

# GUIDE

## d'utilisation des explosifs en Travaux Publics



Syndicat national des entrepreneurs de Travaux Publics  
spécialisés dans l'utilisation de l'explosif







# Remerciements

Au vingtième siècle, le métier du minage était régi par des règles empiriques.

Au cours de la dernière décennie, en complément de l'évolution des produits et des techniques de tir, le développement de la métrologie et des logiciels dédiés à la conception des plans de tir ont permis à notre profession de faire de fantastiques progrès.

Dans un contexte environnemental et réglementaire complexifié, la conception des plans de tir non standard doit impérativement être confiée à des ingénieurs et/ou des spécialistes pluridisciplinaires capables de maîtriser toutes les difficultés de cet exercice.

En effet, la conception de ces plans de tir nécessite des connaissances dans les domaines aussi variés que l'informatique, la géologie, la géotechnique, la détonique, l'acoustique, la statistique, l'analyse des risques, les études de sécurité, les études de danger, les vibrations et parfois la trajectographie.

C'est pourquoi, ce guide est le résultat d'un travail d'équipe, fruit d'utilisateurs d'explosifs et d'experts reconnus de la profession, et ce dans tous les domaines particuliers.

Nous remercions donc :

Tous ceux et celles qui ont contribué à sa rédaction et à sa relecture.

Tous ceux et celles qui ont participé par leurs conseils avisés ou leurs remarques pertinentes.

Leur volonté de collaborer et de partager leurs compétences et connaissances ainsi que leur passion ont rendu l'édition de ce guide possible.

Enfin, nous remercions également les organisations et Syndicats suivants :

la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP),

l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES),

le Groupe Français de l'Energie Explosive (GFEE),

le Syndicat National des Entreprises de Démolition (SNED),

le Syndicat des Fabricants d'Explosifs, de Pyrotechnie et d'Artifices (SFEPA),

ainsi que les consultants et spécialistes impliqués dans nos débats.



# Présentation

Le Syndicat National des Entrepreneurs de Travaux Publics Spécialisés dans l'Utilisation de l'Explosif (**SYNDUEX**) a été créé en 1990. Il fait partie des 18 syndicats de spécialité de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP).

Le syndicat défend la profession et représente ses adhérents auprès de tous les organismes publics et privés concernés par le domaine. Il se pose comme une véritable force de proposition pour atteindre de multiples objectifs :

- Promouvoir ses activités et les métiers du forage/minage auprès des jeunes et des pouvoirs publics.
- Former le personnel à l'évolution rapide de ses métiers, partager les bonnes pratiques et contribuer à la mise en application des règles de sûreté, de sécurité et de protection environnementale.
- Partager son expérience pour défendre les intérêts de la profession vis-à-vis de l'évolution réglementaire européenne et nationale.
- Représenter la profession lors des grandes manifestations nationales organisées par la FNTP, l'industrie minière, le GFEE, le SNED ou le SFEPA...

Dans cette démarche, le **SYNDUEX** entretient des relations avec l'ensemble des intervenants de la profession (fabricants de matériel et d'explosifs, ingénieurs conseils, maîtres d'ouvrage, laboratoire de l'équipement, ministères concernés, organismes de formation ; autres syndicats ou organismes français et européens travaillant dans le domaine des explosifs...).

Depuis sa création, le **SYNDUEX**, sous la houlette de ses Présidents successifs Monsieur FOUILLAND (1990-1995), Monsieur TOMASI (1995-2004), Monsieur MARCHAL (2004-2012) et Monsieur CAPPELLO (depuis 2012), a toujours valorisé et porté haut les bienfaits du travail collaboratif.

C'est pourquoi, vous trouverez également dans ce guide des liens vers d'autres guides techniques rédigés par d'autres professionnels et utilisateurs de la filière explosif civil.

[www.synduex.com](http://www.synduex.com)

# Edito



## Mot du président Philippe Cappello

**Notre profession s'organise et se modernise pour relever les défis du monde contemporain. Riche de son expérience et de ses membres passionnés, elle a su, au cours du temps, démontrer sa capacité d'adaptation et ses facultés d'innovation.**

### **POUR CE FAIRE, LA PROFESSION A INTÉGRÉ PLUSIEURS PARAMÈTRES, AUSSI BIEN ENDOGÈNES QU'EXO-GÈNES, À SAVOIR :**

- Les conséquences des modifications de la réglementation sur les explosifs liées aux attentats de Madrid du 11 mars 2004 (voir la directive 2014/28/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché et le contrôle des explosifs à usage civil, portant sur le marquage unique et le traçage des produits).
- La métrologie dans le process de minage et ce dès l'implantation des trous de mines. Cette méthode permet, entre autre, la géolocalisation des foreuses, la prise de mesure in situ, les calculs en 3D. Effectivement, l'utilisation de drones et le traitement des orthophotos ouvrent le champ des possibles : mesure de la fragmentation, modélisation des pistes, prise en compte de l'évolution des fronts, calculs de volumes et de surface...
- Les nouvelles techniques d'amorçage (détonateurs électroniques, booster...).
- Des produits explosifs plus sûrs et plus performants (substitution des dynamites par des émulsions sensibilisées par des billes de verre).
- La fabrication d'explosifs sur site (à ciel ouvert ou en souterrain) grâce à des Unités Mobiles de Fabrication (UMFE) permettant de faire varier la densité des produits mis en œuvre.
- Les outils de simulation des tirs, et ce dès la conception des plans de tirs (calcul à énergie constante, études de trajectographie, calcul de séquences de mises à feu...).
- Des technologies de modélisation, comme le BIM (Building Information Modeling) qui s'appuie sur des maquettes numériques, pour estimer des conséquences prévisibles, et ce depuis la conception du projet.
- La numérisation des données permettant l'optimisation de la chaîne de production grâce à des plateformes d'échange collaboratives entre différents spécialistes (minage, chargement/transport, concassage, vibration...).



## L'époque de Germinal est donc résolument révolue !

Pour autant, l'utilisation de l'explosif reste dans l'imaginaire collectif une méthode archaïque et dangereuse, alors que les évolutions technologiques précitées rendent cette solution plus sûre, plus efficace et plus économique.

D'ailleurs, nos spécialistes sont amenés à réaliser au quotidien des opérations de micro-minage en milieux urbains. La réglementation qui encadre l'utilisation des explosifs ainsi que la puissance des produits nécessitent une mise en œuvre exclusivement opérée par des spécialistes habilités, formés et capables d'en appréhender toutes les possibilités en considérant le risque environnemental (sécurité des personnes et des biens) et de sûreté.

Quelques notions apprises pendant le cursus scolaire, ou l'obtention d'un certificat de préposé au tir, ne donnent qu'une vue très limitée du champ des possibilités de notre profession et des règles qu'il est indispensable de respecter. L'utilisation d'explosifs exige une pratique quotidienne, que ce soit pour la conception ou la mise en œuvre : il ne viendrait à l'idée de personne de prétendre connaître le terrassement pour avoir été quelques instants aux commandes d'une pelle ou d'une niveleuse.

En effet, le métier de mineur ou de boutefeu nécessite des compétences pluridisciplinaires, de la rigueur, de l'exigence, et de l'altruisme pour toujours se soucier de la qualité et de la sécurité dans un environnement de plus en plus complexe et différent, dépendamment des chantiers de travaux public.

### **Ce guide ne doit, en aucun cas, être considéré comme un mode d'emploi exhaustif.**

Il est destiné à informer les donneurs d'ordre de la profession, Maîtres d'Ouvrages, Maîtres d'Œuvres et Entreprises Générales, qui y trouveront les éléments essentiels leur permettant d'apprécier les solutions possibles liées à l'utilisation de l'explosif, et de rédiger des cahiers des charges mieux élaborés en prenant en compte, dès la phase projet, ce type d'intervention.

Il présente les techniques de minage actuelles, le cadre normatif dans lequel ces techniques doivent être mises en œuvre ainsi que les exigences (de sécurité, sûreté et protection de l'environnement) auxquelles elles sont soumises.

Puisse-t-il seulement permettre d'ouvrir un dialogue authentique entre les utilisateurs d'explosif et leurs donneurs d'ordres afin d'examiner tous les services qu'offre ce moyen extraordinairement puissant et divers.

En effet, sous réserve d'être bien maîtrisée, l'utilisation des explosifs est comme dit précédemment :

**Conscient du manque d'information sur son métier, le SYNDUEX a élaboré ce nouveau guide. Son objectif est de donner un aperçu des potentialités offertes par l'utilisation des explosifs, de limiter son emploi dans l'état des connaissances techniques actuelles, et enfin de rappeler les règles essentielles à son utilisation et sa traçabilité.**

- la solution la plus efficace y compris d'un point de vue environnemental pour extraire des matériaux rocheux dont la résistance à la compression est supérieure à 50 MPa ;
- la solution généralement la plus économique car comparativement aux autres solutions alternatives de déroctage (BRH, fraises, dents de déroctage), elle permet de réaliser ces travaux à une cadence nettement supérieure. Le délai global et donc le coût du projet sont réduits par l'utilisation de ce procédé.

Maîtriser ce concentré d'énergie libéré par la détonation est une affaire de spécialistes et les identifications professionnelles (IP) spécialité MINAGE (2361, 2362, 2363, 7622 et 1522) de la FNTP sont à ce jour les seuls « labels » permettant de garantir une réalisation conforme aux engagements de notre profession.

Dans le but d'amorcer un nouveau dialogue avec nos donneurs d'ordre, nous les engageons à mieux qualifier leurs appels d'offres en faisant référence, pour tous leurs projets nécessitant un déroctage à l'explosif, à ces identifications professionnelles.

Nous les invitons également à ne pas exclure l'utilisation des explosifs, en phase de conception du projet par crainte de difficultés techniques ou environnementales, sans analyse rigoureuse.



