANTIER : HGH	DATE : 26/05/05
		LOCALISATION DU TIR : Le châtelet	HEURE :
1°) CARACTERISTIQUES DE LA FORATION		TIR N° 10	N° 8358
- DIAMETRE DU FORAGE : 76 mm	- HAUTEUR DU FRONT : 1,5 m		
- BANQUETTE : 1 m	- SURPROFONDEUR : m		
- ESPACEMENT : 2 m	- PROFONDEUR DES TROUS : 1,8 m		
- MAILLE : m ²	- INCLINAISON : °		
2°) PLAN DE CHARGEMENT			
		VOLUME PAR TROU : 14,19 m ³	
		NOMBRE DE TROU : 304	
		VOLUME DU TIR : 403 m ³	
		CHARGE PAR TROU : 3,42 Kg	
		QTE TOTALE D'EXPLOSIFS : 125 Kg	
		TYPE DE CORDEAU : m	
		LONGUEUR TOTALE UTILISEE : m	
		DETONATEURS : Primbeck et C.H. 120	
CHARGE SPECIFIQUE : 240 g/m ³			
CHARGE INSTANTANEE : 3,42 Kg			
3°) SCHEMA D'AMORCAGE			
OBSERVATIONS :		NOM DU RESPONSABLE	

Figure 3
Plan de tir
Blasting pattern

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

- Essai de traction sur clous et micropieux : Groupe J
- Dimensionnement et géotechnique : Equaterre
- Plans : Martoia Ugine
- Géomètre : N. Fouquier
- Principaux fournisseurs**
- Explosif : Titanite SA
- Ancrages : Lenoir & Mernier
- Tube pour micropieux : Bouard
- Treillis et ciment : Samse
- Béton : Lathuille
- Terrassements : Martoia Ugine
- Minage et confortement : Sofiter

Travaux de minage au « Village de Lessy » en Haute-Savoie



Photo 2

Ateliers

Equipment

► cadences de travail ne justifient pas de gros matériel. C'est du matériel hors de trou. L'optimisation consiste à travailler avec des foreuses capables d'exécuter des trous à la fois horizontaux pour les ancrages et verticaux pour le minage. Le chantier utilise en permanence une HCR 9, une HCR 1000 et temporairement un Ranger 700 pour le prédécoupage (photo 2).

■ Confortement

Le confortement est réalisé à l'avancement du terrassement avec le but de ne jamais arrêter l'extraction des matériaux. Le planning est donc dimensionné uniquement sur les volumes extraits. Le dimensionnement préconise des ancrages de 40 mm de diamètre principalement de 3, 7, 10 et 15 m de long. Le forage au rocher se réalise avec les machines de minage en 89 mm. La machine travaille sur les deux postes (minage et ancrage). Le béton projeté est de 22 cm en partie meuble armé de deux nappes de treillis soudé et de 30 cm en partie rocheuse. Le béton projeté représente un volume de 1 200 m³ approvisionné en toupie.

Ce type de chantier montre bien la complémentarité entre le confortement et le minage. Ce sont deux activités liées au forage, l'une destinée à l'usage d'explosif l'autre au soutènement par scellement d'ancrages. Avec le peu d'espace lié à la configuration du chantier, il est indispensable d'optimiser le matériel de forage sur les différents postes.

D'une manière générale, ce chantier prouve que le minage reste la solution adaptée pour la réalisation de terrassement complexe à proximité d'habitations dans un milieu urbain. ■

ABSTRACT

Blasting work in « Village de Lessy » in the Haute-Savoie region

Fr. Maupoux

As part of large-scale real estate development at Grand Bornand, a highly technical blasting project was carried out in two phases in 2005 and 2006. For this type of earthworks in mountain areas, blasting proves to be the most suitable solution in terms of both efficiency and environmental conservation. The drilling required special equipment, in particular machines light enough to be able to obtain access to very hilly ground. Between 50 and 60 holes per day were blasted using relatively small charges. The project was able to be completed on schedule, allowing the first buildings of this real estate complex to be delivered at the end of 2006.

RESUMEN ESPAÑOL

Trabajos con explosivos en el « Village de leéis » en Alta Saboya

Fr. Maupoux

Situándose en el marco de un importante desarrollo inmobiliario en Le Grand Bornand, se ha llevado a cabo en dos etapas una operación de voladura sumamente técnica en 2005 y 2006. Para este tipo de movimiento de tierras en montaña, los trabajos con explosivos representan efectivamente la solución más adaptada tanto en términos de rendimiento como de respeto del medio ambiente. La perforación ha precisado el empleo de materiales específicos, principalmente de máquinas bastante ligeras que pueden acceder a un terreno muy accidentado. Entre 50 a 60 taladros diarios fueron tirados mediante el empleo de cargas relativamente reducidas. La operación ha podido desarrollarse dentro de los plazos previstos y permitir la entrega de los primeros edificios de este complejo inmobiliario a finales de 2006.

Le forage intelligent

Antoine Mayolle
Ingénieur Produits
Atlas Copco forage
et démolition

Le forage est devenu un poste critique en termes de sécurité et d'environnement.

Du matériel performant existe aujourd'hui sur le marché pour un forage plus précis, mieux maîtrisé, répondant aux normes en vigueur sur les pollutions sonores, atmosphériques et des sols.

Les foreuses SmartRig™ développées par Atlas Copco intègrent des équipements qui répondent à ce contexte exigeant : système HNS de navigation entre trous grâce à la technologie GPS, gestion et contrôles électroniques des éléments moteurs de la foreuse par technologie Can-Bus, assistance et aisance de conduite par le positionnement automatique de la glissière et l'ajout automatisé des tiges de forages, augmentation de la productivité et diminution de la consommation d'outillages par la souplesse de la régulation électronique du marteau-perforateur, limitation des émissions sonores, par caisson d'insonorisation, et atmosphériques par réduction de la consommation de carburants, etc.

L'ensemble de ces informations étant compilées et analysées sous le même logiciel qui garantit un reporting précis et complet des forages.

■ Introduction

Les contraintes environnementales et de sécurité sont de plus en plus strictes envers les exploitants et les sous-traitants en carrières et sur les chantiers de travaux publics. De ce point de vue, le forage pour l'abatage de sections rocheuses occupe un poste critique en terme de sécurité du site.

À cet égard, la qualité d'extraction et la quantité d'explosifs à administrer dans les forages font partie des éléments importants qui contribuent à amoindrir les risques liés à l'abatage final. On peut citer entre autres :

- la rectitude des trous;
- le parallélisme entre trous et rangées;
- l'homogénéité du fourreau après forage;
- la définition précise du diamètre de forage utilisé en conjonction avec la maille appliquée.

Les contraintes environnementales présentent différents aspects parmi lesquels :

- le contrôle des émissions de poussières;
- les nuisances sonores;
- les vibrations du sol;
- la maîtrise des projections;

- l'économie de carburant limitant les impacts écologiques;

- la limitation des pollutions liées aux fluides.

Pour répondre à ces contraintes de plus en plus fortes, les constructeurs de moteurs thermiques ont développé des moteurs aux normes Stage 3/Tier III qui limitent les émissions de CO₂ vers l'atmosphère.



■ Le concept SmartRig™ et la technologie Can-Bus

Atlas Copco, dans sa gamme de machines de forage comprenant quelque 40 modèles de machines hydrauliques et 10 modèles pneumatiques, a décliné trois foreuses hydrauliques, à méthode de forage dite hors du trou, de conception intelligente regroupée dans la famille SmartRig™. L'objectif est clair : répondre en permanence aux exigences des utilisateurs en termes environnementaux et de sécurité, tout en augmentant productivité et fiabilité.

Le SmartRig™ est un concept dit intelligent, autonome, facilitant tous types d'automatismes sur les foreuses. Le matériel utilisé est conçu de manière à appréhender tous les environnements de travail possibles.

La technologie utilisée est développée autour du Can-Bus afin de piloter proportionnellement et précisément chaque organe hydraulique.

Ce concept intègre également l'enregistrement et l'affichage des fonctions machine, tout en contrôlant et facilitant les diagnostics et recherches de pannes.

Le SmartRig introduit également la cabine « sèche », à savoir l'absence de système hydraulique, et de manomètres en cabine. Ce qui diminue les nuisances sonores et augmente l'espace et la visibilité en cabine. Il améliore aussi l'ergonomie du poste opérateur et surtout amoindrit les risques de fuites hydrauliques (figure 1).

Le système de gestion de la machine, de protocole Can-Bus, commande et gère les fonctions d'anti-coincement, augmente la productivité et améliore la durée

Figure 1

Avec le système de contrôle SmartRig™, des signaux électriques sont générés pour contrôler les vannes hydrauliques. Les manomètres et les instruments sont remplacés par un écran

With the SmartRig™ control system, electric signals are generated to control the hydraulic valves. The pressure gauges and instruments are replaced by a screen

Le forage intelligent

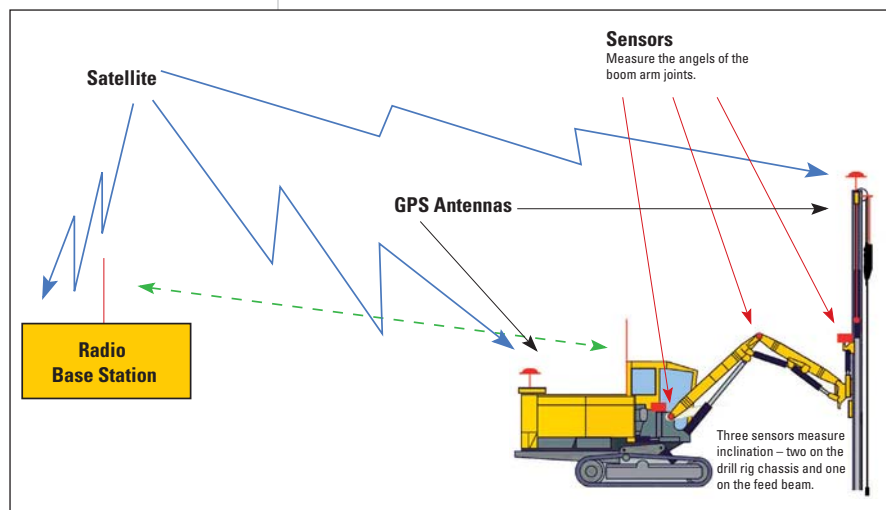


Figure 2
Fonctionnement du système de navigation GPS entre trous (HNS). La foreuse Atlas Copco et son système de gestion électronique sont au cœur de ce réseau
Operation of the GPS hole navigation system (HNS). The Atlas Copco driller and its electronic management system are central to this network



de vie des outillages. L'association d'un système à référence laser permet de forer tous les trous à la même profondeur, quelle que soit la surface de travail. Le résultat final obtenu produit un forage intelligent, analysant en permanence le forage. La finalité demeure la rectitude du trou, déterminante pour obtenir une bonne fragmentation et des surfaces de travail régulières.

Dans le même contexte, Atlas Copco, par le biais des SmartRigs, a développé également des systèmes intelligents d'assistance et d'aide à l'utilisateur.

L'expérience du forage démontre que la précision de l'opérateur, sur les phases préparatoires au forage, est fondamentale; par exemple pour :

- l'implantation des trous selon le plan de tir;
- le positionnement de la glissière;
- le respect des angles de forage en fonction de la nature du terrain travaillé dans la direction de tir imposée.

Ainsi, pour gagner en efficacité, qualité et économie lors de l'implantation des tirs, la technologie GPS a été exploitée pour s'intégrer sur les foreuses SmartRigs.

Le HNS, pour Hole Navigation System

Basé sur la technologie GPS-RTK (Real Time Kinematic) le HNS donne une précision de l'ordre de

3 à 5 cm sur la plupart des sites sans l'aide de topographes (figure 2).

Cette technologie se base sur une correction permanente de la position GPS de la machine, grâce à une communication vers la base GPS locale. Un réseau de coordonnées locales est donc généré et la machine se repère sur celui-ci pour obtenir un positionnement très précis.

Les plans de forage comprenant toutes les informations relatives aux trous sont créés grâce au ROC Manager ou d'autres outils de conversion, comme le Can-Convertisseur.

Les informations transmises en cabine permettent à l'opérateur de s'orienter et de déplacer la machine vers la position indiquée. Un zoom sur la position du trou à forer s'active automatiquement dès que la couverture du bras de forage coiffe la position sélectionnée.

L'écran fournit les informations sur l'orientation de la glissière pour l'aligner dans la direction et avec l'angularité propre à chaque trou. Ceux-ci sont repérés dans un système local de coordonnées géodésiques en X, Y, Z. Il devient donc inutile de marquer leurs emplacements au sol.

La représentation à l'écran de la position actuelle du taillant permet de se caler parfaitement sur l'empreinte fictive du trou sélectionné.

Ce système apporte donc une précision de positionnement inégalée sur un tir. Les espacements entre trous et rangées sont scrupuleusement respectés grâce à la finesse du placement du taillant. La productivité des opérations s'accroît par l'optimisation des déplacements de la machine sur le plan de forage. L'affichage de la couverture du bras de forage avec le repérage sur le même écran du positionnement des trous, permet de coiffer plusieurs trous sans déplacement supplémentaire (figure 3).

Outre le gain de productivité, l'autre avantage du HNS concerne le respect de la direction du tir et par conséquent le parallélisme entre trous.

L'équipement des SmartRigs avec la technologie GPS est défini autour d'une configuration de type marine, où l'utilisation d'un cap ou d'une direction est obligatoire. Cette direction donnée par la machine définit l'orientation de la glissière vers une direction compas. Les trous étant renseignés sur leur cap, l'opérateur n'a plus besoin de viser car l'angularité de la glissière est définie selon ce cap. Cela assure un parallélisme rigoureux entre trous et rangées, d'où une planéité constante.

Cette dernière, ou le nivellement des surfaces après tir, est également obtenue par le calcul automatisé de la profondeur à forer. Lors de la création du plan de forage, les coordonnées finales, ou de fond de trou, sont renseignées. Les coordonnées au démarrage de l'opération sont analysées afin de corriger automatiquement

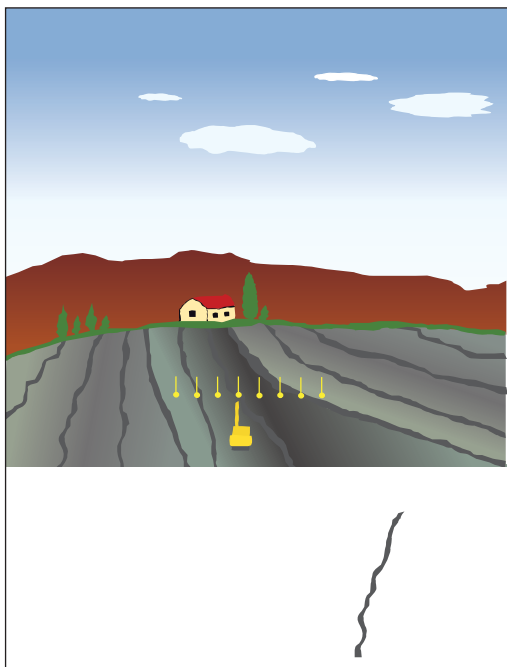


Figure 3

L'utilisation du système HNS et de sa liaison GPS garantit le parallélisme entre trous. Il n'y a plus de point de visée mais une direction magnétique, exemple 128°, assurant la précision du positionnement de la glissière dans l'espace

Use of the HNS system and its GPS link ensures parallelism between holes. There is no longer any sighting point but a magnetic bearing, e.g. 128°, ensuring precision of guard rail positioning in space

la profondeur du trou en fonction de l'état de surface au démarrage (bosses, creux).

Tout cela garantit une surface plane après tir (chaque trou étant foré jusqu'à la même profondeur) limitant ainsi l'usure des pneumatiques et les contraintes sur les transmissions des matériels roulants (chargeuses, camions).

L'enregistrement de l'erreur de positionnement et d'inclinaison de la glissière à l'amorçage du trou assure au superviseur du minage une parfaite connaissance de l'état du tir pour agir en conséquence et distribuer qualitativement ses quantités d'explosifs par trous.

Les avantages de la technologie GPS déployée à travers le système HNS qui équipe les SmartRigs peuvent être résumés ainsi :

- réduction des coûts : meilleure fragmentation, moins d'explosifs et réduction des opérations au brise-roche après tir;
- sécurité sur le site : le parallélisme des trous permet d'éviter les surcharges et limite ainsi les projections;
- rapidité des opérations : la présence d'un superviseur n'est plus indispensable;
- aucun marquage au sol : l'opérateur est orienté automatiquement vers la position du trou. L'économie sur ce poste est importante;
- meilleure utilisation de la machine : l'absence de visée au début de chaque trou permet un gain de temps, mais autorise aussi l'utilisation de nuit ou brouillard (la visée est obtenue par l'orientation magnétique de la glissière).

La deuxième contrainte la plus difficile à respecter par les opérateurs concerne la précision des angles latéraux et verticaux de chaque trou, à savoir l'angularité du forage. À titre d'exemple, une erreur d'inclinaison de la glissière de 2° donne un décalage de plus de 50 cm après 15 m de forage. L'épaisseur de banquette finale est alors réduite si l'erreur d'inclinaison de la glissière se porte vers l'avant, potentiellement génératrice de projections lors du tir.

Dans ce sens, les SmartRigs™ intègrent le positionnement automatique de la glissière. Le pivotement et le basculement sont calculés et corrigés en permanence jusqu'à l'obtention des angles voulus, préalablement renseignés dans l'interface machine-utilisateur.

L'automatisation de cette tâche permet à l'opérateur « d'échapper » à cette opération délicate puisqu'elle est gérée directement par la machine par une simple pression de bouton en cabine.

L'action conjointe de l'activation du positionnement automatique de la glissière avec un mouvement d'extension ou de rotation du bras reliant la glissière à la machine permet de contrôler six mouvements en une simple opération, et ceci avec une correction permanente de l'inclinaison.

Gain de temps et sécurité accrue sont les résultantes d'une inclinaison parfaitement en phase avec les recommandations du chantier.

La qualité d'un forage est aussi déterminée par la rectitude du trou, le respect de la profondeur et sa netteté (fourreau non bouché, facilité de chargement...)

À cet égard, la technologie embarquée Can-Bus autour de laquelle se déploie le système de gestion de la machine permet de contrôler la rectitude du trou par une régulation précise et facilement ajustable du perforateur.

Ainsi on obtient une modulation de la pression de poussée et de percussion proportionnelle à la caractéristique du terrain rencontré. Le système analyse et agit en permanence sur des paramètres tels que la pression de rotation, la pression d'air, la vitesse de descente ou la pression d'amortissement du perforateur.

Le forage intelligent

Photo 1

Les mesures de déviation sont directement analysées à l'aide de rapports automatiquement générés par le logiciel Roc Manager. Les résultats sont complétés par les enregistrements pris lors du forage

Deviation measurements are analysed directly using reports generated automatically by the Roc Manager software. The results are supplemented by the recordings taken during drilling



Cette fonction associée à des systèmes élaborés de sécurité (temporisation et pression maximale autorisée) garantit une augmentation de la durée de vie de l'outillage et limite le risque de déviation par une meilleure lecture du terrain.

La déviation reste d'ailleurs la bête noire de tout forage d'abattage; la rectitude des trous assure, entre autres, une vitesse de pénétration élevée et limite les surforages.

Avec le forage intelligent on peut aussi préregler certaines configurations de terrain ou d'outillage en fonction du site exploité.

Le système AutoRHS

L'ajout automatique des tiges de forage qualifie également un système de forage « d'intelligent ». Cette opération s'inscrit précisément dans le cadre des contraintes et de la qualité d'un forage, puisqu'elle assure le respect des paramètres critiques, à savoir :

- respect de la profondeur du trou;
- détection automatique de casses d'outillage;
- manipulation des tiges automatisée donc sans risque d'erreur;
- confort de l'opérateur;
- augmentation de la productivité et du contrôle des forages.

Un système appelé AutoRHS pour Auto Rod Handling System, contrôle intelligemment toutes les opérations de manipulation de barres, ouvertures des guides, déblocage du perforateur, vissage et dévissage jusqu'à l'arrêt à la cote prévue. Les cycles sont prédéfi-

nis en usine et ajustés sur site au démarrage de la machine.

Une auto-détection de casses d'outillages avertit l'opérateur et arrête le forage lorsqu'une tige se rompt.

Si un problème survient pendant le forage, comme le bouchage du taillant ou le coincement des tiges, le système gère les problèmes sur un nombre de tentatives précis, tout en renseignant l'utilisateur sur la difficulté rencontrée.

Le travail est ainsi plus sécurisant et interactif.

Toutes les erreurs possibles liées à une manipulation manuelle des tiges sont également écartées par l'automatisation de ces tâches, contrôlées parallèlement sur un cycle précis, par le système.

Un forage intelligent est un forage à la fois planifié, maîtrisé et suivi.

Le développement d'outils d'aide à la planification de tirs permet d'agencer et d'organiser parfaitement les séquences de forage avec une optimisation des mailles de travail, par la connaissance du terrain et le respect de la localisation de chaque trou sur le plan de forage. Le meilleur atout est l'intégration des résultats du forage associée au positionnement réel de la glissière, par rapport à la localisation théorique du trou, dans le but d'exploiter l'ensemble de ces résultats. L'analyse détermine la quantité précise des charges pour chaque trou, et optimise ainsi le coût des explosifs.

Les SmartRigs™ d'Atlas Copco se positionnent dans ce concept par l'intégration et le dialogue de la machine avec le logiciel ROC MANAGER développé dans cet objectif (photo 1).

Celui-ci intègre à la fois la création de plans de forage, de mesures des déviations de trous et la documentation des résultats des forages de manière graphique.

Le dialogue avec les SmartRigs, i.e. la récupération des paramètres de forage (profondeur des trous, angularités, vitesse de pénétration, pression de rotation...) qui sont enregistrés à intervalles réguliers par la fonction MWD (Measure While Drilling) intégrée dans le cœur de la machine, l'enregistrement des plans de tirs avec les caractéristiques liées à chaque trou (angles, profondeur, orientation, diamètre), sont très aisés et facilités par l'utilisation d'une carte PCMCIA.

Le MWD permet une représentation des propriétés caractéristiques de la roche (dureté, fracturation...) par un système de couleurs, facilitant la compréhension et l'exploitation finale des résultats par ROC MANAGER.

L'origine de la création de ces outils est liée à une demande de plus en plus forte des maîtrises des opérations de forage. L'opérateur n'a plus à se soucier de la profondeur des trous, des angles à positionner, ni du diamètre à utiliser puisque ces renseignements s'af-



Photo 2

Série SmartRig Atlas Copco équipée du système HNS pour un forage haute précision, de l'équipement Silenced réduisant le niveau sonore de 10 dB (A)

Atlas Copco SmartRig series equipped with the HNS system for high-precision drilling, and with the Silenced device reducing the noise level by 10 dB (A)

fichent directement, dès la sélection du trou à forer sur l'écran ou l'interface en cabine. La supervision des tirs est donc mieux maîtrisée.

De plus, des enregistrements précis, sur le nombre de mètres forés, l'état d'avancement du plan de forage, la productivité du poste, sont sauvegardés et exploités directement par le superviseur.

Les machines peuvent aussi être équipées d'un système de consultation à distance, appelé PROCOM.

Depuis un ordinateur relié à internet, des informations sur le nombre de mètres forés, les heures moteurs et heures de percussion, ainsi que la localisation géographique de la machine sont disponibles. Cela autorise une gestion plus rapide et plus fine d'un parc de foreuses, avec des gains de temps sur l'organisation des déplacements, ainsi que l'état d'avancement des forages.

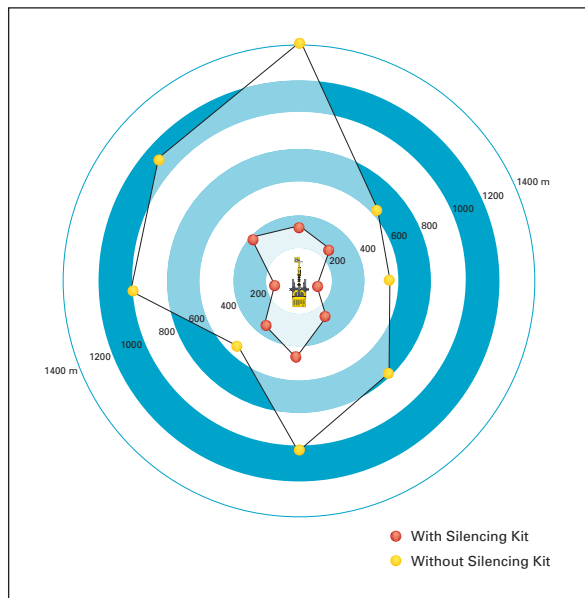


Figure 4

Carte des niveaux sonores avec et sans silencieux. Le Silenced SmartRig peut être utilisé jusqu'à 1 km des habitations et des constructions. Le niveau sonore de référence est de 55 dB (A)

Noise level map with and without silencers. The Silenced SmartRig can be used to within 1 km of dwellings and buildings. The reference noise level is 55 dB (A)

La machine intelligente s'adapte à son environnement de travail, tout en le respectant.

La gestion électronique des moteurs Stage III/Tier 3 couplée à l'adaptation du régime moteur en fonction des diverses opérations pendant le forage permettent d'obtenir des économies de carburant de l'ordre de 20 à 30 %. Le Can-Bus, par sa surveillance permanente de l'état de chaque organe est une aide complémentaire à cette préservation environnementale.

La réduction des nuisances sonores s'inscrit également dans ce cadre. Le développement de solutions acoustiques permet aux utilisateurs d'accéder à certains marchés très exigeants notamment en zone urbaine.

Les SmartRigs™ intègrent, sous forme de kit amovible, un caisson d'insonorisation, le Silenced Kit. L'adaptation de composants isolants phoniques autour des principales sources de bruit, ainsi que le développement d'un caisson isolant englobant la glissière, permettent une réduction de 10 dB (A) (un gain de 6 à 8 dB (A) équivaut à 50 % de bruit en moins).

Les nuisances sonores sont alors réduites autour de 113 dB (A), tandis que le bruit à l'intérieur de la cabine se limite à 75 dB (A).

Le Silenced kit permet de forer jusqu'à 1 km à proximité des habitations et bâtiments et son utilisation ne pénalise en rien les performances de la machine (photo 2 et figure 4).

L'intelligence des foreuses passe aussi par l'aide et l'assistance aux personnes travaillant sur la machine. Qu'ils soient au niveau opérateur ou technicien, les différents états machines sont consultables par l'écran de la cabine, véritable interface de communication entre l'homme et la foreuse.

Le forage intelligent

► L'interactivité de cette interface offre de multiples avantages. Par exemple, des avertissements clairs par messages et indicateurs informent l'opérateur si un comportement, température ou niveau devient alarmant.

L'assistance technique est facilitée par un système d'auto-diagnostic intégré qui surveille en permanence les composants électroniques régissant l'ensemble des fonctionnalités et opérations de la foreuse. La recherche de panne est plus rapide.

Grâce à une réduction des câblages électriques et des composants hydrauliques ($\pm 30\%$ par rapport à une foreuse classique) l'efficacité de la machine est meilleure et les coûts d'intervention réduits.

Un journal d'événements enregistré pendant le fonctionnement de la machine est consultable sur un historique de 30 jours.

La foreuse intelligente s'adapte et assiste l'utilisateur et non l'inverse.

Les opérateurs bénéficient avec les Smartrigs d'une bonne ergonomie de leur poste de travail ajustée à leur besoin, avec notamment un système de configuration des joysticks propre à chacun des opérateurs travaillant sur la même machine.

■ Conclusion

Grâce au concept SmartRig™, les surcoûts d'exploitation liés à l'utilisation du brise-roche, au chargement difficile des granulats, au concassage..., sont réduits.

Outre l'intérêt financier, l'optimisation des quantités d'explosifs induites par le parallélisme, la profondeur précise de chaque trou, augmente la sécurité sur le site.

Et la sécurité s'améliore sans cesse et à tous les niveaux. Aujourd'hui, le risque de forer dans des zones altérées ou de tirer dans des zones instables est maîtrisé.

Par ailleurs, la précision des enregistrements limite fortement le risque des tirs dangereux par la connaissance de la nature du terrain foré. ■

ABSTRACT Smart drilling

A. Mayolle

Drilling has become a critical job in terms of safety and the environment.

Efficient equipment is now on the market for more precise, better controlled drilling, meeting current standards regarding noise and atmospheric and soil pollution.

The SmartRig™ drillers developed by Atlas Copco incorporate equipment to meet these demands: hole navigation system (HNS) using the GPS technology, electronic management and control of driller drive parts by the Can-bus technology, assistance and ease of operation due to automatic positioning of the guard rail and automated addition of drill rods, increased productivity and reduction in tool consumption through the flexibility of the hammer drill's electronic control system, limitation of noise emissions by sound insulation box and limitation of atmospheric emissions by reducing fuel consumption, etc.

All this information is compiled and analysed under the same software, ensuring precise and comprehensive drilling reporting.

RESUMEN ESPAÑOL La perforación inteligente

A. Mayolle

La perforación ha llegado a ser un puesto crítico en términos de seguridad y de medio ambiente.

Hoy en día, existe en el mercado un material de elevado rendimiento para una perforación de mayor precisión, mejor controlado, que responde a las normas vigentes relativas a las contaminaciones acústicas, atmosféricas y de los suelos.

Las perforadoras SmartRig™ elaboradas por Atlas Copco integran diversos equipos que responden a este contexto exigente : sistema HNS de navegación entre taladros mediante la tecnología GPS, gestión y controles electrónicos de los elementos motores de la perforadora por tecnología Can-bus, asistencia y facilidad de conducción mediante el posicionamiento automático de la corredera e incorporación automatizada de las barras de sondeo, aumento de la productividad y reducción del consumo de herramientas debido a la flexibilidad de la regulación electrónica del martillo-perforador, limitación de las emisiones acústicas, mediante cajón de insonorización, y atmosféricas mediante reducción del consumo de carburantes, etc.

La totalidad de estas informaciones están reunidas y analizadas con el mismo software que garantiza un reporting preciso y completo de los sondeos.

Détonateurs électroniques : l'amorçage haut de gamme



Stéphane Leveugle
Directeur général
Foremine

Évolution récente en matière de minage, l'amorçage des tirs de mines par détonateurs électroniques se développe sur le marché français. Après un rappel des différentes techniques d'amorçage, l'article présente les différents avantages et inconvénients de l'amorçage électronique, et se termine par quelques exemples concrets illustrant les possibilités d'utilisation de cette technique. Celle-ci aujourd'hui ne se limite plus à des problèmes spécifiques et trouve son application dans l'exploitation courante de chantiers de travaux publics ou de carrières de roche massive.

Apparu sur le marché international depuis plusieurs années maintenant, le système d'amorçage par détonateurs électroniques devient peu à peu familier sur le marché français, bien que pour l'instant le plus souvent cantonné à des applications particulières, du fait de son prix qui reste relativement élevé par rapport à des systèmes classiques. Mais cet outil, par ses nombreux avantages techniques, se place tout à fait dans l'évolution actuelle du forage minage, qui va vers une précision d'exécution accrue et des moyens de contrôle plus importants (définition de la géométrie des forages après lever laser du front de taille, contrôle de la déviation des forages, enregistrement des paramètres de forage, etc.).

Cet article relate l'expérience de la société de forage minage Foremine qui a utilisé ce produit sur plusieurs chantiers.

■ L'amorçage : de la mèche lente au détonateur électronique

L'utilisation de l'explosif pour fragmenter les massifs rocheux remonte à la fin du XVI^e siècle, avec les premières utilisations de la poudre noire. Depuis, les techniques de minage ont bien entendu considérablement évolué, l'un des objectifs étant d'étaler au cours du temps la mise à feu des charges d'explosif, pour pouvoir mettre à feu en premier les charges proches d'une surface de dégagement et ainsi optimiser le travail de l'explosif.

On a vu ainsi apparaître au XIX^e siècle la mèche lente et les détonateurs à mèche, puis au début du XX^e siècle le cordeau détonant, suivi dans les années 20 des détonateurs électriques à retards demi-seconde et dans les

années 50 des détonateurs électriques à micro-retards de 25 ms, limités à 20 temps de départ de 0 à 500 ms. Pour augmenter encore plus le nombre de temps de départ possible, on développe dans les années 70 les détonateurs non électriques et l'exploseur séquentiel, puis dans les années 90 les détonateurs électroniques.

Principes de fonctionnement

Aujourd'hui, les différentes techniques d'amorçage existantes sont les suivantes :

- le tir à la mèche;
- le tir au cordeau;
- le tir électrique;
- le tir non électrique;
- le tir électronique.

Le tir à la mèche

Une mèche lente (cordon de poudre enrobé d'une gaine textile et d'une gaine plastique d'étanchéité) vient initier un détonateur à mèche à départ instantané.