## **>>** Avertissement

**Ce guide reflète l'état des connaissances scientifiques, techniques et réglementaires connues lors de sa rédaction. Il n'est en aucun cas exhaustif et chaque opération de minage dans un massif par définition hétérogène et anisotrope doit être adaptée par le concepteur.**

**Le Synduex n'intervenant pas dans les choix techniques et/ou leur mise en œuvre, aucune responsabilité ne saurait incomber à notre syndicat et/ou personnes ayant contribué à la rédaction de ce guide en cas d'une application erronée, ou d'une mauvaise interprétation technique ou réglementaire.**

**Ce guide étant destiné à évoluer, nous remercions d'avance toute personne et/ou organisme qui permettrait l'évolution de ce document grâce au partage de leur retour d'expérience.**

# >> Sommaire

<b>1</b>	<b>PRÉAMBULE</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>LES PRINCIPAUX INTERVENANTS DANS LES OPÉRATIONS DE MINAGE</b>	<b>15</b>
>>	<b>2.1</b> Maître d'ouvrage	15
>>	<b>2.2</b> Maître d'œuvre	16
>>	<b>2.3</b> Coordonnateur SPS	17
>>	<b>2.4</b> Entreprise principale	18
>>	<b>2.5</b> Entreprise spécialisée en minage	18
>>	<b>2.6</b> Bureaux d'étude et de contrôle	18
>>	<b>2.7</b> Les institutions	18
	2.7.1 Les ministères	18
	2.7.2 Le Préfet	19
	2.7.3 Le maire	19
	2.7.4 Les services de police compétents (gendarmerie ou police nationale)	19
	2.7.5 Les concessionnaires	19
	2.7.6 DREAL et équivalent régional	19
	2.7.7 Autres organismes	19
<b>3</b>	<b>LES PRINCIPAUX TYPES DE TIR ET LEURS DOMAINES D'APPLICATION</b>	<b>21</b>
>>	<b>3.1</b> Les tirs en grande masse	21
	3.1.1 Tirs d'abattage	21
	3.1.2 Tirs en nappe	22
>>	<b>3.2</b> Les tirs en petite masse	22
>>	<b>3.3</b> Les tirs en sites sensibles / micro-minage	22
>>	<b>3.4</b> Le découpage des talus	23
>>	<b>3.5</b> Les tirs en tranchée	24
>>	<b>3.6</b> Les tirs en travaux souterrains	24
>>	<b>3.7</b> Les travaux en montagne	26
>>	<b>3.8</b> Les travaux en falaise (purge et sécurisation)	26



>> 3.9	Les tirs en site maritime ou fluvial	27
>> 3.10	Les démolitions	28
>> 3.11	Les tirs en masse chaude	29
>> 3.11	Les tirs spéciaux	9

## **4 LA FORATION** ..... 31

>> 4.1	Les matériels	31
>> 4.2	La qualité des trous	32
>> 4.3	Le choix des taillants et l'affûtage	33

## **5 LES PRODUITS EXPLOSIFS ET SYSTÈMES D'AMORÇAGE À USAGE CIVIL** ..... 35

>> 5.1	Les produits explosifs civils	35
5.1.1	Les explosifs fabriqués en usine	35
5.1.2	Les explosifs détonants fabriqués sur site	37
5.1.3	Comparatif sommaire des produits explosifs	38
5.1.4	Cas particulier : les cartouches pyrotechniques de déroctage (classées en P2)	39
>> 5.2	Les systèmes d'amorçage pour l'application civile	39
5.2.1	Principe de fonctionnement des amorces	39
5.2.2	Caractéristiques des systèmes d'amorçage (détonateurs)	39
5.2.3	Les différentes familles de détonateurs et systèmes de mise à feu	40
5.2.4	Le cordeau détonant, un autre dispositif d'amorçage	43

## **6 PRÉPARATION DU PROJET ET CONSULTATION DES ENTREPRISES DE MINAGE** .. 45

>> 6.1	Les études préalables spécifiques du minage à réaliser par le maître d'ouvrage et les phases de concertation	45
>> 6.2	Transcription du projet en spécification pour la consultation des entreprises (DCE)	45
>> 6.3	Visite préalable des entreprises spécialisées minage	47
>> 6.4	Jugement administratif et technique de l'offre	47
6.4.1	Identification Professionnelle	47
6.4.2	Offre technique avec prise en compte des spécifications	47

## **7 LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES ET AUTRES EXIGENCES APPLICABLES AUX TRAVAUX À L'EXPLOSIF** ..... 49

>> 7.1	Hierarchisation et principes d'application des textes	49
--------	---	----

>>	<b>7.2</b>	<b>Sûreté et sécurité</b> .....	49
	7.2.1	Les principes généraux de prévention.....	49
	7.2.2	Marquage et traçabilité : des obligations réglementaires.....	50
	7.2.3	Acquisition des explosifs.....	51
	7.2.4	Circulation des explosifs.....	52
	7.2.5	Transport des explosifs.....	52
	7.2.6	Stockage des produits explosifs.....	52
	7.2.7	Spécificité des UMFE.....	53
	7.2.8	Habilitation préfectorale et agrément de sûreté.....	53
	7.2.9	La formation.....	54
	7.2.10	Le permis de tir.....	54
>>	<b>7.3</b>	<b>Traitement des emballages</b> .....	55
>>	<b>7.4</b>	<b>Assurances</b> .....	55

## **8 LE DÉROULEMENT D'UNE OPÉRATION DE MINAGE** ..... 57

>>	<b>8.1</b>	<b>Les modalités administratives préalables aux travaux</b> .....	57
	8.1.1	Le formulaire de Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT).....	57
	8.1.2	Certificat d'Acquisition et utilisation dès réception (UDR).....	58
	8.1.3	Référé préventif/constat d'huissier.....	58
>>	<b>8.2</b>	<b>Document et procédure en phase de préparation de chantier</b> .....	58
	8.2.1	Evaluation des risques par domaine d'application (PPSPS ou PDP).....	58
	8.2.1.1	Les Travaux Publics.....	58
	8.2.1.2	Les Carrières.....	58
	8.2.1.3	Forage.....	59
	8.2.1.4	Transport et stockage éventuel des produits explosifs.....	59
	8.2.1.5	Mise en œuvre des produits explosifs.....	59
	8.2.1.6	Réalisation des tirs.....	59
	8.2.2	Le Schéma d'Organisation et de Gestion et d'Élimination des Déchets (SOGED).....	60
	8.2.3	Le Plan de Respect de l'Environnement (PRE).....	60
	8.2.4	Le Plan de Management de la Qualité (PMQ).....	60
>>	<b>8.3</b>	<b>La conception du tir</b> .....	61
	8.3.1	Étude et conception : les paramètres majeurs à prendre en compte pour le déroctage à l'explosif.....	61
	8.3.2	Les risques dus à l'énergie explosive dans l'environnement du projet.....	61
	8.3.2.1	Risques de projections.....	61
	8.3.2.2	Risques de déstabilisation de talus ou de structures.....	62
	8.3.2.3	Les vibrations.....	62
	8.3.2.4	Le bruit.....	64

8.3.3	Contraintes techniques .....	64
8.3.4	La conception du plan de foration .....	64
8.3.5	La conception du plan de chargement et d'amorçage .....	66
8.3.5.1	Choix des protections .....	66
8.3.5.2	Le choix des produits explosifs .....	67
8.3.5.3	Les méthodes d'amorçage .....	67
>>	<b>8.4</b> L'approvisionnement du chantier en produit explosif .....	68
8.4.1	Procédure de transport .....	68
8.4.2	Livraison et réception des explosifs sur le site .....	68
>>	<b>8.5</b> Mise en œuvre des explosifs : décomposition d'une opération de minage .....	68
>>	<b>8.6</b> Conception numérique du minage .....	69

## **9** ANALYSE COMPARATIVE DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE DÉROCTAGE..... 73

---

>>	<b>9.1</b> Analyse technique .....	73
>>	<b>9.2</b> Analyse environnementale .....	74
9.2.1	Analyse comparative minage et techniques alternatives (BRH, Fraise, Raboteuse minière, rippage, dent de déroctage) .....	74
9.2.2	Bruits, poussières et vibrations .....	75
>>	<b>9.3</b> Analyse comparative sécurité .....	75

## **ANNEXES** ..... 77

---

>>	<b>Annexe 1</b> : Lexique .....	77
>>	<b>Annexe 2</b> : Glossaire réglementaire (liste non exhaustive) .....	77
>>	<b>Annexe 3</b> : Liste (non exhaustive) à des textes et normes .....	79
>>	<b>Trombinoscope</b> des contributeurs au guide du SYNDUEX .....	80



# 1

## PRÉAMBULE

# PRÉAMBULE

**L'utilisation des explosifs dans les travaux de génie civil est très diversifiée : elle est destinée aux terrassements rocheux de voies de communication à ciel ouvert ou en souterrain (routes, voies fluviales, voies ferrées), aux creusements de fondations d'ouvrages d'art (barrages, ponts et centrales) et de bâtiments, aux aménagements portuaires, à la démolition et à certains emplois spéciaux, notamment dans la sidérurgie.**

L'utilisation la plus fréquente consiste en la réalisation d'excavations. Dans ce cas, les techniques de mise en œuvre dépendent principalement de la géométrie, du volume de matériaux à extraire ou à démolir et des contraintes d'environnement.

### **C'est ainsi que nous avons distingué :**

- les tirs en grande masse en travaux publics et en carrière,
- le traitement des talus rocheux,
- les tirs en tranchée,
- les tirs en travaux souterrains,
- les tirs en site maritime ou fluvial,
- les tirs de démolition,
- les tirs en masse chaude,
- les tirs spéciaux, travaux de montagne ou en falaise.



Ces différentes techniques seront succinctement présentées dans ce guide.

### **Comme toutes les techniques particulières, l'explosif n'est économiquement intéressant qu'employé judicieusement, par exemple :**

- en terrassement, là où les volumes en jeu et/ou la tenue mécanique des massifs rendent l'emploi de rippers ou de brise-roche inadapté pour des raisons de coût ou de délai,
- en souterrain, où les conditions de réalisation imposent ce procédé pour des raisons géologiques ou de délai.

Seuls les professionnels peuvent maîtriser la réglementation et les procédures spécifiques d'emploi de l'explosif qui demandent des compétences particulières.

### **Ces compétences, qui font l'objet de plusieurs chapitres de ce guide, sont :**

- la réglementation concernant l'acquisition et la mise en œuvre,
- la prise en compte de l'environnement,
- la prise en compte des contraintes de sûreté et de sécurité,
- les techniques particulières d'amorçage ou de fabrication sur site,
- l'adaptation des plans de tirs à la géométrie des terrains et au calibrage du rocher miné dans le respect des contraintes environnementales.



# 2

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS DANS LES OPÉRATIONS DE MINAGE

Il s'agit des acteurs traditionnels intervenants sur les chantiers de type travaux publics ou privés ; c'est-à-dire : le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre, les entrepreneurs, les institutionnels (États, collectivités territoriales, mairies, préfetures, gendarmerie, pompiers, DREAL, inspection du travail...), les bureaux d'études et de contrôle.

*Il est rappelé que les intervenants d'une opération de minage ont une obligation de discrétion et ne doivent pas divulguer d'informations pouvant porter atteinte à la sûreté, à la sécurité publique ou à la sécurité des personnes (détail des mesures de sûreté, lieu de stockage éventuels, détails sur les transports etc.).*

*Ces dispositions s'appliquent autant aux salariés des entreprises, du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre ainsi qu'aux services de l'État.*

### >> 2.1 Maître d'ouvrage

Dans l'organisation d'un projet, qu'il soit public ou privé, le maître d'ouvrage est le donneur d'ordre pour lequel le projet est réalisé, il agit pour son propre compte et conclut un ou plusieurs contrats en vue de réaliser son projet. Il définit les objectifs, le calendrier, le budget et est le garant de la sécurité du projet.

À défaut de compétence dans un domaine donné le maître d'ouvrage peut confier à un tiers « le maître d'ouvrage mandaté ou délégué » l'exercice, en son nom et pour son compte, de tout ou partie des attributions de la maîtrise d'ouvrage.

Le maître d'ouvrage (ou maîtrise d'ouvrage, notée MOA) est donc la personne morale, privée ou publique pour le compte de laquelle est réalisé l'ouvrage. Il en est le commanditaire et celui qui en supporte le coût financier seul ou avec des partenaires.

**Toutefois, le maître d'ouvrage n'est pas soumis aux mêmes règles selon qu'il est public ou privé :**

- les marchés publics sont soumis pour leur passation au code des marchés publics,
- pour leur exécution, les marchés publics rendent généralement contractuel le CCAG TRAVAUX,
- le régime des marchés privés laisse le maître d'ouvrage libre de consulter et de choisir les intervenants et les entreprises pour la réalisation de son projet. Il peut être fait référence à la norme NFP 03-002.



## >> 2.2 Maître d'œuvre

Le maître d'œuvre (ou la maîtrise d'œuvre) est une personne physique ou morale désignée par le maître d'ouvrage et chargée de la conduite opérationnelle du projet.

Il peut s'agir d'un service technique d'une collectivité, d'une mairie, d'un architecte possédant les compétences, d'un bureau d'ingénierie...

**Dans tous les cas il doit posséder l'expérience nécessaire (donc avoir des références), les assurances, pour diriger cette opération.**

**Ses missions sont (la présente liste est non exhaustive) :**

- concevoir éventuellement le projet, s'il est lui-même ingénieur spécialisé dans le domaine du projet (sinon ce rôle est dévolu à un bureau d'études extérieur),
- assister le maître d'ouvrage dans les démarches administratives et réglementaires préalables au démarrage des travaux (permis de construire, demande d'autorisation...),
- assister le maître d'ouvrage dans l'élaboration des pièces du marché et rédiger le cas échéant le dossier de consultation des entreprises (DCE),
- assister le maître d'ouvrage dans la sélection des entreprises en fonction de la spécificité des travaux, du délai mais également de la capacité technique et financière de celle-ci à réaliser ces travaux,
- suivre les travaux et en contrôler leur bonne exécution conformément aux dispositions du marché,
- entériner les situations travaux et en vérifier le paiement,
- procéder à la réception.

Le maître d'œuvre joue donc un rôle essentiel d'interface entre le client et les entreprises et ce dès l'analyse des offres car c'est lui qui est à l'origine du cahier des charges.

Il propose au maître d'ouvrage l'attribution aux entreprises de tout ou partie des travaux et en suit la bonne exécution jusqu'à la réception, étant responsable des délais et des budgets selon les modalités du cahier des charges.

Le choix de l'entreprise adjudicataire appartient exclusivement au maître d'ouvrage, le maître d'œuvre ayant un devoir de conseil. La proposition du choix de l'entrepreneur (ou des entrepreneurs) se fait à partir d'une consultation formalisée où, sur la base d'un cahier des charges, le titulaire faisant l'offre la plus adaptée est choisi par le maître d'ouvrage sur proposition du maître d'œuvre compte tenu d'éléments matériels concrets et selon des règles définies dans le règlement de la consultation.

Pour les marchés publics, les relations entre la maîtrise d'ouvrage et le maître d'œuvre sont définies, par la loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 (loi MOP) relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée. Ses décrets d'application définissent les éléments de mission, dits « de base » ou « complémentaires ».

**Les missions de bases sont :**

- les études de diagnostic (DIA),
- les études d'esquisse (ESQ),
- les études d'avant-projet (AVP),
- les descriptifs quantitatifs estimatifs (DQE),
- les études d'avant-projet sommaire (APS),
- les études d'avant-projet définitif (APD)],
- les études de projet (PRO),
- l'assistance pour la passation des contrats de travaux (ACT),
- l'assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception (AOR) et la direction de l'exécution du ou des contrats de travaux (DET).

**Les missions complémentaires sont :**

- les études d'exécution (EXE),
- les missions d'ordonnement, de coordination et de pilotage du chantier (OPC).

En fonction de la complexité du projet le maître d'œuvre peut faire intervenir des bureaux d'études techniques (BET).





## >> 2.3 Coordonnateur SPS

Il est nommé par le maître d'ouvrage dès la conception du projet afin d'assurer la sécurité entre les différents intervenants pendant toute l'opération.

Son intervention ne modifie en rien les responsabilités des autres acteurs, notamment celles du chef d'entreprise sur la sécurité.

**Le tableau ci-dessous détaille la mission du coordonnateur aux différentes phases d'un projet.**

	PROGRAMME	ESQUISSE	APS	APD	PROJET	DOSSIER CONSULTATION	CONSULTATIONS	ORDRES DE SERVICES	PHASE PRÉPARATOIRE	TRAVAUX	RÉCEPTION
<b>Phase conception</b>											
Ouverture du registre journal											
Mission CSPS conception										Membre du CISSCT	
Participer aux réunions de Conception											
Constitution DIUO								Mise à jour			
Visite de site											
Analyse des risques											
Avis sur APS											
Avis sur APD											
Avis sur projet											
Elaboration du PGC ou PGC simplifié											
Projet de règlement CISSCT											
Remise du PGC											
Mise en cohérence des pièces écrites (avec MO et MOE)											
Mise à jour éventuelle du PGC											
Assistance aux choix des entreprises											
<b>Phase réalisation</b>											
Mission CSPS réalisation											
Analyse des risques											
Inspections communes des premières entreprises											
Inspections communes											
Inspections communes avec le chef d'établissement (opération dans un site en exploitation)											
Réception des PPSPS des premières entreprises											
Réception des PPSPS											
Analyse des PPSPS et harmonisation											
Mise à jour éventuelle du PGC											
Visites et réunions de chantier											
Visites de chantiers inopinées											
Réunions du CISSCT (chantier niveau 1)											
Mise en à jour DIUO											
Remise au MO du DIUO et du PGC											

## >> 2.4 Entreprise principale

C'est l'entreprise titulaire ou l'entreprise mandataire du groupement titulaire du marché principal. Elle peut réaliser elle-même le minage si elle en a la compétence ou bien le

sous-traiter ou former un groupement (conjoint ou solidaire) avec une entreprise spécialisée en minage disposant des qualifications demandées et du savoir-faire.

## >> 2.5 Entreprise spécialisée en minage

C'est l'entreprise qui réalise les travaux de minage. Elle possède les compétences, les qualifications (voir chapitre IP 5.4. 1) et le personnel habilité et agréé (voir chapitre 6.2. 8 et 6.2.9) à la réalisation des travaux à l'explosif.

**L'entreprise de minage dispose en général de personnel en propre correspondant aux métiers suivants :**

- Foreur
- Aide-mineur
- Mineur
- boutefeu
- Chef de chantier/conducteur de travaux/personnel d'instrumentation et de mesure
- Concepteur plan de tir.

***Pour chaque tir, l'entreprise désigne nominativement un boutefeu parmi les mineurs (CPT) titulaires d'un permis de tir. Il est responsable du tir. Il peut être assisté par des mineurs et aide-mineurs.***



**LES MÉTIERS DU FORAGE-MINAGE**

**Plus d'informations sur les métiers sur le site internet du Synduex, rubrique Métiers.**

## >> 2.6 Bureaux d'étude et de contrôle

Ils disposent de personnel qualifié et spécialisé dans les activités de minage.

Ils peuvent intervenir à la demande des entreprises, du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage afin de définir des préconisations techniques (vibrations, surpressions...) ou de contrôler leur respect.



## >> 2.7 Les institutions

### > 2.7.1 Les ministères

Différents ministères (Intérieur, Industrie, Travail, Transport...) fixent les règles concernant la fabrication, l'importation, la

vente, le transport, l'acquisition, le stockage et l'utilisation de produits explosifs.

## > 2.7.2 Le Préfet

Les pouvoirs de police générale consistent à assurer le bon ordre. Ils appartiennent principalement au maire dans le cadre communal et au Préfet lorsque le champ d'application des mesures de police excède le territoire d'une commune.

### **Le Préfet est considéré comme le gardien de l'ordre public établi par la loi dans le département.**

Le Préfet est le supérieur hiérarchique du maire lorsque ce dernier exerce des attributions « au nom de l'État », notamment pour l'application et l'exécution de la réglementation, les

autorisations de minage, les mesures de sûreté publique. Il est également compétent pour mettre en œuvre les pouvoirs de police lorsque le chantier se situe sur le territoire de plusieurs communes.

Le Préfet de département du lieu où seront utilisés ou conservés les explosifs délivre les autorisations d'acquisition des explosifs et d'habilitation des personnels. Il coordonne les opérations aux niveaux de la police, de la protection civile, des pompiers et de tous les services de l'Etat éventuellement concernés par l'exécution des travaux.

---

## > 2.7.3 Le maire

Le maire intervient sous l'autorité du préfet. Il est parfois le maître d'ouvrage.

Il est obligatoirement informé de l'utilisation des explosifs sur le territoire de sa commune via les démarches administratives (voir chapitre 8.1).

---

## > 2.7.4 Les services de police compétents (gendarmerie ou police nationale)

Ils sont chargés de la réalisation des enquêtes de moralité nécessaires à la validation des habilitations et agréments de l'ensemble du personnel en lien avec l'activité minage.

---

## > 2.7.5 Les concessionnaires

Les différents concessionnaires de réseau (eau, énergie, téléphonie, réseaux de transport...) doivent impérativement être informés et consultés par le maître d'ouvrage et son maître d'œuvre en amont de l'opération : c'est l'objet des demandes de renseignement (DR).

Pendant la phase de préparation des travaux, les concessionnaires doivent répondre aux DICT (chapitre 8.1.1) transmises par les entreprises de travaux.

Les concessionnaires peuvent intervenir en phase conception à la demande du maître d'ouvrage ou en phase travaux pour étudier l'incidence éventuelle sur leurs installations et les mesures à mettre en place (protection, dévoiement, coupures provisoires...).

---

## > 2.7.6 DREAL et équivalent régional

Elle est sollicitée par le Préfet pour donner un avis sur les autorisations d'utilisation des explosifs.

---

## > 2.7.7 Autres organismes

Plusieurs organismes peuvent intervenir sur les chantiers au titre de la protection des salariés. C'est le cas de l'inspection du travail, du CARSAT, de l'OPPBT ou de la médecine du travail.

Ils sont invités au CISSCT (Collège Inter-Entreprises de Sécurité, de Santé et des Conditions de Travail).



# 3

## LES PRINCIPAUX TYPES DE TIR ET LEURS DOMAINES D'APPLICATION

### >> 3.1 Les tirs en grande masse

**Par définition, ce sont des tirs de volumes importants, c'est-à-dire de plus de 2000 m<sup>3</sup>. L'objectif premier est d'assurer la production d'échelons de terrassement et/ou concassage de forte capacité. La blocométrie est un critère essentiel à atteindre pour garantir la cadence de production souhaitée.**

Les tirs en grande masse, de par leur volume, l'utilisation de grandes mailles de foration, l'optimisation de l'explosif dans chaque trou, permettent l'obtention d'un minage dans des conditions économiques intéressantes. La répétition des opérations permet d'optimiser la consommation d'explosifs par m<sup>3</sup>, le nombre de mètres forés par m<sup>3</sup>, le diamètre de forage et la taille des tirs jusqu'à la réalisation du meilleur rapport qualité-prix.

Chaque opération de minage génère des vibrations sur l'environnement qui s'atténuent avec la distance. Les vibrations générées par ces tirs sont mesurées par des capteurs positionnés sur des structures proches. Elles sont proportionnelles à la charge unitaire instantanée (CUI), c'est-à-dire la charge d'explosifs qui détone dans un intervalle de temps donné. On prendra soin d'affecter à chaque trou de mine, une date différente de manière à ne pas faire détoner trop de

charges simultanément, ce qui aurait pour effet d'augmenter la CUI. Les systèmes de mise à feu séquentiels, non électriques ou électroniques permettent de tirer un nombre important de charges tout en maîtrisant les vibrations, et ainsi de pouvoir mettre à feu plusieurs tonnes d'explosifs dans un environnement relativement sensible.

Les tirs de grandes masses ont vu évoluer durant ces dernières années les techniques de forage et de chargement. Les engins de foration sont plus puissants et permettent de forer en diamètre plus gros, par conséquent avec des maillages plus importants. Les explosifs en vrac comme les émulsions fabriquées sur site se sont développés au profit de la sûreté et de la sécurité de mise en œuvre.