Les délais de mise à feu sont donnés par la longueur de mèche lente utilisée, la combustion de la mèche se faisant à une vitesse bien déterminée. Cette technique est très imprécise, la vitesse de combustion n'étant pas toujours régulière. Elle est très aléatoire au niveau sécurité, et la réglementation française en a considérablement restreint l'usage. De fait, elle a quasiment disparu en France (figure 1).

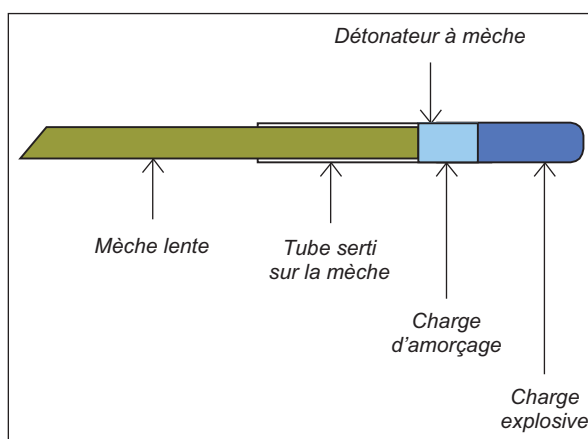


Figure 1
Principe de l'amorçage à la mèche
Schematic of fuse detonation

Détonateurs électroniques : l'amorçage haut de gamme

Figure 2
Principe de l'amorçage au cordeau
Schematic of cord detonation

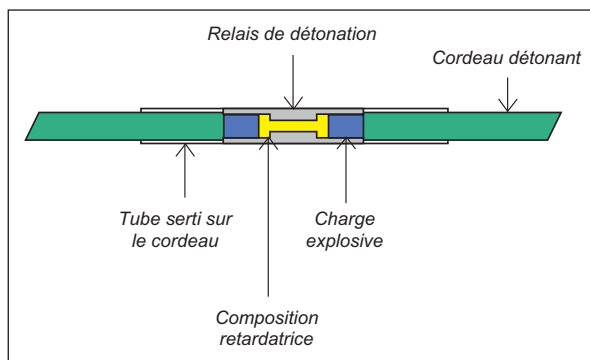
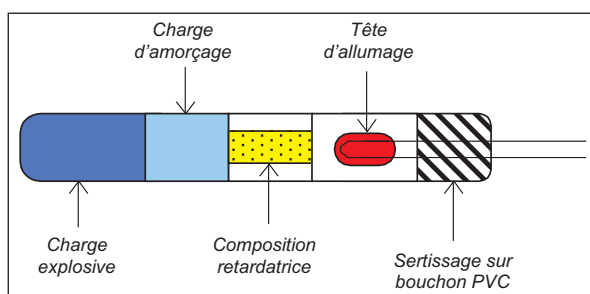


Figure 3
Principe de l'amorçage électrique
Schematic of electric detonation



Le tir au cordeau

Chaque trou de mine est initié par du cordeau détonant (cordon d'explosif très puissant enrobé d'une gaine textile et d'une gaine plastique d'étanchéité). Les retards entre mines sont créés par des relais de détonation, qui vont retarder la propagation de l'onde de choc dans le cordeau détonant de 20 ou 50 ms grâce à une composition retardatrice. Le retard est induit de façon pyrotechnique. Du fait de ses inconvénients – risque de coupure de cordeau, détonation de cordeau en surface entraînant une nuisance sonore, amorçage latéral moins efficace que l'amorçage fond de trou –, cette technique est devenue désuète en France (figure 2).

Le tir électrique

C'est un détonateur électrique mis en place dans une cartouche d'explosif amorce (ou dans un booster) qui va initier le trou de mine. Le retard est provoqué par une composition retardatrice intégrée dans le détonateur électrique, entre la tête d'allumage et l'explosif. La composition retardatrice brûle à une vitesse bien déterminée et remplit le même rôle que la mèche lente dans le tir à la mèche (avec une précision bien plus importante) (figure 3).

Il existe deux séries de détonateurs électriques à retard en France : retards demi-seconde, du n° 0 (détonateur instantané) au n° 12 (départ à 6 s) et microretards 25 ms, du n° 0 (détonateur instantané) au n° 20 (départ à 500 ms). On voit donc avec ce système, qu'on ne peut mettre à feu qu'un nombre limité de

trous de mine avec un temps de départ différent (même avec un exposeur séquentiel). De plus, le détonateur électrique est plus ou moins (selon le type de tête d'allumage) sensible aux courants électriques ambiants. Par contre, les détonateurs reliés entre eux créant un circuit électrique, il est facile de vérifier le raccordement de tous les détonateurs en contrôlant la résistance électrique du circuit.

Le tir non électrique

Le tir non électrique marie en quelque sorte les deux techniques précédentes. Le principe du détonateur non électrique est le même que celui du détonateur électrique, mais l'initiation de la composition retardatrice est assurée par un tube transmetteur d'onde choc (tube en matière plastique dont la paroi interne est recouverte d'une substance pyrotechnique). Sur ce tube placé à l'air libre, peuvent être connectés des raccords similaires aux relais de détonation du tir au cordeau.

Contrairement au cordeau détonant, le tube transmetteur d'onde de choc ne crée pas de nuisance sonore importante et n'amorce pas latéralement le trou de mine. Contrairement au tir électrique, on n'est pas limité en nombre de temps de départ, puisque le retard entre deux trous de mine peut être donné par un raccord de surface. Par contre, contrairement au tir électrique, on ne dispose d'aucun moyen, hormis le contrôle visuel, pour vérifier que tous les trous de mine ont été raccordés correctement (figure 4).

Le tir électronique

La composition retardatrice du détonateur électrique est remplacée par un retard électronique qui intègre une capacité de charge qui va délivrer, le moment venu, l'énergie nécessaire pour initier la tête d'allumage et une puce qui permet un « dialogue » entre la console de tir et le détonateur. Ce dialogue va permettre d'identifier chaque détonateur, de lui attribuer un temps de départ, de vérifier le bon état de fonctionnement du détonateur et de donner l'ordre de mise à feu.

Outre ces aspects de dialogue possible avec le détonateur, la différence essentielle avec les systèmes classiques est dans la précision du temps de départ : elle est donnée par le retard électronique à la milliseconde près, alors que la combustion de la composition retardatrice dans un détonateur classique peut présenter des écarts de 5 à 10 ms. On dispose également d'une grande liberté sur les temps de départ, les intervalles étant définis par l'opérateur, sans être cantonnés aux intervalles prédéfinis des systèmes classiques.

On peut ainsi adapter la chronologie des temps de départ au profil géologique et aux particularités du chantier (figure 5).

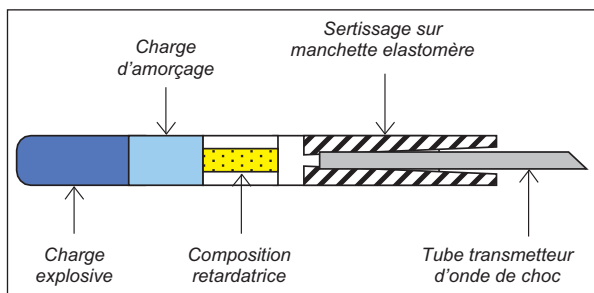


Figure 4

Principe de l'amorçage non électrique
Schematic of non-electric detonation

■ Avantages et inconvénients de l'amorçage électronique

Plusieurs modèles de détonateurs électroniques sont aujourd'hui disponibles sur le marché français. Les deux principaux sont le système Daveytronic®, produit par la société Davey-Bickford et distribué par la société Nitro-Bickford, et le système i-kon™, produit par la société Orica et distribué par la société Nobel Explosifs France. Les deux systèmes sont comparables, mais Foremine n'ayant utilisé que le système i-kon™, c'est de celui-là dont nous parlerons.

Mis au point en 2000, le système i-kon™ permet dans sa version de base d'opérer la mise à feu de 400 détonateurs avec des retards de 0 à 15000 ms par intervalle progressif de 1 ms. Un numéro est affecté à chaque détonateur en usine, ce qui permet l'identification immédiate sur le terrain et l'attribution d'un temps de départ personnalisé, les détonateurs étant livrés sans retard prédéfini. Cette programmation des détonateurs peut être faite directement sur site par l'intermédiaire d'un routeur (appelé Logger) spécifique au système de détonateurs électroniques i-kon™, ou avec l'assistance d'un logiciel informatique développé par Orica, SHOTPlus®-i, qui permet de préparer au préalable la conception de l'amorçage et de transférer depuis un ordinateur la séquence d'amorçage au routeur, la programmation des détonateurs. La programmation n'est pas irréversible, et il est toujours possible de revenir en arrière sur le terrain pour corriger le temps de départ d'un détonateur.

La précision et la simplicité d'utilisation du système offrent de nombreux avantages : simplification de la gestion des détonateurs (tous identiques avant programmation), optimisation de la séquence d'amorçage pour améliorer les résultats en vibration et en granulométrie des tirs, augmentation des mailles de forage et suppression des charges étagées, volume abattu par tir plus important pour diminuer la fréquence des tirs et maîtriser l'impact sur les riverains (figure 6).

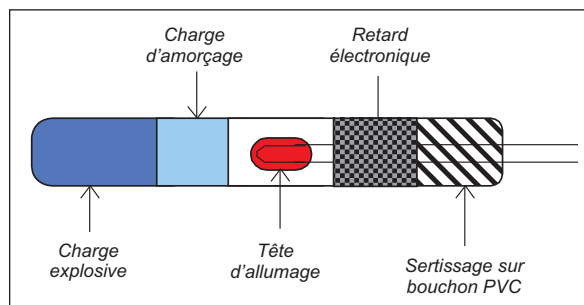


Figure 5

Principe de l'amorçage électronique
Schematic of electronic detonation



Figure 6

Écorché du détonateur électronique i-kon™.
Numéro étiqueté sur un fil du détonateur
Phantom view of the i-kon™ electronic detonator. Number labelled on a detonator wire

Lors de la mise en œuvre, le système offre une sécurité totale : tous les détonateurs sont initiés lors de la mise à feu (pas de risque de coupure), pas d'explosif en surface contrairement à l'amorçage non électrique, impossibilité de mise à feu sans console de tir spécifique (c'est une sécurité contre le vol et une protection contre des actes de terrorisme), autocontrôle des détonateurs avant le tir.

La précision du système i-kon™ élimine les risques de chevauchement entre-temps de départ des détonateurs et permet, par des schémas d'amorçage adaptés, de réduire les niveaux de vibration sans diminuer la charge unitaire. La possibilité de mettre à feu 400 temps de départ différents dans la version de base permet de réaliser des volées importantes même avec des charges étagées. La précision des temps de départ est de $\pm 0,13$ ms pour des intervalles de 0000 à 1300 ms, et de $\pm 0,01$ % pour des intervalles de 1301 à 15000 ms.

Enfin, l'utilisation du système et de la console de tir spécifique est très simple, avec des menus déroulants qui facilitent le travail de l'opérateur. Un chef mineur expérimenté peut rapidement apprendre à utiliser le système, qui bien entendu ne requiert aucune connaissance particulière en informatique ou en électronique pour une utilisation courante.

Le détonateur électronique est certes plus cher à l'achat qu'un détonateur traditionnel, mais l'incidence dans le coût final de l'abattage ou de la production du matériau concassé est souvent très faible en comparaison avec les

Détonateurs électroniques : l'amorçage haut de gamme



Photo 1

Chargement du tir, la ville en arrière-plan
Blast charging, the city in the background



Photo 2

Zone commerciale et résidentielle, la carrière en arrière-plan
Shopping and residential area, the quarry in the background

Le système électronique i-kon™

Le détonateur électronique i-kon™ est conçu et fabriqué par Orica (premier groupe mondial dans le domaine des explosifs et accessoires de tirs de mines) dans son usine de Troisdorf près de Cologne.

Nobel Explosifs France (NEF) est distributeur exclusif de ce produit pour la France et le Benelux à travers un accord de partenariat avec Orica en place depuis plusieurs années maintenant.

Le système i-kon™ est régulièrement mis en œuvre par les ingénieurs et techniciens de Nobel Explosifs France mais aussi directement par ses clients (NEF est agréé par Orica pour assurer la formation des utilisateurs finaux). Il est utilisé pour les tirs de mines en carrières ou sur chantiers de travaux publics et également pour certaines opérations de destruction d'immeubles de grande hauteur au moyen d'explosifs pour lesquelles la précision de la maîtrise des retards est essentielle.

C'est ainsi que le 2 juillet 2006, trois tours de l'ensemble immobilier du Val Fouré à Mantes-la-Jolie ont été démolies en utilisant un total de 3138 détonateurs électroniques i-kon™ tirés en une seule volée. Ce tir, réalisé par Nobel Explosifs France, est le plus gros tir en nombre de détonateurs électroniques jamais réalisé en Europe, et le deuxième dans le monde.

Un enregistrement vidéo de ce tir historique est visible sur le site d'Orica dédié à l'i-kon™, consultable à l'adresse suivante : www.i-konsystem.com
De nombreuses illustrations des possibilités offertes par le système sont également disponibles sur le site.

Jean-Paul Reynaud

Directeur Technique

Nobel Explosifs France

gains de productivité que peut apporter le système : exploitation de zones impossibles en amorçage traditionnel du fait des vibrations, augmentation des volumes des tirs, amélioration de la fragmentation, etc.

Démolition, carrières, chantiers de terrassement...

Le détonateur électronique commence à trouver de multiples applications, et Orica annonce au 31 août 2006 plus de 42000 tirs réalisés avec i-kon™ dans le monde entier. En France, l'un des événements marquants a été le tir de 3138 détonateurs pour la démolition de trois tours d'habitation à Mantes-la-Jolie en juillet dernier (le plus grand tir de démolition en amorçage électronique en Europe à ce jour) (cf. encadré). Voici quelques exemples d'applications où Foremine a été amené à utiliser ce système, dans des configurations géologiques différentes et avec des objectifs distincts.

Carrière de Cherbourg (Manche) - Quartzite

Essai de tir électronique pour diminuer les vibrations sur cette carrière située en périphérie de la ville de Cherbourg, à proximité et en surplomb de lotissements et de zones commerciales. L'essai a montré une légère amélioration en termes de vibrations (vitesses et fréquences), mais a aussi donné un très bon résultat en fragmentation et en répartition de la courbe granulométrique (peu de fines, peu de blocs) (photos 1 et 2).

Carrière de Bournac (Haute-Loire) - Basalte

Abattage simultané sur trois gradins de la carrière (l'exploitation est concentrée sur une campagne d'abattage en automne). L'objectif était également de limiter les vibrations, le nombre de tirs et la gêne occasionnée aux riverains.

Le tir a mis en œuvre 5825 kg d'explosifs et 97 détonateurs électroniques pour une quantité totale abattue de 18000 m³. La conception de l'amorçage sur trois gradins simultanés, complexe, a été nettement simplifiée par l'utilisation du détonateur électronique. Les résultats en vibration ont été trois fois inférieurs à ceux habituellement constatés.

Une présentation du tir et un enregistrement vidéo sont disponibles sur le site internet de Foremine (www.foremine.fr) (photos 3 et 4).

Carrière de Ranville (Calvados) - Calcaire

Sur ce site d'extraction du calcaire pour la cimenterie Calcia de Ranville, il est nécessaire d'abattre des dalles de calcaire dur de faible hauteur, ce qui impose un nombre très important de trous de mines par volées, avec des contraintes environnementales imposant une charge unitaire faible.

Nous avons choisi avec les équipes techniques de Calcia de systématiser le tir électronique sur ce site, seule méthode permettant pour cette quantité de détonateurs, la mise à feu des volées en sécurité pyrotechnique totale (détonation de la première mine quand toutes les mines ont été initiées). La simplicité de raccordement et de programmation des détonateurs i-kon™ permet de réaliser les volées dans des délais très corrects (photo 5).

Travaux préparatoires EPR Flamanville III (Manche) - Granite et cornéenne

Les travaux concernent les terrassements préalables aux travaux de génie civil de la 3^e tranche de la centrale nucléaire de Flamanville.

Sur ce site, où Foremine intervient uniquement en foration (le minage étant réalisé par notre client Bouygues Construction), le maître d'œuvre EDF Aménagement, a imposé l'utilisation du détonateur électronique, d'une part pour une meilleure maîtrise des vibrations engendrées par les tirs effectués à proximité des réacteurs existants et en activité, et d'autre part pour des questions de sécurité.