Quant à l'amorçage, il a évolué par le biais du système électronique qui apporte une fiabilité accrue et qui peut être nécessaire pour des tirs d'un tel volume.

#### > 3.1.1 Tirs d'abattage

C'est un tir réalisé avec un front de taille dégagé généralement de grande hauteur (limitée à 15 mètres) présentant les caractéristiques suivantes :

- hauteur de bourrage inférieure ou égale à l'épaisseur de banquette,
- nombre de rangées inférieur ou égal à 3,
- réalisation du tir uniquement après marouflage du tir précédent.



### > 3.1.2 Tirs en nappe

C'est un tir présentant plus de trois lignes, dont l'amorçage est systématiquement séquentiel et la profondeur généralement inférieure à 8 mètres. Le foisonnement se faisant verticalement,

le tir peut se faire sans marinage du tir précédent, notamment sur les tracés autoroutiers ou les lignes TGV.



*Ce type de tir est généralement utilisé en chantiers de Travaux Publics.*

## >> 3.2 Les tirs en petite masse

L'objectif du minage de petite masse est de réaliser des terrassements de très faibles volumes, ou de faible hauteur, de préférence à l'emploi d'un brise-roche hydraulique ou d'une trancheuse. Les tirs de petites masses ont l'avantage d'être plus rapides et plus économiques que d'autres procédés. Les paramètres sont très différents de la grande masse à commencer par la hauteur qui peut être de l'ordre de 2 m. Le maillage de foration est alors très serré, le nombre de détonateurs important ainsi que les heures de main d'œuvre ramenées au volume abattu.

Des précautions toutes particulières doivent être prises car ces tirs sont très souvent réalisés à proximité d'habitations. Les mesures à prendre concernent les vibrations, compte tenu de la distance proche, les projections, vis-à-vis desquelles il sera fréquent de couvrir les tirs de mine, ainsi que le bruit.

Afin de maîtriser la quantité d'explosifs mise en œuvre, les produits encartouchés seront favorisés.

## >> 3.3 Les tirs en sites sensibles / micro-minage

Les tirs en sites sensibles sont des tirs dans lesquels l'environnement proche ne peut supporter qu'un faible niveau de vibrations. Ce niveau est défini par la vitesse de propagation de la vibration dite aussi vitesse particulière, exprimée en mm par seconde et la fréquence associée exprimée en Hertz.

D'une façon générale, les basses fréquences sont plus destructrices que les hautes fréquences puisqu'elles induisent pour une même vitesse une amplitude plus importante. Pour ces tirs particuliers, il s'agit d'élaborer et d'ajuster sur place

un plan de tir permettant de rester dans les limites vibratoires définies par le cahier des charges. Ce dernier prescrit pour chaque ouvrage à surveiller des seuils exprimés en vitesse et en fréquence. Les plans de tirs sont définis après une série de tirs d'essais permettant de fixer pour chacun des sites la charge unitaire maximale en déterminant la loi de propagation.

Parfois, une ligne de trous rapprochés non chargés peut limiter la transmission de l'onde de choc dans les endroits très sensibles.

Les vibrations doivent être enregistrées et analysées à l'issue de chaque tir.

Le micro-minage consiste au déroctage de déblais rocheux à l'explosif avec utilisation d'une micro charge comprise entre 100g et 2 kg afin de ne pas engendrer de dégâts sur les structures avoisinantes. Le micro-minage peut être employé en lieu et place d'un brise roche hydraulique.

#### Lieu d'utilisation :

- en milieu urbain sous forte contrainte environnementale: création de parking souterrain, bâtiment, fouille en terrain rocheux...
- en falaise pour le déroctage de masse instable,
- en milieu exigu (usine, cave...) pour des travaux d'approfondissement inaccessibles à des engins de forte puissance (BRH).

#### Gain environnemental et productif par rapport à un brise-roche

Les nuisances vibratoires et sonores journalières sont réduites (environ ½ seconde contre 8 h de brise roche hydraulique) limitant ainsi la gêne occasionnée aux riverains.

Il permet également une augmentation du rendement journalier du volume terrassé (de l'ordre de 150 à 200 m<sup>3</sup>/jour tout type de roche confondu) et une homogénéité des rendements permettant une planification précise des terrassements.



Lycée hôtelier de MONACO.

## >> 3.4 Le découpage des talus

### Le découpage des talus peut se faire de deux façons, par pré-découpage ou par post-découpage

#### a) Le pré-découpage a pour objectifs essentiels

- de créer avant abattage une ligne de rupture dans le massif rocheux entre la partie à abattre et la partie restant en place,
- d'obtenir une découpe satisfaisante du terrain suivant le profil demandé.

La création de cette ligne tend à interrompre la propagation dans le massif rocheux de l'onde de choc résultant des tirs et par-là même la protection de la masse rocheuse restant en place.



Cette ligne de rupture est créée par une série de forages alignés, parallèles et rapprochés qui se charge avec de l'explosif réparti linéairement dans chaque trou.

L'entre axe (distance horizontale entre chaque trou vertical), est fonction de la nature de la roche et du type d'explosif. En général, cette distance est égale à dix fois le diamètre de foration. L'implantation topographique de la ligne de pré-découpage est indispensable.

La qualité d'un pré-découpage est fonction de l'entre axe et du parallélisme entre les forations ; l'inclinaison de cette foration doit être contrôlée ainsi que sa profondeur.

#### Les forages doivent être exécutés avec beaucoup de précision.

b) Le post-découpage, contrairement au pré-découpage, est réalisé après l'abattage en masse. Il consiste à conserver devant le talus définitif une banquette qui sera abattue ultérieurement. L'écartement des trous est supérieur à celui des trous de pré-découpage, les contraintes de foration sont identiques mais la charge linéaire est plus importante et les explosifs généralement différents afin de permettre en plus de la découpe des talus l'abattage de la banquette restante.

Afin de protéger les découpages, il peut être conseillé de réaliser des tirs avec des mailles resserrées et des charges unitaires plus faibles (tirs amortis).

## >> 3.5 Les tirs en tranchée

Un tir en tranchée est destiné à réaliser à l'explosif en site urbain ou non, une fouille linéaire géométrique en vue d'enterrer des câbles, canalisations diverses, pipelines, etc.

**Les tranchées ont toujours des dimensions réduites ; généralement la largeur est inférieure à la profondeur.**

La maille du tir est donc fonction de ces dimensions mais aussi de l'environnement. Pour des profondeurs supérieures à 2 mètres, il peut être préférable d'augmenter l'espacement des trous et de procéder à des amorçages multiples pour respecter les charges unitaires compatibles avec l'environnement en répartissant la charge. Les capteurs de vibrations placés nécessairement à proximité permettent d'adapter dynamiquement la charge unitaire afin de rester dans les normes. Comme pour le micro-minage, une série de

trous de décompression est réalisée entre la zone de minage et les habitations très proches, avant le début du minage afin de réduire l'impact de ces vibrations. Ces travaux permettent de détourner une partie de l'onde sismique et de diminuer sensiblement les valeurs observées sur les bâtiments à protéger.

Ces tirs doivent être réalisés le plus souvent avec des explosifs résistants à la désensibilisation. Ils sont le plus souvent associés à de faibles charges unitaires et les tirs sont le plus souvent fréquents car nécessairement de petites tailles (quelques kg seulement par tir).

La charge spécifique moyenne s'établit en moyen entre 1 et 2 kg/m<sup>3</sup> soit environ 3 fois plus que les tirs en grande masse. Les tirs en site urbain doivent être protégés par une couverture anti projections ou des plaques métalliques de coffrage.

## >> 3.6 Les tirs en travaux souterrains

Malgré le développement incontestable des tunneliers à roche dure ces dernières années, l'utilisation de ceux-ci reste très contraignante (en termes de risques et en termes techniques) et réservée à des galeries de grande longueur (sans pour autant que cette longueur justifie à elle seule l'emploi d'un tunnelier). L'utilisation de l'explosif reste cependant le moyen le plus utilisé pour l'excavation d'ouvrages souterrains dans les massifs rocheux. Si l'usage de l'explosif est de plus en plus réglementé, tout particulièrement pour ce qui concerne la sûreté, la sécurité et l'environnement, le développement de techniques nouvelles nées des avancées technologiques (comme la robotisation de la foration, les contrôles géométriques par profilomètre ou scan 3D, les méthodes d'amorçage séquentielle ou électronique, les mesures simultanées de plusieurs gaz de manière continue...) rendent ce mode de creusement de plus en plus efficace, sûr et rapide. D'autres technologies sont en cours de développement, ou en cours d'adaptation aux travaux souterrains (comme l'émulsion pompée) et susceptibles d'apporter des réponses efficaces à des exigences toujours croissantes en termes réglementaires ou financières.

**Le minage en souterrain présente certaines particularités :**

- Les mines sont horizontales (pour les ouvrages horizontaux de type galeries ou tunnels, qui représentent la grande majorité des ouvrages souterrains). Ces mines sont courtes (quelques mètres) et de petit diamètre (généralement entre 45 et 63 mm). Elles sont forées à l'aide de marteaux hydrauliques, limitant les émissions de bruit (par rapport au forage pneumatique) permettant une rapidité d'exécution optimale. Ces forations sont généralement réalisées à l'aide de machines multi-bras, permettant la mise en œuvre de

plusieurs marteaux de forage simultanément, et robotisées, ce qui permet d'obtenir une bonne optimisation des tirs et une bonne qualité de découpage, évitant les hors profils liés aux difficultés d'implantation des forages des mines périphériques.

- L'absence de surface de dégagement latérale, qui impose d'initialiser le tir par un « bouchon ». Le bouchon, est constitué d'une combinaison de mines proches les unes des autres (quelques centimètres), fortement chargées, amorcées avec des intervalles de temps très faibles (quelques dizaines de millisecondes), et de trous vides de plus gros diamètre, dits trous de dégagement. Ce bouchon doit créer un volume vide permettant le dégagement des matériaux et donc le bon fonctionnement du tir. Il existe d'autres types de bouchons notamment en éventail, peu utilisés en France.
- Des charges instantanées relativement faibles afin de générer des vibrations aussi faibles que possible, pour éviter de causer des dommages au massif encaissant (ébranlements, ouverture de faille...), aux équipements provisoires de chantier installés à proximité du front de taille, ou de nuire à la réalisation de parties de l'ouvrage en cours de construction (bétonnages par exemple). Des progrès significatifs en la matière ont été faits ces dernières années avec la systématisation du tir séquentiel et l'apparition du tir électronique.
- Une charge spécifique élevée, pour un bon fonctionnement du tir et une granulométrie relativement faible permettant un minage rapide avec des moyens compatibles avec la dimension de l'ouvrage. Cette condition de charge spécifique élevée, combinée à la précédente (charge instantanée faible) impose un très grand nombre de mines, ce qui exige l'utilisation de plusieurs marteaux de forages présentant des vitesses de pénétration élevées (voir 1<sup>er</sup> alinéa du présent paragraphe).





*Opération de chargement au front en travaux souterrains*

**La réalisation d'un ouvrage souterrain est linéaire, les tâches se succédant les unes aux autres, sans pouvoir se superposer dans la plupart des cas, et les pas d'avancement relativement faibles (quelques mètres tout au plus). Un cycle relativement classique se présente comme suit :**

- Aménée et calage de la machine de forage au laser (si machine robotisée) ou implantation des mines au front de taille (dans le cas contraire) ;
- Forage des trous de mines (horizontaux, subhorizontaux ou légèrement divergents) ;
- Chargement des mines (dynamites ou émulsions pompées, cordons détonants, détonateurs électriques ou non-électriques) et bourrage ou obturation des trous interdisant l'éjection éventuelle de cartouches (si le chargement est fait à l'aide de cartouches) ;
- Raccordement et vérification des lignes de tirs, installation du poste de tir, retrait du personnel d'exécution, puis mise à feu ;
- Ventilation forcée (par aspiration, soufflage, ou combinaison des deux) ;
- Inspection du tir et de la tenue des parois et des soutènements sur les tirs précédents ;
- Purge et marimage puis relevé du profil excavé (vérification du gabarit et mesure des hors-profilés) et levé géologique du front et des parements ;
- Mise en sécurité par confortement (boulonnage, béton projeté) ou soutènement (cintres, blindages) et drainage éventuel ;
- Relevé du profil après confortement / soutènement.

**Pendant cette phase d'excavation, sont effectuées (à minima) les mesures et relevés suivants :**

- Mesure des gaz polluants, taux d'oxygène, explosivité et mesure des déplacements d'air (amenée d'air frais) ;
- Mesure des vibrations et surpressions aériennes ;
- Relevé des profils d'excavation avant et après mise en sécurité ;
- Mesure de la luminosité ambiante et aux postes de travail ;
- Mesure des durées de chaque phase de travaux contenue dans le cycle décrit ci-dessus ;
- Mesure de la consistance du béton projeté (avant projection) et de la résistance au jeune âge (quelques heures) ;
- Mesures relatives au tir électrique (résistance des lignes), le cas échéant ;
- Mesures relatives à la fabrication de l'émulsion, le cas échéant ;
- Relevé géologique de l'excavation (front et paroi) et contrôle de la bonne tenue du soutènement des travées précédentes (avec éventuellement mesures de convergences).

**Préalablement à ces travaux d'excavation et de confortement (ou soutènement), il est impératif de mener quelques**

### **investigations en amont des travaux (en principe lors de l'élaboration du projet par le maître d'œuvre), afin d'optimiser les conditions d'exécution et l'organisation du chantier :**

- Les reconnaissances géologiques et hydrogéologiques, par tous moyens classiques d'investigations (cartes géologiques, forages destructifs avec enregistrement, carottages, identification des matériaux, essais en laboratoire...) puis classification du massif (Les méthodes les plus couramment utilisées étant Q-Barton et RMR) ;



- Les tirs de reconnaissance, destinés à appréhender au mieux les paramètres de la loi d'amortissement (Méthode Chapot) qui permettront de définir les charges instantanées admissibles et trouver le meilleur compromis pour obtenir une bonne efficacité du chantier d'excavation tout en garantissant de ne causer aucun dommage aux ouvrages avoisinants, ouvrages qu'il aura fallu identifier et qualifier au préalable.

La définition des charges instantanées au démarrage des travaux (résultant des tirs de reconnaissance réalisés par le maître d'œuvre en amont du projet, des tirs de validation réalisés par l'entreprise au démarrage des travaux, et de l'ensemble des contraintes environnementales), est cruciale au regard de la faisabilité du projet, car elle conditionne le pas d'avancement du creusement, donc le programme prévisionnel des travaux.

Les reconnaissances géologiques sont également incontournables car elles permettent de choisir les modalités de creusement les plus appropriées et de définir les différents soutènements et confortements à envisager. L'identification des horizons rencontrés influe très fortement sur le programme prévisionnel des travaux et donc sur l'économie du chantier.

## **>> 3.7 Les travaux en montagne**

La seule particularité du tir en montagne réside dans la réalisation des pistes d'accès qui doivent faire l'objet de plans de tir spécifiques et dans l'adaptation des hommes et des machines à l'altitude.

Il est souvent indispensable d'extraire des volumes bien supérieurs au volume du projet en raison des problématiques d'accès et de stabilité des pentes.

Dans l'hypothèse de températures négatives, la qualité des produits explosifs doit être adaptée.



***Les tirs préventifs d'avalanche (PIDA) ne sont pas traités dans ce guide.***

## **>> 3.8 Les travaux en falaise (purgé et sécurisation)**

**Les travaux en falaise à l'explosif sont principalement utilisés pour :**

- la purge d'éléments instables,
- la mise en place de filets pare-pierre ou de grillages plaqués,
- la mise en sécurité suite à éboulement.

Tous ces travaux sont réalisés soit mécaniquement lorsque que les sites le permettent, soit manuellement en faisant appel à des techniques dites alpines ou d'accès difficiles.

Des chariots élévateurs ou des pelles mécaniques équipées de glissières de forage permettent ainsi de réaliser des forages

à des hauteurs supérieures à celles de foreuses hydrauliques classiques.

Les forages peuvent également être réalisés à l'aide d'engins plus légers tels que perforateurs manuels ou chariot de forage légers. Ces matériels sont treuillés, quelquefois hélicoptés.

Les trous forés doivent être protégés contre les risques d'obturation.

L'amenée des explosifs et détonateurs du véhicule de transport jusqu'aux trous de chargement peut être réalisé par hélicoptage, à l'aide d'un véhicule spécialisé (4X4...) ou par du personnel à pied. En cas d'hélicoptage, le transport des explosifs doit faire l'objet d'une autorisation spécifique par l'aviation civile.

**Les explosifs et détonateurs doivent être transportés séparément (sauf si les détonateurs sont conditionnés en DR 1.4S).**

Les tirs doivent être confiés à des personnels compétents et une étude de trajectographie réalisée par un bureau d'études spécialisé peut s'avérer utile lorsqu'il existe des contraintes

environnantes. Les protections à mettre en place sont parfois nécessaires et sont fonction de la hauteur de chute et/ou de l'adaptation du plan de tir (charge spécifique et granulométrie).

Les intervenants pour le chargement, et le déclenchement du tir doivent posséder une compétence de mise en œuvre d'explosifs et une compétence de travaux en accès difficile.



## >> 3.9 Les tirs en site maritime ou fluvial

Bien que techniquement, les effets des produits explosifs soient peu différents (tout au moins sous quelques mètres d'eau), les méthodes de calcul et les techniques de mise en œuvre diffèrent considérablement.

Les aspects relatifs à la sécurité et à la sûreté, tout comme les points relatifs à la protection de l'environnement sont parfois des freins puissants à l'emploi de techniques utilisant les

explosifs pour la réalisation d'ouvrages à la mer. Cependant, toutes les solutions existent pour mettre au point et réaliser en sécurité ces chantiers particuliers, dans le respect de la faune, de la flore et la sécurité des personnes.

La réalisation d'un déroctage subaquatique impose la mise en œuvre de moyens spécifiques afin de permettre la réalisation des forages destinés à recevoir l'explosif. Un support flottant



ou sur piles, en console au-dessus du plan d'eau, permet de positionner une foreuse et de réaliser des forages conformément au plan de tir prévu. Ces forages sont réalisés avec une nécessaire précision, et en utilisant la technique du double tubage. La méthode de chargement est également spécifique au minage maritime.

**D'une façon générale, la réalisation de ces opérations fait appel à la double compétence forage/minage et maîtrise de l'environnement maritime pour chacun des personnels impliqués dans ces opérations (CPT option subaquatique).**

La réalisation du mètre linéaire de forage, sous 15 mètres d'eau, dans un chenal soumis au marnage, aux courants, à la houle, aux algues, est sans commune mesure avec le même mètre réalisé à terre. Les problèmes de positionnement, de maillage, de profondeur doivent faire l'objet de beaucoup d'attention compte tenu du marnage, des courants, de la houle, de la nature des terrains de recouvrement, sans oublier la gestion de la Co-activité (activités portuaires, passage de navires, etc.).

Compte-tenu de ces contraintes et spécificités, les coûts unitaires restent très élevés rapportés à l'explosif terrestre,

mais compétitifs rapportés à la réalisation du même ouvrage par des moyens mécaniques utilisés en limite haute de leur capacité (eu égard à la résistance en compression du rocher). Les délais de mise en œuvre et de réalisation sont souvent plus importants et surtout difficiles à appréhender avec précision du fait d'un compromis délicat entre contraintes économiques (un équipement apte à permettre de travailler sous 1 m de houle n'a pas le même coût que l'équivalent limité à 50 cm) et aléas naturels (la fréquence d'occurrence d'une amplitude de houle et courant, pour un site donné et pour une période donnée est difficile à appréhender, même en présence de statistiques générales).

Le marché des foreuses susceptibles de réaliser ces travaux évolue peu compte tenu du faible enjeu économique. Les rendements de foration ont une moins grande importance qu'en site terrestre car la profondeur des forages est très souvent inférieure à 5 mètres. Sur un cycle de trou à trou, le temps de forage ne représente que 1/6 du cycle complet.

Plus de détails sur cette activité à consulter sur le Guide de mise en œuvre des produits explosifs en milieu subaquatique édité par le Synduex (disponible sur demande).

## >> 3.10 Les démolitions

Les tirs de démolition tels que ouvrages d'art, bâtiments urbains, tours industrielles, cheminées, châteaux d'eau, ponts, viaducs, blockhaus font appel à une technique très particulière qui consiste à mettre en œuvre des explosifs en des points clés permettant l'effondrement des structures suivant un ordre chronologique préétabli.

### **TRAVAUX DE DÉMOLITION À L'AIDE D'EXPLOSIFS**

**Plus de détails sur cette activité à consulter sur le Guide de la démolition du SNED.**



## >> 3.11 Les tirs en masse chaude

Certaines activités industrielles (électrometallurgie & industries similaires, sidérurgie et cimenterie) utilisent différents types de fours pour obtenir la température de fusion nécessaire (hauts fourneaux, fours électrolytiques, four à plomb, etc.).

Le fonctionnement normal de ce type d'installation est parfois perturbé voire rendu impossible par des accumulations de produit, soit au niveau des trous de coulée, soit sur les parois des fours, qu'il faut éliminer.

Pour cela, un des procédés de destruction les plus efficaces, consiste à utiliser le tir à l'explosif. Celui-ci doit être réalisé selon des techniques particulières, et des règles de sécurité rigoureuses, pour éviter les accidents facilement concevables dans ce milieu hostile (risques d'explosions prématurées dues à la température, gaz nocifs, etc.). En effet, ces tirs doivent être effectués à des températures pouvant varier de 50 à 1600 degrés.

**Le marché est très limité et circonscrit :**

- a) Dans la sidérurgie à la fragmentation de « lousps » dans un creuset lors de l'arrêt d'un haut-fourneau, au débouchage d'un trou de coulée lors d'un incident, au retrait de garnis sur les parois d'une cuve (ou silo) etc.
- b) Dans l'électrometallurgie au débouchage des trous de coulée de fours à aluminium, dans les fours à plomb, etc.
- c) Dans d'autres secteurs industriels dans les scories incandescentes de crassier, dans certains silos pour matières plastiques, etc.

Seuls des spécialistes, titulaires du CPT et de l'option N°4 « masses chaudes » élaboré par différents organismes tels le SYNDUEX, l'INRS... peuvent être chargés de ce type de travaux. Ces travaux ne permettent pas la consommation de plus de 500 kg à 1 tonne d'explosifs par an, cependant ces dernières années - et pour des raisons de sécurité - les producteurs d'explosifs ont mis sur le marché un explosif spécifique plus adapté aux fortes chaleurs.