Carrière de Luché (Deux-Sèvres) - Diorite

Suite à des problèmes rencontrés avec l'amorçage non électrique, nous avons travaillé sur cette carrière où Foremine assure le forage et le minage à l'amorçage électronique avec l'assistance des équipes techniques de Nobel Explosifs France. Sur ce site du groupe



Photo 3

Foration des basaltes de la carrière de Bournac
Drilling basalts in Bournac quarry



Photo 4

Inspection du site après le tir
Inspection of the site after blasting



Photo 5

Raccordement des détonateurs
Detonator connection

Eurovia qui produit plus de 2 millions de tonnes par an, la roche est excessivement dure et nécessite une charge très importante d'explosif qui, avec un amorçage traditionnel, génère un pourcentage de blocs important et une reprise au brise-roche hydraulique. L'amorçage électronique permet de moduler la séquence d'amorçage et d'obtenir une meilleure répartition de la granulométrie, et limiter ainsi les reprises au BRH.

■ Conclusions

L'usage du détonateur électronique reste encore faiblement appliqué en France, mais c'est un outil technique qui présente de nombreux avantages et est très probablement amené à se développer dans un futur proche.

Il répond parfaitement aux exigences de sécurité que peuvent avoir aujourd'hui les donneurs d'ordre.

Sa flexibilité en termes d'amorçage permet d'optimiser le choix de la séquence en fonction de la nature géologique et géométrique du massif à abattre, afin d'obtenir les meilleurs résultats en termes de fragmentation du rocher et de nuisances.

Détonateurs électroniques : l'amorçage haut de gamme

▶ On peut avec cet outil penser différemment les questions de minage, notamment avec la technique dite du « tir rapide ». Le détonateur électronique ouvre de nouveaux horizons qui demanderont beaucoup d'expérimentation site par site, le minage n'étant pas une science complètement modélisable faute de connaître a priori toutes les caractéristiques géologiques du massif à traiter. Les grosses exploitations de carrière ou les gros chantiers de terrassement sont des terrains idéaux pour mener ces expérimentations. ■

ABSTRACT

Electronic detonators : top-of-the-range detonation

S. Leveugle

A recent blasting development, blast detonation with electronic detonators, is spreading in the French market. Following a reminder of the various detonation techniques, the article describes the various advantages and disadvantages of electronic detonation, and ends with a few practical examples illustrating the potential for use of this technique. The technique is now no longer confined to specific problems and is used in routine operations on public works projects and massive rock quarries.

RESUMEN ESPAÑOL

Detonadores electrónicos : el cebado de alta gama

S. Leveugle

Evolución reciente en materia de trabajos con explosivos, el cebado de las voladuras de minas mediante detonadores electrónicos se desarrolla en el mercado francés. Tras un resumen de las distintas técnicas de cebado, el artículo presenta las diferentes ventajas e inconvenientes del cebado electrónico, y finaliza con algunos ejemplos concretos que permiten ilustrar las posibilidades de empleo de esta técnica. En el día de hoy, esta técnica ya no se limita a diversos problemas específicos y encuentra su aplicación en la explotación ordinaria de trabajos de obras públicas o de canteras de rocas gruesas.

Les unités mobiles de fabrication d'explosifs (UMFE)



Jean-Pierre Marchal
Directeur d'agence
GTM Terrassement

Si la fabrication d'explosifs sur site est courante dans de nombreux pays, elle reste marginale en France. Cependant, les évolutions des techniques et de la réglementation peuvent permettre le développement de l'emploi de telles unités.

Après avoir balayé les différentes techniques de fabrication et les contraintes réglementaires régissant la fabrication sur site, les multiples intérêts d'une fabrication sur site mais aussi les difficultés d'emploi et de mise en œuvre seront détaillés.

Le développement de l'emploi de telles unités sur les chantiers de travaux publics peut être une réponse à la problématique des transports des produits explosifs ainsi qu'à l'amélioration de la qualité des tirs.

La fabrication sur le chantier de l'A89 est présentée en application pratique.

La fabrication d'explosifs sur site est une pratique courante dans de nombreux pays. Selon le niveau d'industrialisation et de réglementation, cette fabrication est plus ou moins sophistiquée et réalisée en parfait accord avec la réglementation du pays.

En France, les unités mobiles de fabrication d'explosifs (UMFE) sont très rarement employées sur les chantiers de travaux publics. Il existe pourtant sur le territoire national une dizaine d'unités mobiles. Elles sont utilisées en carrière, en travaux souterrains et sur quelques grands chantiers de terrassement. Par rapport à la consommation totale d'explosifs sur les chantiers de travaux publics, la part fabriquée sur site reste très marginale.

Si la technologie est parfaitement maîtrisée ainsi que les conditions de sécurité et de sûreté liées à l'exploitation de ses unités, la réglementation propre à ces unités mobiles a jusqu'à présent freiné leur développement.

L'évolution récente dans ce domaine ainsi que les nouvelles contraintes liées à la sûreté sont des facteurs qui peuvent conduire à une croissance de cette activité.

■ Les UMFE sur les chantiers de travaux publics

Rappel des techniques

Sans entrer dans le détail sur les produits, les UMFE sont destinées à assembler sur site des explosifs en vrac de type :



© Photo EPC

Photo 1

Les unités mobiles récentes sont plus adaptées aux chantiers de TP

Recent mobile units are more suitable for public works projects

- nitrate-fuel;
- nitrate-fuel alourdi;
- émulsions explosives.

La technologie des UMFE consiste à mélanger des produits dans une unité, sur le carreau de chargement ou à proximité de celui-ci, juste avant leur mise en œuvre. Le matériel sera différent selon le type de fabrication retenue.

Compte tenu des contraintes techniques et réglementaires, les unités développées sont conçues pour la mise en œuvre d'un procédé et d'un type de produit précis.

Les unités seront donc caractérisées par :

- le type de produits qu'elles vont assembler;
- leur technologie d'assemblage (pompes, malaxeur, vis sans fin);
- leur capacité de stockage de produits primaires et leur débit de produits explosifs;
- leur mobilité et leur capacité de déplacement;
- la méthodologie de chargement des trous (déversement, pompage).

Selon la technologie retenue, la charge explosive présente sur l'unité pourra varier de quelques grammes à plusieurs centaines de kilogrammes.

Ce point est très important. En effet, les contraintes d'exploitation sur site croissent avec la quantité d'explosifs présente dans l'installation (périmètres de sécurité, type d'activité autorisée dans ce périmètre).

Une charge unitaire importante génère des rayons de protection dans lesquels les activités sont limitées voire impossibles. Il est donc primordial que la conception de l'UMFE minimise la quantité d'explosifs présente dans l'installation, afin d'en autoriser la mise en

Les unités mobiles de fabrication d'explosifs (UMFE)



œuvre sur des chantiers de travaux publics qui se réalisent dans un environnement déjà aménagé (routes, habitat, etc.).

Du simple malaxeur permettant le mélange de nitrate et de fuel, aux unités plus sophistiquées permettant la sensibilisation par voie chimique de l'émulsion mère, la gamme des unités et des produits assemblés est très étendue et peut donc répondre aux besoins multiples des chantiers de travaux publics (cf. livre blanc réalisé par le GFEE sur les UMFE).

La fabrication sur site d'explosif sur le chantier de l'A89

Le chantier A89 TOARC 4.3 vient clore la liaison autoroutière entre Bordeaux et Clermont-Ferrand. Ce tronçon reliant Brive Nord à Terrasson sur un tracé de 21,6 km a été réalisé par GTM Terrassement associé à Muller TP.

Les travaux ont débuté en juillet 2003 pour se terminer au mois de février 2007.

Dans la continuité des lots chahutés d'A89, ce chantier a nécessité l'emploi d'explosifs pour extraire 2,5 millions de m³ sur 9 millions de m³ de déblais; déblais essentiellement composés de pérites du Permien, grès du Trias et schistes fracturés.

Les équipes de minage de GTM Terrassement ont ainsi mis en œuvre 700 t d'explosifs dont 340 t de nitrate-fuel.

Cette quantité de nitrate-fuel a en partie été fabriquée sur site. En effet, depuis 1984, GTM Terrassement est autorisé à fabriquer ce type d'explosif sur site. Le premier chantier réalisé fut l'exploitation de la carrière lié au port de la Possession sur l'île de la Réunion. Parallèlement à cette autorisation, GTM Terrassement a reçu l'agrément pour le produit fabriqué sous le nom de « Nitra GTM ». Une deuxième unité mobile de fabrication a vu le jour en 1992. Au-delà de ces agréments, un arrêté préfectoral d'ICPE puis une déclaration en préfecture depuis décembre 2005 doivent venir compléter l'arrêté ministériel en décrivant les conditions et lieux de fabrication spécifiques à chaque chantier.

Une seule installation a ainsi fonctionné sur le chantier A89. Elle se place à proximité du lieu de mise en œuvre des explosifs. La fabrication se déroule pendant le contrôle des trous (profondeur, présence d'eau...) et la mise en place des amorces (détonateur + dynamite).

L'installation de malaxage est portée sur un châssis de véhicule automoteur. Elle est constituée d'un bol inox d'une capacité d'environ 200 l tournant autour d'un axe mû par un moteur à énergie pneumatique. Ce bol dispose en son centre d'un diffuseur de fuel permettant la vaporisation de celui-ci sur le nitrate contenu dans le bol. Le brassage est assuré par une pompe pneumatique située dans le tableau de commande de l'installation. L'énergie nécessaire lors de la fabrication est fournie par un compresseur d'air situé à quelques mètres de l'installation. Lors de la fabrication, toute l'installation est mise à la terre afin d'éviter les risques liés à l'électricité statique.

Au-delà d'un aspect économique intéressant, la fabrication sur site garantit une grande souplesse dans la préparation des commandes sans contrainte de transport, toujours onéreux, ni contrainte de retour d'explosifs chez le fournisseur car seule la quantité nécessaire est fabriquée.

Christophe Bonnefon
Ingénieur Travaux
GTM Terrassement

La réglementation

Les unités mobiles entrent dans le cadre de diverses réglementations.

- autorisation de fabriquer et de commercialiser des explosifs;
- agrément technique du produit;
- agrément technique de l'unité;
- réglementation ICPE;
- règles particulières au site (carrière, tunnels, chantier TP).

Si certaines autorisations nécessitent une démarche lourde et longue, celles-ci ne sont pas à renouveler très fréquemment et peuvent être anticipées.

C'est le cas de l'autorisation de fabriquer des produits explosifs, de l'agrément technique du produit et de l'unité. Par contre, les autorisations liées à l'emploi sur site (ICPE) sont à demander pour chaque site de mise en œuvre.

Comme toute installation soumise au régime des installations classées pour la protection de l'environnement, l'autorisation ICPE nécessite, notamment, des études de sécurité et de sûreté ainsi qu'une étude d'impact de l'installation sur l'environnement.

L'autorisation préfectorale est délivrée après avis des services compétents, enquête publique et avis de la commission départementale d'hygiène.

Compte tenu des différents délais légaux d'instruction, de publicité de procédure et de recours, l'ensemble de la démarche dure de plus de 6 mois à près d'un an selon les cas. On voit donc, que ce délai est peu compatible avec les durées moyennes des périodes de préparation et d'exécution des travaux pour les chantiers de TP.

L'évolution récente de la réglementation permet de passer du régime de l'autorisation au régime de la déclaration. Les documents à émettre sont un peu allégés mais, surtout, l'absence d'enquête publique raccourcit notablement la durée de la procédure.

Si l'ensemble des démarches administratives pour fabriquer des explosifs reste lourd, ce que l'on peut facilement comprendre, celle-ci reste possible pour une entreprise structurée, maîtrisant les difficultés de la réglementation des installations classées.

Intérêts des UMFE

Souplesse de production, adaptation du produit, diminution des coûts, des transports de produits dangereux et sensibles et réduction de la pénibilité du travail, l'intérêt de l'emploi d'une UMFE sur les chantiers de TP est multiple.

Souplesse de production

Les UMFE ne fabriquent que la quantité strictement nécessaire d'explosifs, ce qui permet de se libérer des

contraintes liées à la variation de la taille des tirs notamment en cas de réalisation de la foration en travail posté. Les grands chantiers de terrassement sont sensibles aux variations quotidiennes qui peuvent être dues :

- aux pannes et intempéries;
- à la découverte anticipée du toit rocheux;
- aux adaptations de projet liées à l'emploi des échelons de terrassement;
- aux variations de rendement des foreuses;
- à l'adaptation des méthodes liées aux contraintes environnementales (présence d'eau, seuil de vibrations).

Très souvent, sur les grands chantiers de terrassement, l'entreprise réalise plusieurs tirs par jour et cela plusieurs fois par semaine.

L'utilisation de matériels de terrassement plus performants conduit à des cadences journalières plus élevées, nécessitant des quantités journalières d'explosifs plus importantes.

Ainsi, il n'est pas rare sur un chantier d'avoir plusieurs ateliers travaillant à poste dans des matériaux rocheux conduisant à des cadences journalières nécessitant plusieurs tonnes d'explosifs par jour.

Les résultats du jour, seuils de vibrations, blocométrie doivent être analysés le jour même pour en tenir compte dès le lendemain, d'où une nécessité de pouvoir réagir très rapidement.

En pratique, sur un chantier de TP, l'explosif devant être livré le jour J est commandé la veille dans la journée alors que la foration de ce tir est en cours de réalisation.

On voit tout de suite l'intérêt dans ce type de configuration de l'emploi d'une UMFE.

Il peut arriver que la réalisation de grandes infrastructures dans une région nécessite un accroissement temporaire des consommations habituelles d'explosifs incompatible avec la capacité du dépôt du fournisseur (île de la Réunion par exemple). L'UMFE permet alors de s'affranchir de cette difficulté.

Par rapport aux obligations de la réglementation liée à l'acquisition d'explosifs, l'UMFE, en fabriquant au fur et à mesure les produits nécessaires permet de s'affranchir des contraintes de gardiennage des explosifs sur le site. Cet intérêt est encore plus évident lorsque l'approvisionnement se fait en une seule fois pour la réalisation de plusieurs tirs dans la même journée.

Adaptation du produit

On peut aussi envisager d'adapter le produit assemblé selon les caractéristiques du massif. Lorsque des circulations d'eau apparaissent assez rapidement lors des intempéries par exemple, il est possible d'augmenter l'insensibilité à l'eau du produit explosif, sa densité, sa vitesse de détonation ou son énergie par variation des parts de composants.



Photo 2

La souplesse de production des UMFE est un atout important pour les chantiers de TP

The production flexibility of mobile explosive production units is an important quality for public works projects

Diminution de la pénibilité du travail

En utilisant des explosifs chargés par pompage ou par gravité, les manutentions de produits s'en trouvent réduites, ce qui diminue la pénibilité du travail de chargement ainsi que les risques induits par ces opérations.

Sur certains gros chantiers, c'est parfois plusieurs tonnes d'explosifs qui sont manipulées chaque jour manuellement par l'équipe de minage.

Économie du projet

Au plan économique, le coût du transport représente une part importante dans le prix de vente des produits explosifs compte tenu des distances à parcourir, de la réglementation et des contraintes de sûreté propres à ce type de produit. Les coûts de stockage ne sont pas non plus négligeables.

L'emploi d'une UMFE génère une économie importante malgré un investissement lourd.

Diminution des transports de matières dangereuses

En organisant le transport et le stockage de produit inerte, l'UMFE permet de réduire le trafic routier lié à cette activité, ce qui n'est pas sans effet sur notre environnement.

Les UMFE ne permettent pas de se libérer totalement des contraintes d'approvisionnement.

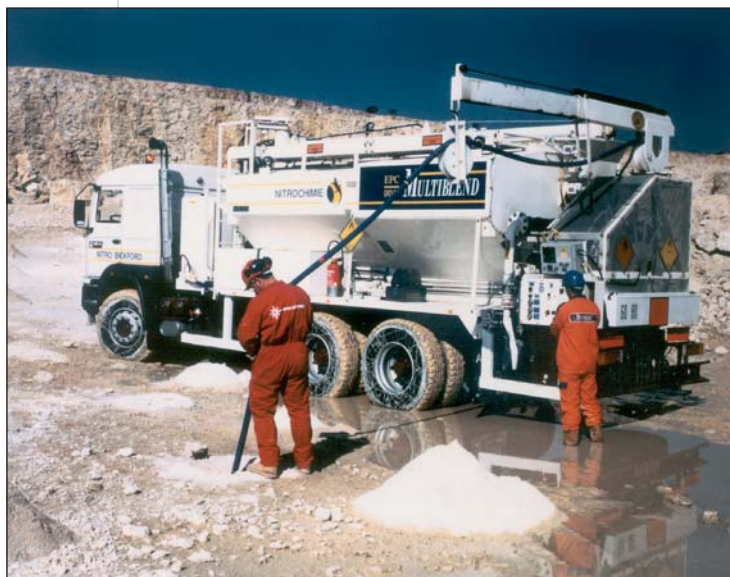
En effet, les explosifs fabriqués par les UMFE nécessitent des produits d'amorçage puissants (booster, détonateurs voire d'autres explosifs encartouchés). Ainsi, l'utilisation de nitrate-fuel, produit performant, fait pratiquement toujours intervenir un explosif de charge de pied plus efficace et plus rapide, qui ne peut être assemblé sur place et doit être approvisionné.