## >> 3.12 Les tirs spéciaux

Dans son utilisation l'explosif peut servir dans un certain nombre d'opérations particulières tant dans les Travaux Publics que dans l'industrie tels que : pétardage de masses rocheuses instables et dangereuses, déblocage d'un tunnelier, tirs dans des trémies, emboutissage, tirs de casting, tirs sélectifs, dépollution pyrotechnique etc.

Elles demandent une très grande expérience des entreprises et une très bonne connaissance des explosifs.





# 4

## LA FORATION

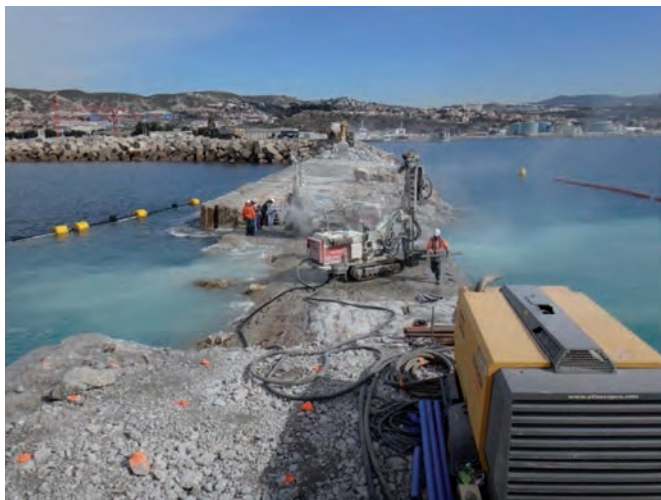
### >> 4.1 Les matériels

Il existe plusieurs techniques de foration. Leur mise en œuvre est définie principalement par les applications qui sont imposées (carrière de roche massive, terrassements de masse, tunnels,..., minage contrôlé [ou pas]). Le calcul du diamètre de foration, la profondeur des trous, les caractéristiques intrinsèques de la roche et les rendements à atteindre, vont avoir une incidence majeure sur le choix de ces techniques et donc des matériels.

Il existe, pour les applications par soufflage, les matériels avec marteaux hors du trou (carrières, terrassements, tunnels avec diamètres de foration  $\leq 127$  mm), les matériels fond de trou (carrières, terrassements avec diamètres de foration de 89 à 230 mm) et les matériels rotatifs (sondages de reconnaissance de petit diamètre, forages de gros diamètre [ $> 230$  mm]).



*Foreuse hors de trou*

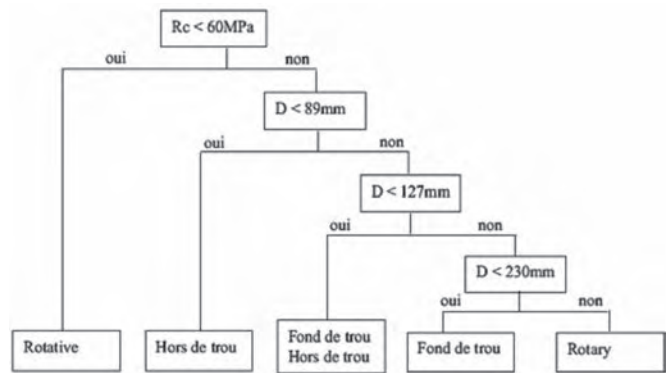


*Foreuse fonds de trou en travaux maritimes*

### Ces foreuses ont des champs d'application différents :

- Foreuse de type rotatif : pas de percussion, avance et rotation hors du trou élevées, soufflage fond de trou.
- Foreuse hors du trou (énergie hydraulique) : sens anti horaire, avance, percussion et rotation hors du trou, soufflage fond de trou.
- Foreuse fond de trou (énergie pneumatique) : sens horaire, avance et rotation hors du trou, grande puissance de soufflage et percussion fond de trou.

### Type de foreuse et diamètre de foration :

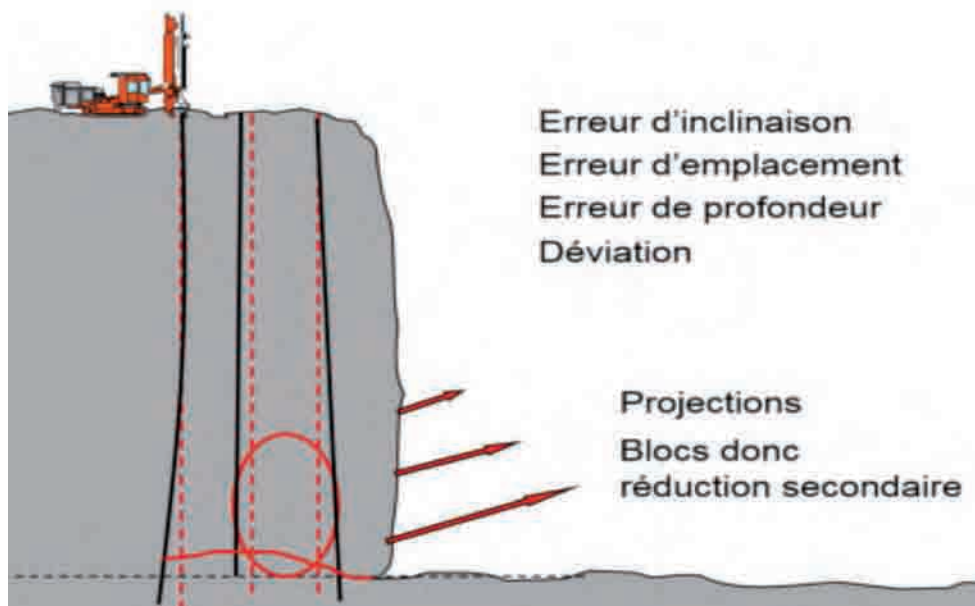


## >> 4.2 La qualité des trous

### les cinq sources principales d'erreur à éviter :

- Erreur de marquage : une implantation topographique la plus rigoureuse possible est nécessaire pour éviter des erreurs de maille pouvant avoir des impacts techniques et sécuritaires.
- Erreur d'inclinaison et de direction : une vérification des trous avec un inclinomètre pour s'assurer de la conformité de l'angle de foration et de la conformité du plan de foration.
- Erreur de déviation : la sensibilité du foreur (son expérience), la longueur des barres, les choix faits en amont ( $\emptyset$  des tiges allonge,...) et le contrôle de la foration in fine.
- Erreur de profondeur : vérification au profondimètre ou mesure manuelle de la longueur du trou, s'assurer du Z du plan de phase.
- Trous trop petits, omis ou perdus : faire un récolement d'implantation topographique

### Exemples d'erreurs à éviter en foration sur une carrière en abattage latéral :



Il existe des méthodes pour mesurer la déviation et la qualité des forages (sondes type pulsar..)



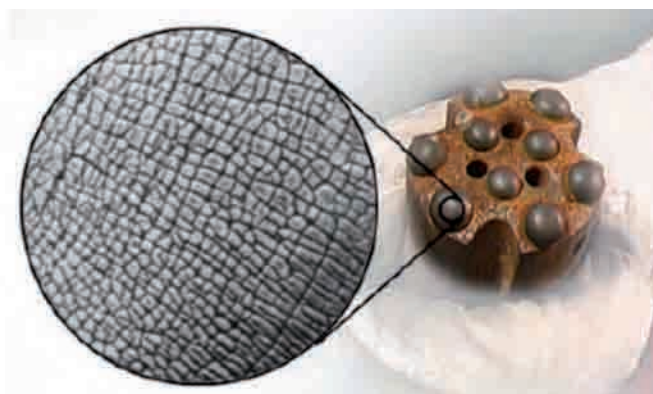
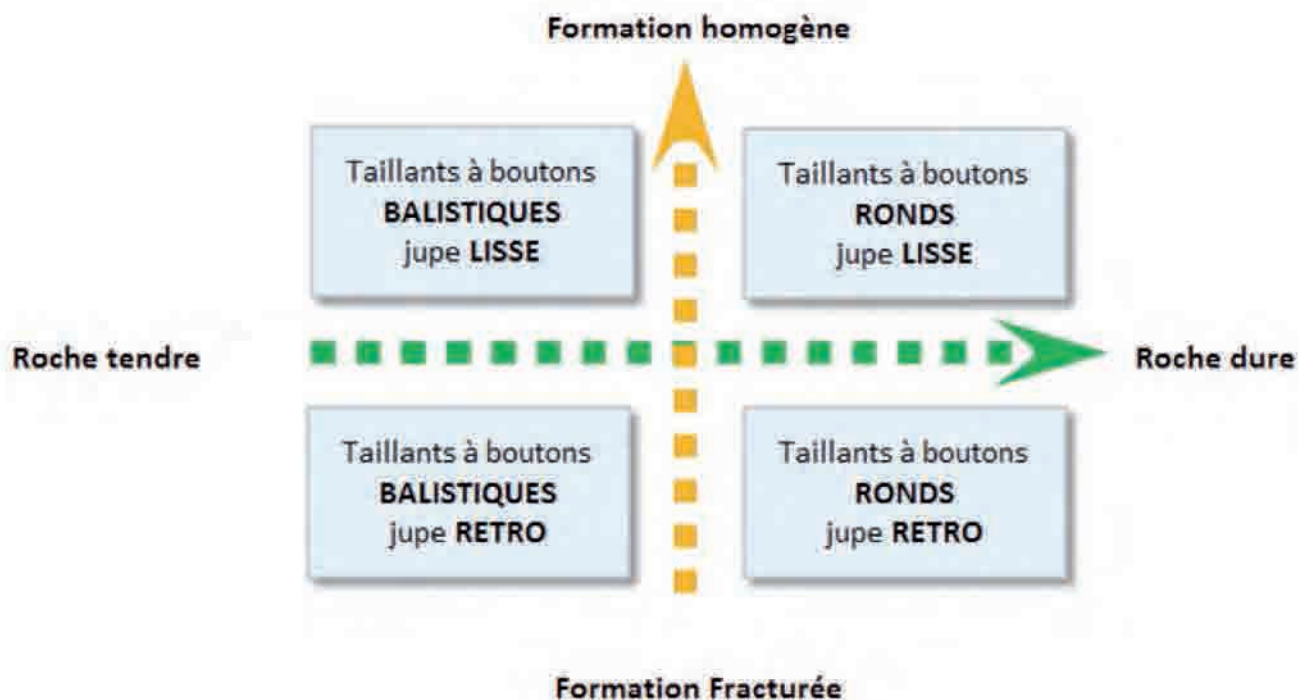
## >> 4.3 Le choix des taillants et l'affûtage

La foration peut être réalisée dans un massif sain et homogène (domaine d'emploi idéal) jusqu'à un massif altéré et hétérogène (foration complexe). Le choix des taillants est alors issu principalement des caractéristiques intrinsèques de la roche, de son degré de fracturation et/ou fissuration naturelle du massif, de la présence éventuelle de pendages.

On pourra alors choisir le type de taillant à employer en fonction de la lecture du diagramme ci-dessous.

### L'affûtage :

Certaines roches sont très abrasives, la durée de vie d'un taillant peut être réduite à moins de 50 ml. Pour optimiser la rentabilité, la foration des roches plutoniques à magmatiques effusives nécessitera en règle générale un ou plusieurs affûtages. Un bouton plat ne peut transmettre efficacement l'énergie en provenance du marteau ; celle-ci retourne alors vers le marteau.



Même lorsqu'il n'y a pas d'usure visible sur le bouton, le phénomène de « peau de serpent » est présent à la surface du carbure. Ces micro-fissures doivent être enlevées par affûtage pour éviter la casse du carbure.



# 5

## LES PRODUITS EXPLOSIFS ET SYSTÈMES D'AMORÇAGE À USAGE CIVIL

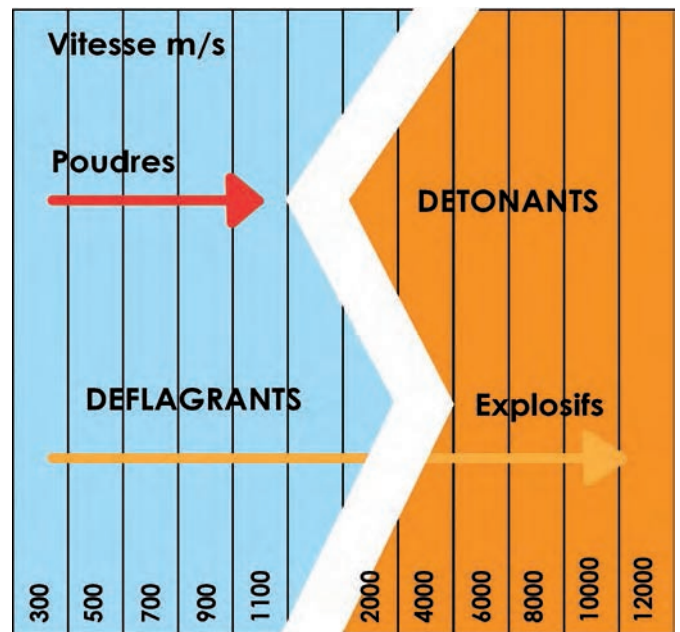
**Un produit explosif est un corps chimique qui sous l'action d'une flamme ou d'un choc (détonation) se décompose, en un temps très court, en créant une grande quantité de gaz à haute pression et à haute température.**

Le rôle des explosifs dans un tir de mines est de produire un maximum de gaz pour arracher, fragmenter le massif et étaler les granulats.  
Les produits explosifs peuvent être soit fabriqués en usine, soit fabriqués sur site.

**On peut classer les différents types d'explosifs suivants les critères :**

- de leur sensibilité,
- de leur composition chimique,
- de leur vitesse de décomposition,
- de leurs caractéristiques techniques,
- de leur vitesse de détonation,
- de leur énergie,
- ...

On classe couramment les explosifs suivant leur vitesse de décomposition. Les explosifs dont la vitesse de détonation est inférieure à 2000m/s (déflagrants) ne sont pas utilisés dans les usages de Travaux Publics.



### >> 5.1 Les produits explosifs civils

#### > 5.1.1 Les explosifs fabriqués en usine

##### Les explosifs déflagrants :

La poudre noire est l'explosif le plus ancien (1242).

Ce produit est utilisé dans les carrières de roches ornementales.  
Son utilisation en chantiers de travaux publics est interdite.



## Les explosifs détonants :

**Les nitrates fuel :** ils sont constitués de nitrate d'ammonium (> 94 %) et de fioul (5 à 6%). Ces produits se présentent sous forme de granulés livrés sur site en sac papier. Ils sont mis en œuvre par gravité : on vide les sacs directement dans le trou de mine.

### ● Caractéristiques remarquables

- Forte énergie de gaz
- Explosif vrac, facile à mettre en œuvre
- Sensibilité à l'eau



Sacs de nitrate fioul

**Les émulsions :** elles sont constituées d'huiles, cires, paraffines, nitrates minéraux, sensibilisant (solide ou chimique). Ces produits se présentent sous forme de cartouches cylindriques.

### ● Caractéristiques remarquables

- Forte énergie de choc
- Très bonne résistance à la pression statique et dynamique
- Peu sensible au choc



Émulsions encartouchées

**Les dynamites :** elles sont composées de nitrates minéraux, nitroglycéroglycol, sciures de bois, coton azotique, aluminium. Ces produits se présentent sous forme de cartouches de couleur rouge.

### ● Caractéristiques remarquables

- Forte énergie de choc
- Bonne résistance à la pression statique et dynamique

### Les dynamites présentent les inconvénients suivants :

- Explosif sensible au choc et donc amorçable par sympathie
- Deux régimes de détonation : optimal et sous régime
- Faible énergie de gaz
- Dégagement de gaz toxique
- Maux de tête à la manipulation
- Difficultés d'approvisionnement

Pour tous ces inconvénients, les dynamites sont depuis les années 2000 progressivement supplantées par les émulsions haut de gamme contenant des billes de verre. Actuellement, l'utilisation des dynamites est en cours de disparition sur le marché français.



Emulsion haute énergie contenant des billes de verre

## > 5.1.2 Les explosifs détonants fabriqués sur site

Pour les produits fabriqués sur site dans les camions mélangeurs appelé Unité Mobile de Fabrication d'Explosifs (UMFE), on retrouve les mêmes types de produits que ceux fabriqués en usine (nitrates fioul et émulsions).

Pour les nitrates fioul, les compositions sont les mêmes que pour les fabrications usines. Ces produits sont dits déversables. Le tuyau d'amené du produit ne rentre pas dans le trou de mine.

Les émulsions reprennent des compositions voisines de celles fabriquées en usine. Les produits mis en œuvre sont dits pompables. L'opérateur descend le tuyau dans le trou de mine. Le remplissage du trou de mine repousse le tuyau.

Certaines UMFE permettent de fabriquer un mélange d'émulsion et de nitrate fioul : le nitrate fioul alourdi.

Lorsque le pourcentage d'émulsion est inférieur à 50 %, ce produit est sensible à l'eau. Dès que le pourcentage d'émulsion atteint 60 %, le nitrate fioul résiste à l'eau (l'émulsion étant en quantité suffisante pour enrober complètement les grains de nitrate fioul et les protéger de l'humidité).

Certaines UMFE présentent l'avantage de permettre de transporter de la matière non explosive qui le devient une fois déversée dans le trou



UMFE fabriquant des produits déversables



UMFE fabriquant des produits pompables

Les capacités techniques de ces produits sont équivalentes aux émulsions encartouchées. Leur grande efficacité repose sur deux critères :

- la densité des produits fabriqués sur site varie entre 0,8 et 1,3,
- ces produits assurent une occupation optimale du volume du trou de mine.

Dans tous les cas, l'amorçage de ces produits doit être effectué à partir d'un amorçage puissant (booster ou cartouche amorce haute énergie).

Les produits fabriqués sur site sont de plus en plus utilisés en carrières comme en Travaux Publics. Ils permettent la réalisation de tirs de fort tonnage tout en limitant les maintenances humaines (pénibilité).

L'utilisation d'UMFE nécessite une déclaration préalable auprès des préfectures (voir chapitre 7.2.7).

## > 5.1.3 Comparatif sommaire des produits explosifs

Tableau de la résistance à l'eau

Produit	Densité	Résistance à l'eau
Dynamite	1,4	Bonne
Émulsion	1,2	Bonne
fuel	0,8	Nulle
Nitrate fioul alourdi (Émulsion < 40%)	0,9 à 1,15	Nulle
Nitrate fioul alourdi (Émulsion > 40%)	1,10 à 1,25	Bonne

Principales caractéristiques techniques des explosifs

Produit	Nitrate Fioul		Émulsions encartouchées		Dynamites
	Nitrate Ammonium Fioul	Nitrate Ammonium Fioul Aluminium	Nitrate Ammonium Huiles sensibilisant	Nitrate Ammonium Huiles sensibilisant Aluminium	
Principaux composants	Nitrate Ammonium Fioul	Nitrate Ammonium Fioul Aluminium	Nitrate Ammonium Huiles sensibilisant	Nitrate Ammonium Huiles sensibilisant Aluminium	Nitrate Ammonium Nitroglycéroglycol Dinitrotulène Aluminium
Densité	0,8	0,9	1,22	1,25	1,45
Vitesse de détonation (m/s)	3 700	3 900	5 000	5 300	6 200
Volume de gaz (l/kg)	988	896	902	710	893
Énergie théorique (MJ/kg)*	3,83	4,73	3,79	5,61	4,42
Énergie de choc (MJ/kg)*	1,10	1,36	1,75	2,26	2,09
Énergie de gaz (MJ/kg)*	1,89	2,06	1,88	2,38	1,92
Énergie totale (MJ/kg)*	2,99	3,42	3,63	4,64	4,01

\* Énergie mesurée en piscine.

## > 5.1.4 Cas particulier : les cartouches pyrotechniques de dérochage (classées en P2)

**Il existe aujourd'hui dans le commerce des cartouches pyrotechniques qui peuvent être utilisées pour du dérochage. Ces cartouches, contenant des produits explosifs, présentent certains risques et ne peuvent être utilisées sans précautions.**

Conformément aux réglementations européennes et françaises, ces cartouches sont classées :

- articles pyrotechniques P2 au sens du Code de l'environnement,
- explosif au sens du Code de la défense,
- objet explosif au sens du Code du travail,
- marchandise dangereuse de classe 1 au sens du règlement international du transport des marchandises dangereuses.

À ce titre, ces produits sont soumis au respect d'exigences de chacune de ces réglementations. Conformément au Décret n° 2015-799 du 1<sup>er</sup> juillet 2015 ne sont autorisées à manipuler ou utiliser les articles pyrotechniques des catégories P2 que les personnes titulaires d'un certificat de formation délivré par un organisme agréé par le Ministère

de l'environnement pour délivrer une formation spécifique aux produits concernés. L'agrément de l'organisme de formation devra avoir été obtenu pour le produit concerné, pour son utilisation ou sa manipulation : exemple cartouche de dérochage.

**Compte-tenu du caractère déflagrant de ces produits, le Synduex préconise également que les personnes manipulant ce type de produits soient titulaires du Certificat de Préposé au Tir (CPT).**

Il convient aussi de rappeler que la conservation des cartouches de dérochage P2 doit également être réalisée dans le respect des exigences du Code de la défense (au même titre que les explosifs classiques destinés à un usage civil – voir chapitre 7.2.6) , c'est-à-dire dans des dépôts agréés pour le stockage des produits explosifs.

## >> 5.2 Les systèmes d'amorçage pour l'application civile

La détonation d'un produit explosif civil est initiée par des systèmes pyrotechniques généralement constitués d'un

détonateur et d'une cartouche amorce haute énergie de type booster, dynamite ou émulsion.

### > 5.2.1 Principe de fonctionnement des amorces

L'amorce désigne tout composant dont la fonction consiste à transformer directement une action extérieure (mécanique, électrique, calorifique) en une action pyrotechnique.

Ceci constitue ainsi le point de départ d'une chaîne pyrotechnique. L'objectif est de créer une onde de choc suffisante pour initier la cartouche amorce ou cordeau détonant.

### > 5.2.2 Caractéristiques des systèmes d'amorçage (détonateurs)

#### i. Les caractéristiques d'entrée

**Les systèmes d'initiation sont conçus de façon à respecter :**

- les contraintes géométriques et dimensionnelles des trous de mine et des cartouches
- les objectifs de sécurité à travers les caractéristiques suivantes
- la résistance électrique (résistance ohmique)
- la résistance d'isolement
- la réponse thermique
- l'étanchéité et l'herméticité
- la résistance aux agressions de type électrostatique
- le seuil de non fonctionnement (sécurité non feu)
- le seuil de fonctionnement (garantie tout feu)

*(Voir annexe pour information complémentaire)*

#### ii. Les caractéristiques de sortie

Les caractéristiques de sortie pyrotechniques sont représentatives de l'effet pyrotechnique résultant du fonctionnement de l'initiateur :

- le temps de fonctionnement et le temps d'initiation
- le pouvoir d'amorçage
- la compatibilité chimique

Une bonne connaissance de ces caractéristiques est indispensable pour éviter les ratés de tir en choisissant les méthodes d'amorçage et les séquences les mieux adaptées aux produits explosifs mis en œuvre.