Les unités mobiles de fabrication d'explosifs (UMFE)

Photo 3

Selon la technologie développée, l'unité mobile sera plus complexe à mettre en œuvre

Depending on the technology developed, the mobile unit will be more complex to set up



© Photo EPC



Les dépôts de chantier pourraient permettre de se libérer de ces contraintes, mais la tendance actuelle n'est pas à la création de multiples dépôts sur chantier.

Quelques difficultés d'emploi

L'utilisation d'une UMFE ne présente pas que des avantages. Même dans le cadre de l'évolution de la réglementation, les procédures administratives restent lourdes, longues et complexes.

L'investissement matériel peut être important, ainsi que son suivi. Le seuil de rentabilité dépend de la quantité journalière fabriquée et ce seuil n'est pas forcément atteint sur tous les chantiers.

Selon le processus retenu, la fabrication nécessite un personnel expérimenté, spécialement formé.

Il reste toujours nécessaire de disposer des produits amorçants, autres explosifs, boosters, détonateurs et les prix consentis alors par le fournisseur tiennent compte des quantités à livrer et sont, de fait plus élevés.

Même si les UMFE sont souvent montées sur des porteurs routiers 4 x 4, l'accès au carreau n'est pas toujours possible pour ce type de véhicule et la mise en œuvre des explosifs dans les trous de mine par pompage peut devenir dans ce cas impossible.

Il est donc nécessaire d'intégrer la fabrication d'explosifs sur site dans l'organisation du chantier.

■ Avenir des UMFE sur les chantiers de TP

On voit donc que les difficultés peuvent être parfois nombreuses et qu'en la matière, les UMFE ne résolvent pas tous les problèmes.

Il peut néanmoins être intéressant de se projeter dans

l'avenir, afin d'examiner quel peut être leur devenir. Avant démarrage des travaux, l'étude générale du massif rocheux permet de déterminer les paramètres généraux du tir, quantité d'énergie, présence d'eau, altérations, failles etc. et de mettre en place une méthode générale d'exploitation.

Une fois la méthode générale d'exploitation retenue, on détermine pour chaque volée d'abattage, la hauteur d'abattage ainsi que la maille et le chargement de chaque trou.

La commande de l'explosif auprès du fournisseur peut être alors préparée.

Lors de la foration, si le foreur signale au boutefeu des variations sensibles des caractéristiques du massif, (faille, présence d'eau sur un ou plusieurs trous de la volée) le boutefeu peut ajuster son chargement en jouant sur le type d'explosifs ou réalisation d'un bourrage intermédiaire.

La réactivité du fournisseur d'explosifs ne pouvant être immédiate (disponibilité en dépôt, transport, etc.), et les variations étant fréquentes, les mineurs avisés conservent, lorsqu'ils déterminent les caractéristiques de leur tir, une marge de manœuvre sur l'optimisation de la maille ou la commande d'explosifs (répartition encartouché - vrac, par exemple).

Ils ne peuvent donc aller aussi loin qu'ils le souhaitent dans l'optimisation du tir.

La technologie actuelle en matière d'UMFE, permet de relever ces variations lors de la foration, de les transmettre au boutefeu lorsqu'il prépare son plan de tir, et d'ajuster quasi instantanément la composition du produit.

On peut donc, dès la foration, optimiser le plan de tir et, de ce fait, réduire l'incidence du coût du forage et des autres postes liés.

Selon la fracturation, l'ajustement de la composition du produit peut permettre d'optimiser l'énergie mise en œuvre ce qui assure une plus grande régularité des tirs et diminue fortement les risques de projections ainsi que les vibrations émises.

Les UMFE permettront une meilleure optimisation des tirs, à moindre coût.

La diminution des manutentions des produits explosifs est un facteur important d'amélioration des conditions de travail.

Les produits de base sur les UMFE peuvent être approvisionnés sous forme de container ou big-bag avec des moyens de levage ne nécessitant plus de manutention manuelle.

Le déversement dans les trous gravitairement ou par pompage directement depuis l'installation diminue fortement, là aussi, la pénibilité du travail du boutefeu. La traçabilité des transports de produits explosifs, leur contrôle, la maîtrise des risques liés aux vols et détournements de ces produits devient prépondérante dans le

contexte actuel. De ce fait, les contraintes sur le transport, la surveillance et le contrôle des explosifs vont sans cesse s'accroître.

Ceci a une forte incidence sur les coûts mais, surtout, toute proposition alternative aux transports de produits dangereux, notamment de façon diffuse dans le cadre des livraisons sur chantier, permet de réduire ces risques.

Dans ce domaine, les UMFE sont une bonne réponse à cette problématique.

■ Conclusion

En mettant en œuvre des unités adaptées aux chantiers de travaux publics, le développement des UMFE doit permettre l'amélioration des conditions d'exécution des chantiers de minage aussi bien sur le plan de la qualité des travaux réalisés qu'en matière de coût.

Elles permettront d'améliorer la productivité en réduisant les risques inhérents aux transports et aux manutentions de produits dangereux. ■

ABSTRACT *Mobile explosive production units*

J.-P. Marchal

While the production of explosives on site is common in many countries, it remains marginal in France. However, changes in technology and the regulations could possibly lead to an increase in the use of such units.

Following an overview of the various production techniques and the regulatory constraints governing production on site, the numerous advantages of production on site, but also the difficulties of use and setup, will be described in detail.

Development of the use of such units on public works sites could be an answer to the problem of transporting explosive substances and help improve the quality of blasting.

Production on the site of the A89 motorway is described as a practical application.

RESUMEN ESPAÑOL *Las unidades móviles de fabricación de explosivos (UMFE)*

J.-P. Marchal

Si bien la fabricación in situ de explosivos es corriente en numerosos países, esta técnica permanece marginal en Francia. No obstante, las evoluciones de las técnicas y de la normativa pueden permitir el desarrollo del empleo de semejantes unidades.

Tras haberse referido a la mayoría de las distintas técnicas de fabricación y los imperativos reglamentarios que rigen la fabricación in situ, los múltiples intereses de una fabricación in situ así como también las dificultades de empleo y de implementación serán detalladas.

El desarrollo del empleo de semejantes unidades en los trabajos de obras públicas puede llegar a constituir una respuesta a la problemática de los transportes de productos explosivos así como la mejora de la calidad de las voladuras.

La fabricación en la obra de la autopista A89 va presentada en aplicación práctica.

L'instrumentation sur les

Le métier du forage-minage est basé sur un outil de foration adapté, une connaissance du terrain et une optimisation technique et économique du tir.

L'opération de foration doit être suivie et contrôlée en temps réel par une instrumentation adaptée par l'affichage et l'enregistrement en fonction de la profondeur des informations liées à la mise en place de la machine, au suivi des paramètres machines et aux paramètres « terrain » de nature géotechnique pour le minage.

Une bonne instrumentation aujourd'hui doit permettre de :

- positionner la machine sur les trous de foration conformément au plan de tirs en respectant les coordonnées X, Y, Z de ceux-ci, soit manuellement avec des capteurs embarqués (ensemble inclinomètre, viseur, codeur bras, laser), soit automatiquement par GPS avec une précision effective de l'ordre de 5 cm lorsque les satellites chargés de ce travail de positionnement sont disponibles (ils ne le seront pas en cas de forte pluie, de brouillard intense et/ou de travaux en fond de carrière occultant plusieurs satellites);

- contrôler et enregistrer les paramètres de foration (en général profondeur, vitesse instantanée ou « moyennée » d'avancement, la pression sur l'outil (PO), le couple de rotation (CR), la pression d'air (PA) et la pression de frappe (PF), quand il s'agit de rotopercussion). Toutes ces données devront être sauvegardées et transférées par GSM/GPRS au centre de décision afin d'optimiser le plan de tirs rapidement et conserver une traçabilité des forages en cas de problèmes afin de mieux comprendre les éventuels « ratés » et/ou projections pouvant porter préjudices à la sécurité des biens et des personnes;
- contrôler et enregistrer les paramètres machines (heures moteur, marteau, niveaux, etc.) afin de mieux gérer la machine de forage;
- suivre les déplacements généraux des machines (tracking) par l'adjonction d'un petit GPS de type voiture (à quelques mètres près) et gérer le parc machines.

Les appareillages capables de gérer toutes ces informations devront intégrer les derniers développements technologiques existants :

- écran couleur TFT tactile de grande taille, de l'ordre de 15 cm de côté;
- technologie Can Bus pour les capteurs;
- grande capacité de stockage supérieure à 10 Mo soit l'équivalent de 10000 m de forage;
- transmission des informations par GSM/GPRS;
- prise en main à distance dans le sens bureau/carrière des appareillages embarqués dans les machines afin de faire des diagnostics rapides et fiables et ainsi aider le foreur;
- avoir un seul appareillage pour tous les besoins d'instrumentation cités plus haut et non pas plusieurs, de constructeurs différents dans la même cabine, diminuant ainsi les coûts, les formations et le SAV.

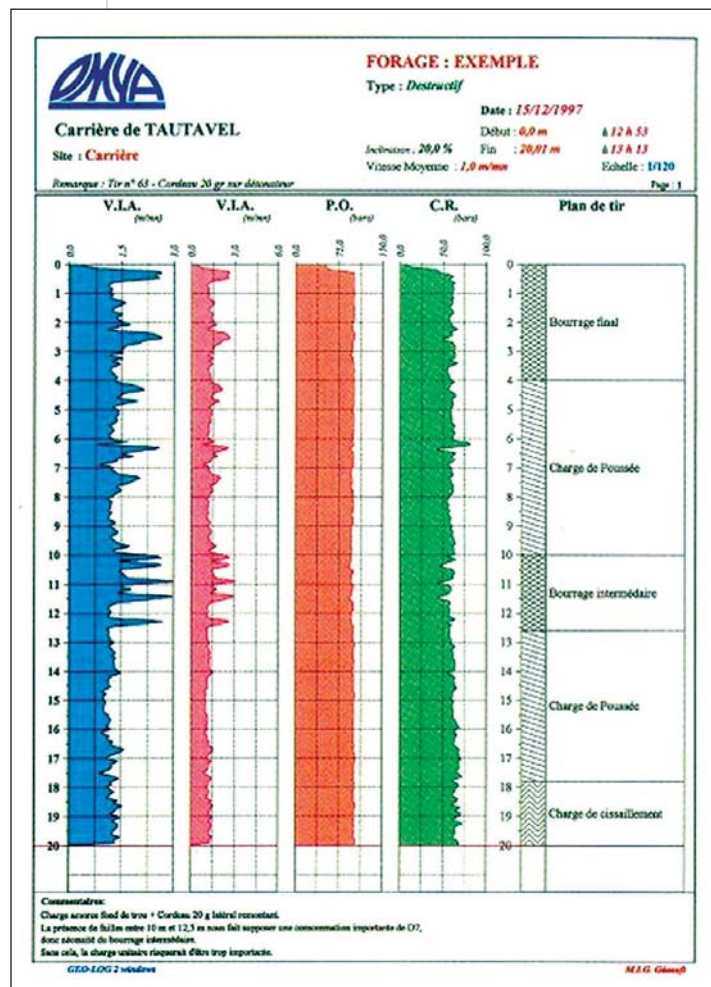
Le traitement de toutes ces données va nécessiter :

- des logiciels spécialisés appropriés;
- du personnel technique adapté et formé à ces nouvelles technologies de type BTS ou assimilé (ce qui n'est pas aujourd'hui le cas ou très peu).

En résumé, les instruments actuellement disponibles sur le marché donnent une réponse spécifique aux besoins des utilisateurs et sont de véritables outils d'aide à la décision en matière de minage. La gestion des informations générées par ces équipements permet aux compagnies minières et aux carrières d'obtenir un retour rapide sur investissement, à savoir :

- réduction importante du « sur-forage »;
- augmentation des vitesses de forage;
- réalisation de forages inclinés avec des inclinaisons et des directions identiques le long du front de taille, quelle que soit la position de la machine de forage, d'où l'obtention d'un front de taille « propre » :

Figure 1
Traitement type des paramètres de forage pour optimiser le plan de tirs
Typical processing of drilling settings to optimise the blasting pattern



machines de forage



Frédéric Malinet
Président-Fondateur
Lim SA

- > identification rapide du minerai (cas du charbon),
- > détection de la fracturation, des zones décomprimées et des niveaux indurés,
- > optimisation du minage, les paramètres de forage permettent de répartir et de choisir le type des explosifs en fonction de la coupe du terrain,
- > gestion des opérations de forage,
- > sécurité et respect de l'environnement,
- > réduction des coûts de maintenance,
- > amélioration de la qualité et de la précision des rapports et des logs.

Pour une mine ou une carrière, l'instrumentation des forages de production augmente non seulement la productivité mais améliore aussi l'efficacité de la totalité du processus d'extraction : planning, maintenance, exploration, chargement, minage, transport et concassage. ■



Photo 1

Afficheur-Enregistreur de nouvelle génération type Multilim 4G intégrant les options GSM-GPRS, GPS, écran couleur tactile et paramètres machines (moteur, marteau)

Multilim 4G type new-generation display-recorder incorporating the GSM/GPRS and GPS options, touch-sensitive colour screen and machine settings (engine, hammer)



Photo 2

Afficheur de type Visualim 4G pour l'affichage des données profondeur-vitesse instantanées d'avancement (VIA) ainsi que le positionnement 2D/3D de la machine de forage

Visualim 4G type display to view depth/penetration rate data and the 2D/3D positioning of the drilling machine

Le métier de mineur :

Le recrutement des boutefeux et leur formation est un des nombreux challenges auxquels les entreprises de minage doivent faire face.

Compte tenu des besoins futurs liés notamment au renouvellement des équipes en place, la formation par l'exemple ne suffit plus et la profession doit mettre en place des formations adaptées au rôle et à la responsabilité des boutefeux, les préparant à l'évolution du métier et de leur environnement de travail.

Tant sur le plan de la responsabilité que de la conception du plan de tir, de la prise en compte de la sécurité des biens et des personnes, des contraintes particulières du site, le boutefeu est l'homme clé dans la chaîne de production. À ce titre, il doit disposer de la formation adéquate lui permettant de maîtriser les risques.

■ Introduction

La préservation de l'environnement est le moteur actuel le plus puissant de l'évolution technique et technologique. Remettant en cause les certitudes progressistes des années passées, cet objectif force la remise en cause de notre mode de vie et de ces concepts idéologiques. La carence des énergies traditionnelles, « leur rareté entraînant leur cherté », et la mondialisation provoquent un renouveau de nos concepts de confort. Trouver ou utiliser de nouvelles ressources énergétiques est une priorité inéluctable... Alors bien sûr, l'énergie explosive représente une éventualité non négligeable... D'où des programmes recherches dans d'autres secteurs pour tirer profit de cet énorme volume d'énergie !

Sommes-nous loin de ces préoccupations dans le domaine de l'abattage des roches ? En première approche, tel pourrait être le cas ; cependant, l'analyse économique globale de la consommation énergétique d'une carrière en fonction des modes opératoires potentiels, peut démontrer l'intérêt de l'explosif au détriment du déroctage mécanique compte tenu des énergies non renouvelables consommées par les engins. Plus encore, si on y associe le bilan de l'impact environnemental global (qui tient compte des consommations de matériaux, de leur durée de vie, de la nécessité de traiter la pollution qu'ils engendrent et des conditions de traitement post-usage) !

Il est fort à parier que l'explosif occupe une place intéressante dans le classement au hit-parade de la qualité environnementale. L'avenir de la profession semble donc bien assuré. D'ailleurs, les fabricants le confirment : on consomme en France plus d'explosifs que de savonnettes !

De la poudre noire aux détonateurs électroniques, les outils du mineur ont, au fil du temps, bien changé. Même si l'objectif est inchangé : transformer la roche en matériaux, les techniques, les produits utilisés et les conditions d'exécution ont évolué.

Malgré tout, ce profond changement n'est qu'une étape et le futur des mineurs commence à se dessiner. Évolution des techniques, de la réglementation, des responsabilités, le chantier est ouvert et les entreprises doivent préparer leurs salariés à cette évolution.

■ État des lieux de la profession

Âge moyen, attractivité de la profession et perte du savoir-faire

Selon les dernières enquêtes de la CNETP, 68 % des ouvriers mineurs en activité ont plus de 45 ans (figure 1).

Peu attirés naturellement vers les métiers du BTP, les jeunes sont encore moins attirés par cette profession.

À cela plusieurs raisons peuvent être évoquées : manque de connaissance de la profession même au sein de la famille des métiers des travaux publics. La dénomination même, mineur, boutefeu n'est déjà pas en elle-même très attrayante et pas suffisamment précise : préposé au tir, boutefeu, artificier, mineur... Les termes sont variés et confusionnels... mélangeant les métiers, les responsabilités ou les niveaux hiérarchiques...

Pour ceux qui connaissent déjà cette profession des travaux publics, l'image de ce métier est celle d'une profession physique, difficile, dangereuse, salissante et exposée aux intempéries.

Les débouchés, l'évolution du métier sont mal appréhendés. Les parcours professionnels des mineurs sont parfois chaotiques et imprévus.

Le mode de formation des boutefeux, par l'expérience peut être un frein à son développement et décourager certaines volontés.

Les apparences ne plaident donc guère en la faveur de cette profession.

La formation des boutefeux

À ce jour, il n'existe pas de formation spécifique au métier de boutefeu. Dans leur grande majorité, ceux-ci ont été formés par leurs aînés. Souvent après avoir exercé le métier de foreur, ils acquièrent une première expérience de terrain avec le boutefeu en participant comme aide au chargement des tirs.

Une fois cette première expérience acquise, ils ont dû obtenir leur CPT (Certificat de préposé au tir) di-

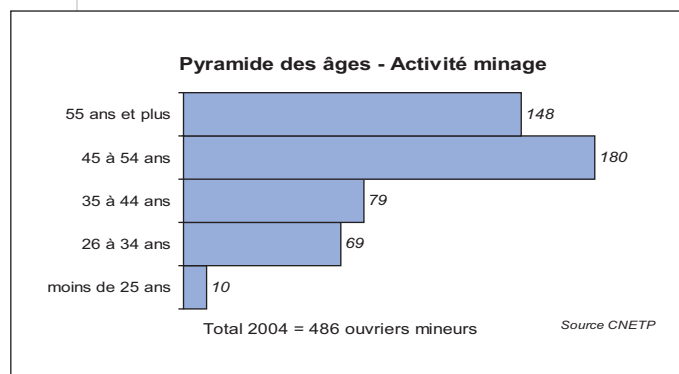


Figure 1

Pyramide des âges. Activité minage
Age pyramid. The job of blasting

évolutions et perspectives

Marie-Christine Michel
Ingénieur
OPPBTP



Jean-Pierre Marchal
Président du Synduex
GTM Terrassement

plôme délivré par l'Éducation Nationale après une formation spécifique d'une semaine environ.

Il faut rappeler que le CPT dans sa forme actuelle est un diplôme reconnaissant à son titulaire la capacité de mettre en œuvre des explosifs en connaissant les règles de sécurité et les principaux textes de la réglementation concernant l'acquisition d'explosifs et leur gardiennage. En aucun cas, ce diplôme ne sanctionne une formation au dimensionnement d'un tir.

Ce diplôme leur ouvre les portes du métier, leur permet d'acquérir de l'expérience, de développer leur connaissance et de la transmettre à leur tour.

Il existe à ce jour des formations sous forme de séminaires et stages de formation continue mais qui ne contribuent pas à donner aux mineurs une vraie connaissance professionnelle du métier. Même les formations à la conception aux tirs, autrefois délivrées par les écoles des Mines (niveau « porions » ou ingénieurs) ont vu leur nombre décroître en raison de la fermeture progressive des mines. Effet collatéral : les ingénieurs des Mines, seuls compétents juridiquement en matière d'explosifs, n'ont peu ou prou plus d'enseignements sur ce sujet !

La formation se fait donc sur le terrain, en profitant de l'expérience des plus anciens avec tous les inconvénients que cela peut induire (reproduction de gestes incorrects, connaissance aléatoire et à opérationnalité limitée à la seule expérience du tuteur...).

Si ce type de formation permet d'acquérir une connaissance importante, elle est longue, assez mal appropriée à l'apprentissage de techniques nouvelles et à la prise en compte de nouvelles contraintes extérieures de plus en plus fortes.

Souvent, on constate qu'il est difficile de sensibiliser certains mineurs pourtant très expérimentés, à la prise en compte de leur environnement de travail.

Perte du savoir-faire

Compte tenu de l'âge moyen de la population active et du nombre de départ prévisible dans les prochaines années, il n'est pas envisageable de s'appuyer uniquement sur la transmission orale des acquis comme par le passé.

La transmission du savoir-faire est primordiale en matière de sécurité. Si les barrières de prévention sont d'ordre plutôt techniques (sécurité intrinsèque des produits, sécurité des dispositifs technologiques...), elles échappent directement aux mineurs qui sont les « consommateurs des explosifs ».

Leur savoir-faire réside dans la qualité de l'exécution du plan de tir et dans le respect des mesures organisationnelles mises en place pour gérer les risques résiduels. La connaissance des effets, les expériences de terrain et la pertinence des mesures de prévention opérationnelles

sont les trois vecteurs de leur savoir-faire.

L'obligation de discrétion, le conservatisme cognitif, le manque d'accessibilité de la profession aux jeunes et l'extrémisation des contraintes réglementaires parfois observés, constituent autant de freins à la transmission saine des savoir-faire.

Il y a donc un risque fort de le voir disparaître.



Photo 1

Le boutefeu est responsable de la mise en œuvre du tir
The blaster is responsible for setting up the blast

■ Rôle et responsabilité du mineur

Vis-à-vis de la réglementation

Sur un chantier de TP, le dirigeant de l'entreprise reste responsable de la sécurité et des conséquences des tirs de mine.

En délivrant au boutefeu le permis de tir, il reconnaît à celui-ci la compétence pour mettre en œuvre les explosifs en sécurité, selon les plans de tir qu'il a prévus. Il ne peut délivrer ce permis de tir que si le boutefeu est titulaire du CPT et qu'il dispose des options correspondantes aux techniques qu'il met en œuvre après qu'on ait vérifié son aptitude médicale et ses capacités morales (habilitation préfectorale).

Le permis de tir délivré par le dirigeant d'entreprise vaut reconnaissance de compétence du boutefeu dans la limite de ses responsabilités (à savoir sécurité du tir). En aucun cas il n'est une décharge de responsabilité totale des obligations du chef d'établissement, notamment en matière de sécurité.

S'il en a la garde, le boutefeu doit être habilité par le préfet de son domicile au gardiennage des produits explosifs. En pratique, si l'autorisation d'acquisition des explosifs le nomme expressément en tant que responsable de la garde des explosifs sur le site, sa responsabilité peut être engagée en cas de vol.

Bien souvent, est joint à l'autorisation d'acquisition

Le métier de mineur : évolutions et perspectives



Photo 2

Même l'aide-boutefeux doit être titulaire du CPT

Even the assistant blaster must have a training certificate in blasting

des explosifs, un extrait de la réglementation rappelant les sanctions pénales encourues en cas de détournement ou de vol. Cet extrait doit être communiqué aux personnes responsables du gardiennage des produits explosifs jusqu'à leur mise en œuvre.

Le renforcement des mesures antiterroristes a étendu d'ailleurs l'obligation d'agrément à toute personne affectée à une activité dans un dépôt, un débit ou une installation mobile de produits explosifs ou qui a, de par sa fonction, connaissance des mouvements des produits explosifs ou qui intervient pour l'entretien des équipements de sûreté.

Son rôle dans la chaîne de production

Le rôle du mineur boutefeux est prépondérant dans la chaîne de production et de prévention et cela aussi bien en carrière que sur les chantiers de travaux publics.

C'est l'homme de terrain qui a la parfaite connaissance du site, des caractéristiques du massif et de ses particularités. C'est vers lui que remontent les informations du foreur sur les difficultés rencontrées lors des forages. Son rôle est important lors de la réalisation du chargement, la qualité de celui-ci est liée à son implication (soin du bourrage, suivi des descentes de cartouches). Il constitue en soi une mesure organisationnelle de prévention.

Il doit mettre en œuvre le plan de tir en suivant les instructions reçues, lorsqu'il n'en est pas l'auteur, mais il doit aussi savoir adapter ce plan de tir aux difficultés du terrain et du chargement, ce qui sous-tend qu'il doit connaître ses propres limites de compétence. En cela,

il doit avoir la capacité de « dire non » et donc de recourir chaque fois qu'il le détermine à une personne plus expérimentée.

Il est bien sûr toujours responsable de la sécurité des biens et des personnels lors de la réalisation du tir.

Il doit gérer l'approvisionnement des explosifs et, le cas échéant, les commandes, et doit organiser le travail des foreuses.

Bien souvent, il est le premier interlocuteur des riverains. C'est maintenant un homme de communication... Il doit donc avoir les connaissances suffisantes pour apporter à ses interlocuteurs des données fiables et convaincantes.

Selon la taille du chantier, l'organisation de l'entreprise et les difficultés spécifiques du chantier, la qualification professionnelle du boutefeux pourra varier de l'ouvrier qualifié au chef de chantier.

Selon le cas, il sera placé sous l'autorité d'un conducteur de travaux ou d'un chef de chantier, voire rattaché directement au directeur de travaux.

Quelle que soit sa position, son implication doit être importante.

La conception du plan de tir

Le boutefeux n'est pas forcément le concepteur du plan de tir. Il est toujours préférable que celui qui met en œuvre soit celui qui conçoit. Cette solution limite les risques liés à une mauvaise compréhension, et les erreurs d'interprétation. La complexité de l'opération détermine le niveau de compétence requis.

S'il faut adapter le plan de tir, cette adaptation sera plus fiable si le boutefeux dispose de tous les éléments qui rentrent en compte dans son dimensionnement.

Lorsqu'il n'est pas le concepteur, il en est toujours la cheville ouvrière.

Dans ce cas, selon l'organisation et le type de chantier, la conception pourra alors :

- soit être réalisée en interne par un ingénieur ou un conducteur de travaux en charge du minage ;
- soit être réalisée par un bureau d'études spécialisé.

Quelle que soit l'organisation choisie, la conception du plan de tir s'appuiera toujours sur la connaissance du boutefeux et son expérience.

Son niveau de connaissance doit donc rester élevé, les éléments qu'il fournit (relevé des fronts, discontinuités, plan des forages) doivent être fiables. Il doit alors être informé de toutes les limites ; d'où l'importance d'une clarification des plans de tir et de l'amélioration des données fournies.

Même s'il n'est jamais l'unique concepteur du plan de tir, on voit que le boutefeux doit disposer de connaissances lui permettant d'appréhender les paramètres du tir, les critères de choix, les conséquences des variations de ceux-ci.

■ Évolution du métier

Le développement européen ajoute également à la nécessité d'une évolution du métier. L'hétérogénéité des niveaux requis pour détenir la qualité de « responsable du tir » est infiniment variable d'un État à l'autre. Néanmoins, la libre circulation des travailleurs, impliquée par le Traité d'Amsterdam, oblige à s'interroger sur les compétences réciproques des boutefeux dans les différents États membres.

Ce travail, commencé il y a déjà quelques années dans le cadre de l'EFEE (Fédération européenne des ingénieurs en explosifs), a déjà permis de définir un socle commun intercommunautaire pour les boutefeux dans le cadre général et pour les boutefeux exerçant dans la démolition.

Le projet EU-Excert, quant à lui, a pour objectif de mettre en commun les ressources en termes de formation, de supports de formation et de capacités de formation de manière à harmoniser les connaissances et favoriser ainsi les échanges professionnels intracommunautaires. Ce projet est un excellent outil pour valider les prises de positions françaises, les spécificités de notre culture « explosifs ». Un partage intéressant et valorisant pour tous !

Même si la reconnaissance par les législateurs n'est pas encore à l'ordre du jour, elle se profile à l'horizon.

Le besoin de recrutement se fait déjà sentir et la carence en personnel est une préoccupation en matière de sécurité. Le risque est bien sûr de mettre à disposition, du personnel à compétences réduites et, du coup, de faire « sauter » une barrière de prévention essentielle du système. Les boutefeux doivent désormais acquérir un niveau de connaissance supérieure quitte à leur reconnaître un niveau de qualification supérieure. C'est d'ailleurs un des objectifs des travaux en cours au niveau européen.

Photos 3 et 4

La réalisation des tirs nécessite une compétence spécifique
Special qualifications are needed to perform blasting



Un DVD de présentation des métiers du forage et du minage

Le Syndicat National des Entrepreneurs de Travaux Publics Spécialisés dans l'Utilisation des Explosifs (Synduex, syndicat adhérent FNTP) a réalisé un DVD interactif intitulé « À la découverte des métiers du forage et du minage ». Les principaux métiers proposés par ses entreprises adhérentes y sont présentés en situation. Ce DVD contient également des informations sur les matériels utilisés ainsi que sur les qualités et qualifications nécessaires pour accéder à ces métiers.

Ce disque est destiné à la fois aux jeunes qui s'intéressent aux métiers du forage/minage, à leurs conseillers pédagogiques ainsi qu'à toutes les personnes qui souhaitent en savoir plus sur la technicité et la diversité des activités et des métiers.

Il est disponible sur demande auprès du Synduex.

Pour tous renseignements s'adresser à :

Jean-Philippe Dupeyron
Secrétaire général du Synduex
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : + 33 (0)1 44 13 32 23
Fax : + 33 (0)1 44 13 32 42
E-mail : dupeyronjp@fntp.fr



En effet, toute la sécurité lors de l'utilisation de l'explosif repose administrativement sur la compétence et l'efficacité d'un seul opérateur, le boutefeu, face aux nouvelles contraintes qui lui sont imposées.

Nous devons cependant nuancer les propos car la tendance est toujours de renforcer la compétence et donc la responsabilité de cet opérateur particulier mais il faut se poser également la question de la formation de



Le métier de mineur : évolutions et perspectives

► ceux ayant en charge leur encadrement et leurs contrôles qui sont aussi des remparts en termes de prévention.

Parfois, l'extrémisation des exigences administratives ou réglementaires, peut aller à l'encontre de la prévention en devenant irréaliste ! Cela se heurte au compromis social et économique et la contrainte impose alors le déni du risque par ceux qui la supporte.

La maîtrise des risques et donc la limitation des accidents est d'abord la connaissance des effets des explosifs, des phénomènes à risques et des contraintes que cela implique !

Encore faut-il en avoir une appréhension pertinente et appropriée pour avoir la possibilité de dire « non » ! ■

ABSTRACT

The miner's job : developments and prospects

M.-Ch. Michel, J.-P. Marchal

The recruitment and training of blasters is one of the many challenges that must be faced by blasting contractors.

Given future needs related in particular to replacement of the current personnel, training by example is no longer sufficient, and the industry must establish training adapted to the role and responsibilities of blasters, preparing them for changes in the job and their working environment.

From the viewpoints of both liability and design of the blasting pattern, allowance for personnel and property safety, and particular site constraints, the blaster is the key man in the production chain. Accordingly, he must have adequate training to allow him to manage risks.

RESUMEN ESPAÑOL

La profesión de minero : evoluciones y perspectivas

M.-Ch. Michel y J.-P. Marchal

La contratación de los dinamiteros y su capacitación constituye unos de los numerosos retos con los cuales las empresas de trabajos con explosivos deben afrontar.

Cuenta habida de las futuras necesidades vinculadas, fundamentalmente con la renovación de los equipos actuales, la formación por el ejemplo ya no es suficiente y la profesión debe implantar diversas formaciones adaptadas al papel y a la responsabilidad de los dinamiteros, preparándoles a la evolución de la profesión y de su entorno laboral.

Tanto desde el punto de la responsabilidad como del concepto de plan de voladura, de la integración de la seguridad de los bienes y de las personas, de las limitaciones particulares del sitio, el dinamitero corresponde a la persona clave en la cadena de producción. A este respecto, debe disponer de la formación adecuada que le permite dominar los riesgos.

CQP, habilitation des organismes de formation



Jean-Pierre Marchal
Président du Synduex
GTM Terrassement

Conscient des enjeux en matière de formation et de qualification des métiers spécifiques du forage-minage, le Synduex met en œuvre des actions concrètes concernant ces métiers afin notamment de favoriser le recrutement des jeunes et de leur donner les moyens d'évoluer au sein des entreprises.

Pour les foreurs, la première étape a consisté à mettre en place un certificat de qualification professionnelle (CQP) spécifique à la profession.

Dans le cadre du certificat de préposé au tir (CPT) obligatoire, une labellisation des organismes de formation a été établie pour faciliter la tâche des entreprises qui doivent former et recycler leur personnel et qui cherchent à s'adresser à des organismes répondant à leurs attentes et à celles de leurs salariés.

■ La formation, un enjeu pour demain

Face au développement de leur activité, à la nécessité d'accroître leur capacité, d'embaucher et de renouveler leur personnel, de le former aux nouvelles techniques, de transmettre les savoir-faire, les entreprises de travaux publics se sont mobilisées sur les enjeux importants que sont la formation et le développement des compétences.

Au travers de leurs syndicats professionnels, elles mettent en place des actions concrètes correspondant à leur besoin en matière de formation.

■ Le certificat de qualification professionnelle (CQP) foreur

Le métier de foreur

Le forage des trous de mine compte pour une part importante dans la réussite d'un tir aussi bien sur le plan technique qu'économique.

Le trou doit être positionné conformément au plan de tir, dans les trois dimensions. L'angle doit être respecté ainsi que le diamètre et la profondeur.

Le foreur doit piloter sa machine et adapter ses réglages en fonction de la roche, de sa dureté, des discontinuités rencontrées, des couches traversées.

Ses déplacements doivent être faits en sécurité, quelle que soit la pente du terrain, la présence de front de taille.

Toutes ces tâches doivent être faites en gardant à l'esprit la nécessité de rentabilité économique.

Le foreur doit être capable d'informer le boute-feu de toutes les difficultés rencontrées qui peuvent avoir une incidence sur la qualité du tir (failles, discontinuités).

On voit donc que les qualités d'un foreur vont donc au-delà des prestations attendues par un « conducteur d'engins ».

Même si l'évolution du matériel permet l'automatisation de certaines tâches, l'expérience du foreur est prépondérante tant au niveau de la qualité du forage que de la rapidité avec laquelle celui-ci est réalisé.

Les besoins en foreurs

La vente de foreuses, utilisées sur le territoire national représente une quarantaine de machines par an. Ceci correspond au renouvellement de machines anciennes et au développement de l'activité.

Ce chiffre n'inclut pas les machines vendues pour l'exportation ainsi que les matériels spécifiques à des activités telles que le forage d'eau, la géothermie, les sondages et forages d'injections et de confortement.

Même s'ils sont toujours difficiles à évaluer précisément, compte tenu de la moyenne d'âge de la profession, du renouvellement du matériel et du développement de cette activité, on estime les besoins en foreurs à un peu moins d'une cinquantaine par an, sur trois ou quatre ans au minimum.

Mais ce chiffre est plus que doublé si on intègre toutes les activités nécessitant de forer des trous pour lesquels, une base commune de formation peut être envisagée.

La formation

Actuellement, il n'existe pas de formation spécifique régulière à la conduite des foreuses.

Les écoles et centres de formation à la conduite d'engins ne disposent d'ailleurs pas de ce type de matériel. La grande majorité des foreurs en activité a donc été formée, jusqu'à un passé très récent, « sur le tas ».

Si la profession s'est contentée pendant de nombreuses années de cette situation, l'évolution des matériels et des contraintes de réalisation, les difficultés à transmettre ces connaissances ne permettaient plus de continuer uniquement dans cette voie de formation-action. Une vraie politique de formation a été mise en place et doit être développée pour faire face aux besoins.



Photo 1
Forage
Drilling

CQP, habilitation des organismes de formation

Photos 2 et 3

Le poste de travail des foreuses a beaucoup évolué au cours des dernières années

The driller work station has changed greatly in recent years



La formation se fait donc soit par l'intermédiaire de fournisseurs de matériels, soit par des formations spécifiques mises en place par des organismes spécialisés. Les élèves viennent des écoles de conducteur d'engins préparant des bacs professionnels ou sont en recherche de contrat de qualification. Encore faut-il les attirer vers cette profession en la faisant connaître.

La valorisation du métier de foreur

La mise en place d'un certificat de qualification professionnel (CQP) option forage destructif nous semblait indispensable pour les raisons suivantes :

- **valider les acquis professionnels.** Compte tenu du parcours professionnel actuel des foreurs en activité, il est indispensable de disposer d'un outil permettant de mesurer leur connaissance et les progrès parcourus. Cette validation est une étape indispensable dans la progression des connaissances;
- **faire reconnaître en interne la qualification professionnelle.** Le métier de conducteur de foreuse doit être reconnu en tant que tel. Le développement d'une filière spécifique de formation passe par cette étape. Le positionnement des foreurs dans les grilles de rémunération est nécessaire pour qualifier et fidéliser des professionnels, leur donner des possibilités d'évolution de carrière;
- **valoriser la profession de foreur et faire connaître en externe cette profession.** Pour attirer des jeunes

vers ces professions, il faut déjà les faire connaître au plus grand nombre, mettre en évidence la technicité de la profession et du matériel, l'intérêt du poste de travail, les qualités requises.

Le CQP répond bien à ses objectifs et les résultats obtenus nous confortent dans cette voie.

les premiers résultats des CQP option forage destructif

Deux sessions de CQP se sont tenues depuis sa mise en place et la demande est forte pour les prochaines sessions.

Les foreurs qui se sont présentés à ce CQP ont montré une grande motivation et une forte implication dans leur travail. Ce sont de grands professionnels qui se sont présentés devant le jury, fiers de montrer leurs compétences, désireux de transmettre celles-ci.

Venant de différents horizons et d'entreprises de structure diverse, ils ont donné une image complète de la profession et sont les meilleurs ambassadeurs de leur métier.

Les résultats obtenus vont au-delà de nos espérances et la motivation de ces salariés nous prouve, s'il en était besoin, que ce CQP répond à une attente encore plus forte des salariés que des entreprises.

■ L'habilitation des organismes de formation

Le certificat de préposé au tir (CPT)

Si le métier de foreur est en pleine évolution pour ce qui concerne le recrutement et la formation, la formation des mineurs peut apparaître un peu mieux définie. La réglementation exige en effet que la mise en œuvre des explosifs soit confiée à du personnel titulaire du CPT.

Ce diplôme est délivré par l'Éducation Nationale. En pratique, ce diplôme est délivré après une formation spécifique d'une quarantaine d'heures. Après avoir répondu à une épreuve écrite type QCM, les élèves se présentent devant un jury pour une épreuve pratique de mise en œuvre d'explosifs. Après examen des résultats obtenus, du comportement du candidat, le jury délivre ou non le diplôme.

Lors de l'examen, aussi bien à l'écrit que lors de l'épreuve pratique, on vérifie avant tout que l'élève connaît les règles de sécurité concernant la mise en œuvre, la réglementation en matière d'acquisition et de gardiennage des produits explosifs et les conséquences pénales en cas de vol ou de perte.

Le CPT est donc une reconnaissance d'aptitude professionnelle à mettre en œuvre des explosifs en sécurité

mais n'est en aucun cas, un diplôme validant une compétence en matière de dimensionnement d'un tir. Lors de la formation, les bases techniques du métier sont parcourues.

La géologie, la composition des explosifs, leurs actions physiques et chimiques, les différents types de détonateurs, les plans de tir, sont autant de notions abordées durant cette semaine de formation. Mais compte tenu de l'extrême diversité des connaissances à acquérir, mais aussi de la grande diversité de niveau de base des stagiaires, il est difficile de donner en si peu de temps une base technique solide aux élèves.

Les besoins en formation

Compte tenu de l'obligation réglementaire, le besoin en titulaires du CPT est important. Le recyclage de ce CPT est lui aussi exigé par la réglementation. Il doit être fait au minimum une fois par an et comporter un minimum d'une demi-journée de formation.

Il est validé par une attestation de formation délivrée par l'organisme de formation qui a assuré ce recyclage. Étant donné l'âge moyen de la population des mineurs, (plus des 2/3 ont plus de 44 ans, 1/3 à plus de 55 ans) il existe une demande importante pour les années à venir.

Les organismes de formation

De nombreux organismes de formation se sont lancés sur ce créneau et proposent cette formation dans le cadre de « package » notamment en formation continue.

C'est ainsi que l'on a pu dénombrer plus de quarante organismes proposant ce type de formation.

Le marché n'étant pas extensible, on s'est aperçu que cette grande diversité présentait plusieurs inconvénients majeurs.

Certains organismes organisant peu de formation, ils ne disposaient pas d'un support pédagogique à jour, notamment en matière de réglementation.

Les formateurs, même s'ils disposaient des qualités pédagogiques nécessaires n'avaient aucune expérience pratique du métier et ne pouvaient pas, de ce fait, répondre aux questions ou cas pratiques exposés par les stagiaires. Cette inexpérience était encore plus criante dans le cadre des travaux de terrain.

Tout cela ne permettait pas de transmettre aux stagiaires les bonnes pratiques.

Quant à l'organisation de l'examen, le jury étant traditionnellement tripartite, (Éducation Nationale, Drire, représentant de la profession) compte tenu de la méconnaissance du milieu professionnel, la mise en place de ces jurys pour certains examens laissait à désirer en termes de niveau de connaissance.



Le besoin des entreprises et de ses salariés

Lorsque l'entreprise investit dans la formation de ses salariés, il est important qu'elle y trouve :

- une formation de qualité aussi bien sur le plan pédagogique que technique. Le discours doit être adapté au niveau des salariés;
- un lieu d'échange entre stagiaires. Bien souvent, quand les stagiaires n'osent pas parler de leur expérience, l'échange avec les autres professionnels leur permet de franchir l'étape de la timidité. Il est donc important qu'ils trouvent un formateur qui connaisse leur métier;
- une approche claire et stricte des règles de sécurité à appliquer.

En matière de travaux à l'explosif, il est important de respecter des règles précises lors des manipulations, de la mise en œuvre des explosifs et de la réalisation du tir.

L'exemplarité du formateur doit être totale en ce domaine. Le salarié qui revient d'un stage, avec ou sans diplôme d'ailleurs, et qui a vu des mauvaises pratiques les mettra en œuvre sans en mesurer toutes les conséquences. Le résultat est donc inverse à celui recherché. Le salarié qui a suivi une formation et s'est présenté à l'examen a fait un effort personnel important. Il n'est pas toujours facile pour des gens de terrain de retourner pour une semaine sur les bancs de l'école. Il faut donc que cette période lui soit bénéfique.

Photos 4 et 5

Premières promotions de CQP option forage destructif

First classes for the occupational qualification certificate, specialising in destructive drilling

CQP, habilitation des organismes de formation

► Là aussi, lorsque le salarié sort de formation avec le sentiment de ne pas avoir progressé, l'effet est contraire à l'objectif recherché et il sera difficile par la suite de lui proposer d'autres formations qui lui permettront de progresser.

La labellisation des organismes

Fort de ce constat et pour permettre à ses adhérents de sélectionner des formations répondant à leur besoin, le Synduex a mis en place une labellisation des organismes de formation au CPT. Cette labellisation s'appuie sur les critères suivants :

- contenu du support pédagogique et rythme de mise à jour;
- nombre de formations réalisées chaque année;
- organisation de l'épreuve pratique;
- expérience du formateur;
- retour d'évaluation faite par les apprenants.

Sur la base du volontariat, le Synduex a proposé aux différents organismes de se présenter à cette labellisation.

Après étude des différents dossiers reçus, quatre organismes ont été labellisés et peuvent utiliser ce label dans leur publicité. Les entreprises adhérentes sont encouragées à privilégier les organismes de formation détenteurs du label tant pour la formation au CPT que pour le recyclage annuel de leurs salariés.

Un suivi des organismes labellisés est fait au sein d'une commission permanente qui analyse les évaluations faites par les apprenants et transmises par les entreprises.

Cette commission décide ou non du maintien du label.

■ Conclusions

La progression du recrutement dans notre profession, comme dans beaucoup d'autres secteurs du BTP, passe bien sûr par une meilleure connaissance de nos métiers mais aussi par la valorisation de ceux-ci.

Cette valorisation ne peut s'appuyer que sur une qualification reconnue de la profession ainsi que sur des engagements forts en matière de formation pour les salariés. ■

ABSTRACT

Occupational qualification certificate, accreditation by training organisations

J.-P. Marchal

Aware of the training and qualification challenges facing the specific jobs of drilling and blasting, Synduex is taking practical initiatives concerning these jobs, in particular to promote the recruitment of young people and enable them to develop their career within the company.

For drillers, the first step involved establishing a specific occupational qualification certificate for the industry.

For the compulsory blasthole charger certificate ("CPT"), a labelling system has been established for training organisations to facilitate the task of companies that have to train and recycle their personnel and that want to contact organisations meeting their expectations and those of their employees.

RESUMEN ESPAÑOL

CQP (certificado de calificación profesional), habilitación de los organismos de formación

J.-P. Marchal

Consciente de los retos en materia de formación y de calificación de las actividades específicas de la perforación-sondeo, el Synduex implementa diversas acciones concretas que se refieren a estas profesiones con objeto, principalmente, de propiciar la contratación de jóvenes y de permitirles evolucionar en las empresas.

Para los perforadores, la primera etapa ha consistido en implantar un certificado de calificación profesional (CQP) específico para la profesión.

En el marco del certificado de responsable de voladura (CPT) obligatorio, una labelización de los organismos de formación se ha establecido para facilitar la tarea de las empresas que deben capacitar y reciclar su personal y que buscan en dirigirse hacia los organismos que responden a sus expectativas y aquellas de su empleados.

Profession : foreur



Stéphane Leveugle
Directeur général
Foremine

Nicolas Ripault, 24 ans, occupe un emploi de foreur au sein de la société Foremine depuis 2 ans. Quand il arrive dans la société, muni d'un CAP Travaux agricoles, il ne connaît rien à l'activité forage minage, et c'est grâce à une formation interne de 13 semaines qu'il apprend les bases de son nouveau métier. Aujourd'hui, Nicolas est un foreur confirmé, parfaitement intégré à son entreprise, et capable de manipuler tous les types de foreuse usuellement utilisés dans la profession : pneumatique, hydraulique, marteau hors trou ou fond de trou, CopRod®... (photo 1).

■ Un partenariat entreprise/ANPE/Assedic

La formation initiale de Nicolas Ripault a été menée dans le cadre de l'aide à la formation préalable à l'embauche. Ces actions, financées par l'Assedic, permettent à des demandeurs d'emploi, bénéficiaires de l'allocation d'aide au retour à l'emploi, de se former auprès d'un employeur afin d'acquérir les compétences professionnelles nécessaires pour accéder à un emploi disponible dans l'entreprise.

C'est ainsi qu'au moment de recruter un nouveau foreur, Foremine a signé une convention avec l'Assedic précisant les objectifs de l'action de formation, son contenu, sa durée, ses modalités de financement ainsi que l'embauche qui en découlait (en l'occurrence un CDI). En liaison avec l'ANPE de Flers (Orne), Foremine a rédigé un plan de formation qu'a suivi Nicolas. L'Assedic a pris en charge pendant la durée de cette formation les frais de fonctionnement de l'entreprise (plafonnés à 1525 € HT), a participé aux frais de transport et d'hébergement de Nicolas, et lui a versé l'allocation d'aide au retour à l'emploi.



Photo 1
Foreur : une profession...
Driller : an occupation...



Photo 2
Formation sur foreuse commandée à distance par radio-guidage (Atlas Copco Roc D7 RRC)
Training on drilling machine remote controlled by radio guidance (Atlas Copco Roc D7 RRC)

À l'issue de cette formation, Nicolas a été embauché par Foremine, qui a pu également bénéficier des aides de soutien à l'emploi des jeunes de l'Assedic.

■ Une formation « maison »

Le programme de la formation préalable à l'embauche a été défini et mis en œuvre par le personnel de Foremine pour sa majeure partie, et par des organismes extérieurs pour les certifications.

Ainsi, semaine après semaine, Nicolas Ripault a acquis les bases élémentaires de la foration et du minage avec les foreurs et mineurs de l'entreprise, et les notions indispensables de mécanique pour pouvoir atteindre le niveau d'autonomie nécessaire, avec le chef d'atelier. La formation a été encadrée par nos chefs de chantier et supervisée par un conducteur de travaux. Elle s'est conclue par le passage des certifications indispensables à la profession : certificat d'aptitude à la conduite d'engin en sécurité (CACES) pour la foration, certificat de préposé au tir (CPT) pour le minage.

■ Le foreur dans l'entreprise

Ce que retient aujourd'hui Nicolas Ripault de son expérience de foreur, c'est la responsabilité qui lui est confiée. Cela commence par un outil de travail de haute technicité qui a un prix très élevé et qui, pour les machines les plus récentes, peut comporter des équipements de mesure très sophistiqués.

La manipulation des foreuses se fait parfois dans des conditions difficiles sur des terrains très accidentés et il faut souvent beaucoup de calme et de patience pour mettre la foreuse en position de travail sécurisée. Ce fut le cas par exemple, sur le chantier de la déviation de la RN66 à Rupt-sur-Moselle dans les Vosges, où nous avons eu recours à une foreuse commandée à distance pour traiter les zones les plus difficiles (photo 2).

Profession : foreur



Photo 3

Demain, une évolution vers l'activité minage?
 Tomorrow, advancement to blasting work?



C'est aussi une responsabilité importante dans l'ensemble du processus amenant au tir de mines : la qualité de la réalisation des forages est essentielle pour le bon déroulement des opérations de minage qui vont suivre et les résultats en fragmentation du massif rocheux. Nicolas Ripault a rapidement compris qu'un « bon » tir de mines passe d'abord par une bonne foration, et que les constats qu'il peut faire lors de la réalisation des forages sur les caractéristiques du massif rocheux peuvent être déterminantes pour éviter les risques de projection lors du tir. Bien rendre compte du travail réalisé est l'une des qualités principales du foreur. Grâce à son travail rigoureux, on peut aujourd'hui confier à Nicolas la foration sur des chantiers difficiles, où il faut réaliser des tirs de mine à proximité d'habitations par exemple.

Un autre attrait du métier de foreur pour Nicolas Ripault est la diversité des chantiers rencontrés :

Formation préalable à l'embauche – Nicolas Ripault			
Semaine n°	Nombre d'heures	Programme	Accompagnateur
1	35	Familiarisation avec les activités de l'entreprise	Conducteur de travaux
2	35	Initiation à la foration : connaissance du matériel, règles de conduite, consignes de sécurité, maniement de la foreuse, maintenance du matériel, contrôle du travail effectué, documents de suivi	Chef de chantier Foreur
3	35		
4	35	Entretien et maintenance du matériel, diagnostic des pannes, réglages du matériel, connaissance et adaptation des équipements de foration, entretien et affûtage des équipements de foration	Chef d'atelier
5	35		
6	35	Perfectionnement sur chantier foration technique hors trou	Chef de chantier Foreur
7	35	Perfectionnement sur chantier foration technique fond de trou	Chef de chantier Foreur
8	35	Initiation au minage : connaissance des produits, mise en œuvre, règles de sécurité	Chef de chantier
9	35	Perfectionnement sur chantier : tir électrique, tir non électrique, matériel de mesure et de contrôle	Chef de chantier
10	35	Elaboration de plans de forage, de tir et d'amorçage - Chantiers de difficulté faible	Chef de chantier
11	35	Elaboration de plans de forage, de tir et d'amorçage - Chantiers de difficulté courante	Chef de chantier
12	35	Formation externe : Certificat de préposé au tir	Nobel Explosifs France
13	35	Formation externe : Certificat d'aptitude à la conduite d'engin en sécurité	CESR / ECF
Total	455 h		

Tableau I

Programme de formation suivi par Nicolas Ripault
Training programme followed by Nicolas Ripault

- diversité géographique puisque depuis qu'il a été embauché, il a été amené à travailler sur des chantiers partout en France (et pourquoi pas à l'avenir à l'étranger);
- diversité géologique avec des natures de terrain différentes d'un site à l'autre;
- diversité des applications qui vont du forage en carrière pour des tirs de grosse production aux différents types de chantiers de travaux publics (terrassements routiers, tranchées, confortement, drainage vertical, sondages destructifs, etc.).

Enfin, et c'est une constante dans l'activité des travaux publics, le travail à l'air libre et le fait de participer à la construction d'un ouvrage sont particulièrement satisfaisants; et ce d'autant plus quand l'ouvrage revêt un caractère prestigieux (comme le chantier de terrassement des travaux préparatoires de l'EPR Flamanville 3, où Foremine intervient en forage).

■ Et demain ?

Pour confirmer la formation interne de foreur, Nicolas Ripault a maintenant la possibilité de se présenter au CQP de foreur, récemment mis en place par le biais du Synduex, qui lui donnera en quelque sorte un diplôme dans un métier où il n'existe pas à proprement parler de formation scolaire spécifique (cf. article précédent). Ensuite, son évolution professionnelle dépendra de ses compétences et de sa motivation. Vers l'activité minage (qui faisait partie de son programme de formation préalable), pour laquelle les qualités requises sont similaires : calme, patience, sens des responsabilités, précision, et où une bonne expérience du forage est très appréciable. Cela ira de la conception du plan de tir à la mise en place des explosifs dans les forages et à l'exécution du tir. Et plus tard peut-être vers un poste de chef de chantier quand il aura acquis une vision globale de l'activité forage minage (photo 3).

■ Conclusion

L'activité forage-minage n'échappe pas aux difficultés de recrutement auxquelles est confronté l'ensemble du secteur des travaux publics. La solution de la formation préalable à l'embauche a été très satisfaisante dans le cas de Nicolas Ripault, pour un métier qui s'apprend encore aujourd'hui essentiellement sur le terrain.

C'est une illustration positive d'une des mesures pour l'emploi que propose l'ANPE, notamment dans le cadre du recrutement des jeunes, et qui semblent encore mal connues par beaucoup d'entrepreneurs. ■

L'ANPE : partenaire des entreprises de TP

Cette adaptation au poste de foreur montée par l'ANPE de Flers est une illustration de ce que nous pouvons faire pour répondre aux besoins de recrutement.

D'autres dispositifs ciblés et adaptés à la situation de chaque entreprise peuvent être mis en œuvre, en voici quelques exemples.

Vous souhaitez vérifier sur le terrain les aptitudes d'un candidat à un poste spécifique : nous vous proposons une évaluation préalable au recrutement (EMTPR). Il s'agit d'une mise en situation réelle dans votre entreprise, pendant 40 heures maximum. Cette évaluation est gratuite pour l'entreprise. Le demandeur d'emploi est couvert par une convention signée avec vous et l'ANPE.

Le candidat a besoin d'acquérir des compétences complémentaires : nous proposons de mettre en place une action préparatoire au recrutement (APR). Cette action permet au candidat d'acquérir les connaissances nécessaires pour s'adapter au poste de travail que vous proposez. Il s'agit d'une formation au sein de l'entreprise ou dans un centre de formation, d'une durée d'un à trois mois (450 heures maximum). Vous bénéficiez durant cette période d'une aide de 3€ par heure de formation. La rémunération du demandeur d'emploi est également prise en charge dans le cadre de cette action préparatoire au recrutement.

En contrepartie, à l'issue de cette période de formation, vous vous engagez à recruter le candidat en CDI ou CDD de 6 mois minimum.

Concrètement comment faire ? Contactez l'ANPE locale. Un conseiller professionnel vous aidera à sélectionner le candidat, établir le plan de formation, monter la convention.

L'ANPE s'adresse à des candidats bénéficiant d'une indemnisation Assedic, l'APR s'adresse aux candidats non indemnisés.

Vous souhaitez recruter en nombre : testez la méthode de recrutement par simulation.

Cette méthode permet de recruter en sortant des critères habituels d'expérience et de diplôme. Particulièrement adaptée à des recrutements de 10 personnes et plus, cette méthode est basée sur des exercices créés sur mesure et recréant par analogie les conditions du poste de travail. Il s'agit d'un ensemble de tâches concrètes. L'objectif est de repérer des capacités et habiletés transférables aux postes de travail proposés.

Voici quelques exemples de ce que l'ANPE peut vous proposer dans le cadre de vos recrutements : analyse de poste, diffusion locale ou nationale de votre offre d'emploi, recherches de candidats, évaluation des compétences, adaptation au poste de travail, contrats aidés, suivi dans l'emploi... Tous les services sont gratuits.

Pour en bénéficier, rendez-vous sur : www.anpe.fr espace employeur. Vous pourrez déposer vos offres d'emploi en ligne ou accéder à la banque de profils 24 heures sur 24.



Catherine Pernel
Conseillère à l'ANPE de Flers

La formation des foreurs

Point de vue d'un fournisseur

L'offre concernant la formation des foreurs peine à se développer. Le constat est là et les sociétés qui ont mis en place ce type de formation le savent bien : le succès n'est pas assuré et les sessions ne sont pas pleines.

Et après tout ! Il faut bien avouer que les obligations de formation concernant les réglementations liées à la sécurité des personnes, ou l'utilisation des explosifs, sont déjà lourdes. Les entreprises y consacrent beaucoup de temps et une part importante de leur budget. Il faut aussi reconnaître que face à la pénurie de main-d'œuvre sur le marché, les foreurs restent rarement inoccupés. Respecter les règles de contingentement d'heures supplémentaires ou de forfaits annuels d'heures est déjà difficile, et dans ce contexte, trouver une semaine de formation est un véritable casse-tête. Enfin, nul ne peut contester que dans nos métiers, l'expérience est une valeur clé. Le temps et le terrain n'offrent-ils pas la meilleure des formations ?



Je ne l'ai jamais cru, et maintenant encore moins que jamais.

Le manque de filières de formation initiales renvoie la charge de la formation aux entreprises de forage et minage.

Depuis 10 ans déjà nous formons des foreurs et ce, de façon plus intensive ces dernières années. Nous sommes toujours impressionnés par le retour positif de ces sessions.

À l'attention des foreurs-mineurs, nous avons développé au fil des demandes de nos clients quatre stages qui répondent à des besoins différents :

- apprendre ou s'améliorer en tant qu'opérateur pour forer efficacement, et optimiser le prix de revient du mètre foré. Cet objectif passe par l'acquisition de réelles compétences concernant les foreuses, leur

entretien, comment les utiliser sans les faire souffrir, comment les régler, quand appeler à l'aide... ;

- se perfectionner dans la maintenance, le diagnostic et la réparation d'une foreuse. Ce stage répond à des objectifs d'amélioration des taux de disponibilité des machines. Son contenu est axé sur la maîtrise de la maintenance préventive, l'utilisation des documents techniques, le processus de diagnostic et l'analyse de la gravité des incidents ;
- acquérir des compétences dans le choix et la gestion des outillages. L'objectif de ce stage est de donner au foreur des compétences qui lui permettront de choisir ses outils au mieux en fonction de la géologie rencontrée et des performances de sa machine. Cette formation a également pour objet d'aider le foreur à s'organiser pour mesurer ses performances et pouvoir comparer les différentes solutions mises en œuvre. L'un des thèmes centraux de cette formation est de savoir arbitrer en toute connaissance de cause entre vitesse de forage et réduction des coûts au mètre foré ;
- utiliser efficacement les enregistreurs de paramètres de forage. Ce stage permet au foreur de manipuler correctement un enregistreur de paramètres et lui apporte des solutions aux incidents d'utilisation les plus courants. Cette formation lui apprend également à récupérer et traiter les données pour effectuer des tirs prenant en compte ces paramètres ou pour lui permettre de gérer les opérations de forage.

Ces quatre modules s'inscrivent tous dans le cadre du CQP Foreur promu par le Synduex.

Par ailleurs, en liaison avec l'AFT IFTIM, nous animons des sessions de préparation au CACES 2 pour les foreuses, l'AFT IFTIM se chargeant de l'organisation de l'examen à proprement parler.

Quelle expérience retirons-nous de ces sessions de formation ?

Au risque de surprendre, commençons par souligner combien ils nous apportent à nous car ce sont de superbes occasions de bénéficier du retour, des idées et des commentaires d'utilisateurs de matériels. C'est donc pour notre entreprise une source d'amélioration des services ou des matériels que nous proposons à nos clients.

Les évaluations des participants, de leurs responsables ou des formateurs doivent nous amener à souligner les intérêts directs très clairs que présentent ces formations.

Citons tout d'abord la réduction des coûts de maintenance. L'écart qui existe entre les calculs théoriques faits par les constructeurs de foreuses et la réalité des coûts de maintenance est significatif.

est-elle vraiment une priorité ?



Hervé Cohade
Eurofor
Président

Ainsi, un opérateur bien formé permet de le réduire considérablement. L'ordre de grandeur de cet écart peut atteindre 5 euros de l'heure voire plus. Mieux on comprend sa machine, plus on est capable de la maintenir quotidiennement. Lorsque nous montrons aux foreurs des échantillons de pièces endommagées par manque de graissage ou parce que la machine n'a pas été arrêtée au premier symptôme de panne, et lorsque nous leur montrons les montants des factures de réparation correspondants, nous avons toujours des réactions fortes.

Notre expérience nous conforte chaque jour dans l'idée qu'un foreur formé est également bien placé pour réduire les temps d'arrêts pour panne. Les machines sont de plus en plus sophistiquées et leur réparation peut s'avérer très simple à distance. En revanche, la phase de diagnostic requiert un niveau de dialogue avec les services après-vente de plus en plus pointu. Savoir participer au diagnostic téléphonique permet d'éviter des heures et parfois des jours d'arrêts.

Enfin, les effets directs des formations reçues portent sur le réglage des machines et chacun sait que le réglage d'une foreuse est un élément clé de sa performance.

Si les effets directs des formations sont simples à observer, il ne faut pas pour autant en ignorer les effets indirects. Parmi ceux-ci, le surcroît de valorisation et de motivation pour les participants est très important.

Il devient difficile d'embaucher et conserver des salariés de bon niveau sans leur offrir autre chose que de bons salaires. De nombreuses études sociologiques montrent que les salariés les plus performants souhaitent progresser et être valorisés tout au long de leur carrière. J'ai déjà entendu dire le contraire au sens qu'un salarié bien formé accroît son employabilité sur le marché du travail. Notre propre expérience tend à montrer que plus nous formons nos propres salariés, plus ils sont fidèles – à condition toutefois que les formations choisies correspondent autant au besoin ressenti par le salarié qu'à l'idée de sa hiérarchie. C'est une des raisons pour laquelle notre budget formation avoisine 4 % de notre masse salariale (pour une cotisation obligatoire de 1,6 %).

Notre plaidoyer pour la formation ne serait pas complet sans évoquer le contexte réglementaire et financier de la formation professionnelle.

Les formations que nous avons mentionnées peuvent entrer dans le cadre des prises en charge du plan de formation ou peuvent être considérées comme périodes de professionnalisation. Le choix de l'un ou l'autre de ces statuts se fait au moment du montage du dossier selon les crédits déjà consommés sur l'un ou l'autre de

ces chapitres. Dans le cadre du plan de formation, peuvent être pris en charge par l'AREF, les coûts pédagogiques mais également les salaires des salariés formés et leurs frais de déplacement. Considérer nos formations comme périodes de professionnalisation risque de réduire la nature des charges remboursées puisque dans ce cas, un forfait de 23 euros de l'heure de formation s'applique, mais permettra à l'inverse, d'accéder à des crédits supplémentaires lorsque le budget du plan de formation est épuisé. Cette gymnastique suppose d'entretenir un dialogue privilégié avec votre OPCA.

L'OPCA BTP retient parmi ses priorités pour 2007 les actions d'adaptation aux évolutions technologiques et par conséquent nos formations y sont éligibles et peuvent ouvrir accès à un financement sur le « 0,5 % priorités de branche ».



Qu'en retenir? Simplement que le financement des formations ne doit pas être un frein car il existe de nombreuses solutions de prises en charge. Les organismes de formation autant que les AREF savent vous conseiller et pourront le cas échéant, vous faire bénéficier des fonds mutualisés lorsque votre investissement dépasse vos cotisations.

Depuis des années, notre société est présente à la fois comme organisme de formation et comme prestataire de services techniques sur des foreuses, et ces deux expériences convergent fortement vers la nécessité d'accroître l'effort de formation des foreurs sans aucune réserve.

La formation des foreurs est-elle vraiment une priorité? Point de vue d'un fournisseur



Il faut toutefois souligner que la réussite dans ce domaine tiendra à la volonté sans faille des dirigeants de considérer l'effort de formation comme une priorité, notamment au niveau des plannings. Ceux qui considèrent que la formation doit se faire quand l'activité est basse (c'est-à-dire du 3 au 10 janvier de chaque année!) ne pourront pas satisfaire les impératifs d'une véritable politique de formation.

Nous pensons aussi utile de souligner qu'il faut veiller, par exemple lors des entretiens annuels rendus obligatoires par l'accord national interprofessionnel du

5 décembre 2003, et la loi du 4 mai 2004 relative à la formation professionnelle tout au long de la vie, à impliquer le salarié dans le choix des formations auxquelles il devra participer, car s'il est motivé, cette formation lui sera plus profitable que si elle lui est imposée.

Les impératifs humains comme l'évolution des techniques et les contraintes de rentabilité d'exploitation rendent nécessaire le développement des actions de formation pour les foreurs. ■