## > 5.2.3 Les différentes familles de détonateurs et systèmes de mise à feu

Le détonateur est un élément de la chaîne pyrotechnique dont le rôle consiste à produire une onde de choc suffisamment puissante pour provoquer à coup sûr la détonation d'une charge explosive.

### **Il constitue également à lui seul une chaîne pyrotechnique puisque :**

- Une ignition électrique ou une onde de choc provoque la détonation d'une faible quantité d'explosif primaire (azoture de plomb, env. 0,2g).
- L'explosif primaire, très sensible et ne connaissant qu'un seul régime de combustion (la détonation) provoque à son tour la détonation d'une quantité plus importante (de 0,8g à 1,0 g) d'un explosif secondaire (pentrite), moins sensible mais plus puissant, qui sert, quant à lui, de relais pour initier la charge principale.

Certains détonateurs incorporent un élément retard constitué de composition pyrotechnique retardatrice. Cette composition a pour fonction d'introduire un retard maîtrisé entre le signal d'entrée et le signal de sortie.

Étant le résultat d'un mélange de composants chimiques, une imprécision relative du retard est tolérée. L'utilisateur doit impérativement prendre en compte cette marge de précision dans la conception de son plan de tir. En effet, la notion de charge unitaire est fortement dépendante du choix des retards. Les détonateurs électriques et non électriques sont classés en division de risques DR 1.1B ou grâce à un conditionnement en classe DR 1.4 S. Les détonateurs électroniques sont classés en DR 1.4 S.

Le conditionnement en DR 1.4 S (à condition que l'emballage soit intact et fermé) permet une optimisation de la logistique du fait de la possibilité de transport et de stockage conjoint avec les explosifs classés en DR 1.1 D (voir chapitre 7.2.5). Des caisses navettes, spécialement conçues, peuvent être utilisées pour transporter en DR 1.4 S une même famille de détonateurs.

Nous pouvons classer les moyens d'amorçage en trois familles: les détonateurs électriques, les détonateurs non électriques, les détonateurs électroniques.

### **i. Les détonateurs électriques**

Un détonateur électrique reçoit une forte décharge de condensateur qui circule dans sa tête d'amorce, composée d'un filament. Lorsque ce filament est parcouru par le courant électrique, il se produit un échauffement par effet Joule. Une partie de la chaleur résultant de cet échauffement va être transmise par conduction thermique à la substance pyrotechnique environnante.

### **Il existe plusieurs sensibilités de détonateurs :**

- Les détonateurs Haute Intensité (HI) dits à « sensibilité faible »
- Les détonateurs Moyenne Intensité (MI)

Le choix de la sensibilité des détonateurs pour une séquence de tir est réalisé en fonction des contraintes environnementales (émetteur radio, risque d'orage, ligne électrique...) par le responsable du tir.

La profession considère que les détonateurs Basse Intensité (BI), utilisés massivement par le passé, ne doivent plus être utilisés en raison des risques électriques (orages) et électromagnétiques.

Il est rappelé qu'en cas d'orage, les opérations de minage doivent être suspendues à cause des risques de départ intempestif des charges.

### **Il existe 3 types de retards pyrotechniques : instantanés, court retard, retard.**

Un des avantages du dispositif est la possibilité de contrôler simplement l'ensemble de la chaîne d'amorçage en utilisant un ohmmètre agréé à cet usage.

Un des inconvénients est le nombre limité de retards disponibles (en général une vingtaine). Il est possible de compenser partiellement cette limitation des retards en utilisant un exploseur séquentiel (groupe d'exploseurs décalés par un retard électronique choisi par l'utilisateur) : le nombre de retards est alors démultiplié. La mise en œuvre d'un amorçage de type séquentiel nécessite alors de disposer de l'option 8 du CPT (voir chapitre 7.2.9).

### **ii. Les détonateurs non électriques**

Le détonateur non électrique reçoit une onde de choc propagée par un tube conducteur d'onde de choc (TCOC). Le TCOC se présente sous la forme d'un tube souple en polyéthylène haute densité. Sa paroi interne est revêtue d'une composition pyrotechnique (octogène et aluminium) finement dosée permettant la transmission de l'onde de choc (2000m/s).

### **Le TCOC peut être initié par différentes méthodes :**

- un détonateur électrique
- un détonateur non-électrique
- du cordeau détonant
- un pistolet
- un équipement de tir à distance (de type Robys)

Les systèmes d'initiation non électriques se composent de détonateurs en fond de trou et de raccords de surface associés en série ou en parallèle.

La large gamme de produits non électriques, complète en retard et en genre (détonateurs fond de trou et raccords de surface), permet de réaliser des tirs complexes autant pour les activités de surface que pour les activités souterraines.

Le dispositif non électrique offre une grande simplicité de mise en œuvre dans les mines, carrières et travaux publics. Il facilite les opérations sur le terrain grâce à des connexions rapides et sûres et est particulièrement adapté pour des tirs à maille



constante, des opérations de découpage, ou tout chantier de travaux publics pour lesquels les connexions et l'inspection doivent se faire très rapidement. En revanche, seul le contrôle visuel est possible.

### iii. Les détonateurs électroniques

Le détonateur électronique, utilisé depuis les années 2000, diffère du détonateur électrique classique par la présence d'un circuit intégré intelligent et programmable par pas de 1ms.

#### Il est composé :

- D'une puce électronique permettant :
  - le dialogue avec le système de programmation et de tir,
  - la réalisation de tests électriques pour vérifier les fonctionnalités avant la mise à feu
  - le chargement des condensateurs.
- D'un condensateur d'alimentation pour faire fonctionner le circuit de manière autonome pendant le décompte du délai en millisecondes.
- D'un condensateur de charge pour délivrer au moment opportun l'énergie nécessaire à l'inflammation de la tête d'amorce (le filament est remplacé par un composant électronique soudé sur le circuit et enrobé d'une composition pyrotechnique).

L'ensemble des détonateurs électroniques est connecté en parallèle à une ligne bus par l'intermédiaire de leur connecteur intégré. Chaque système dispose d'une console de tir spécifique (couple console de tir + détonateurs).

La communication peut se faire en mode filaire ou en Wireless (via différents protocoles : Wi-Fi, leaky feeder, RS 485, fibre optique, câble téléphonique...).

De nombreuses options existent pour augmenter la taille des tirs, telles que le multi-blast et le synchro-blast, permettant ainsi la mise à feu de plus de 4 500 retards.

#### Par sa grande précision et le nombre de retards disponibles, la solution électronique permet au concepteur :

- Une optimisation des séquences générant une meilleure fragmentation et un meilleur foisonnement du massif,
- Un meilleur contrôle des vibrations du fait de la précision à la milliseconde du détonateur,
- Une sûreté renforcée rendant complexe une utilisation de ces produits à des fins terroristes ou autres,
- Une sécurité accrue (contrôle avant la mise à feu, communication bidirectionnelle, tir à distance, résistance élevée aux impulsions électromagnétiques et aux décharges électrostatiques...),
- Une simplicité d'utilisation (programmation, transfert des données, possibilité de programmation automatique via un logiciel de tir),
- Une souplesse et une flexibilité permettant d'accroître la productivité (augmentation de la taille des tirs, augmentation du débit du concasseur primaire, réduction des blocages du

concasseur, meilleure performance de l'excavateur, réduction de la consommation d'énergie du concasseur, meilleure performance de la pelle grâce à l'orientation et à la forme du tas...)

- Une meilleure traçabilité pour plus de sûreté, d'analyse et de qualité (module électronique avec identifiant unique, enregistrement de l'historique du tir).

À ce jour, la solution électronique reste toutefois souvent la plus coûteuse.

L'utilisation de ce type de détonateur et des matériels associés nécessite une formation, un agrément et une option particulière du certificat de préposé au tir (CPT option 8).

### iv. Systèmes de mise à feu associés aux détonateurs

Les explodeurs sont des appareils conçus pour alimenter un circuit de tir et ils doivent être agréés. Lors de l'utilisation de tout type d'explodeur le mineur doit se trouver à l'abri. Il existe différents types d'explodeurs :

- **Explodeur pour circuits et détonateurs électriques soit en moyenne intensité soit en haute intensité :** Le nombre de détonateurs électriques sera déterminé en fonction de la résistance ohmique totale du circuit, du type de détonateur utilisé (MI/HI) et du type d'explodeur.
- **Explodeur séquentiel électrique :** Explodeur pouvant initier plusieurs lignes de n détonateurs électriques avec une séquence à pas variable ou fixe entre le départ de chaque ligne permettant le non cumul des charges. Les explodeurs séquentiels peuvent également être utilisés pour piloter des lignes mixtes (électriques/non électriques-TCOC).
- **Initiateur de détonateurs à tubes conducteurs d'onde de choc (TCOC) aussi appelés Nonel :** Utilisable à distance radio, il est composé d'un boîtier receveur connecté au tir et d'un émetteur utilisé par le boutefeu au poste de tir. Ce système permet une mise en sécurité supérieure pour le boutefeu.



Il existe également d'autres types d'initiateurs de tube TCOC.

- **Enfin la console de programmation électronique permet de programmer et d'initier des détonateurs électroniques :** Cet ensemble est composé : d'une console de programmation des temps de départ, d'une console de tir présente avec le mineur au pas de tir et d'un modem placé à distance et relié aux détonateurs électroniques avec la ligne bus. Ce système, avec une mise à feu par radiofréquence, permet une mise en sécurité supérieure pour le boutefeu.



#### IV. Tableau comparatif des différents types de détonateur

	Détonateur électrique (MI minimum)	Détonateur non électrique	Détonateur électronique
<b>APPLICATION</b>			
Utilisation carrières	Oui	Oui	Oui
Utilisation mines ciel ouvert	Faible	Courant	Courant
Utilisation en souterrain	Oui (HI)	Oui	Oui
Utilisation TP	Oui	Oui	Oui
Utilisation subaquatique	Très faible	Courant	Moyennement courant
Possibilité de conception	Très limitée	limitée	Très étendue
Flexibilité/souplesse pour le concepteur	Partielle (avec utilisation du séquentiel)	Partielle	Totale
Facilité de mise en œuvre	Simple	Simple	Simple (avec CPT option 8 + formation produit)
<b>PRODUCTIVITÉ</b>			
Taille du tir	Limitée par le nombre de retards disponibles et le risque de cumuls de charge	Limitée par le risque de cumuls de charge (vibrations)	Quasi illimitée
Gains de productivité potentiels	Limités	Limités	Forts sur l'ensemble de la chaîne
<b>FIABILITÉ</b>			
Précision	Fonction du retard utilisé		À la milliseconde
Résistance aux décharges électrostatiques	Moyenne	Très élevée	Élevée
Résistance aux impulsions électromagnétiques	Très élevée	Très élevée	Élevée
<b>SÉCURITÉ</b>			
Mise à feu à distance sans fil (radio)	Impossible	Possible	Possible
Contrôle sur le pas de tir	Oui (mesure de la résistance)	Non (contrôle visuel)	Oui (à la console de programmation)
Contrôle au poste de tir	Oui (mais pas d'identification possible de l'origine du défaut)	Non	Oui (avec identification possible de l'origine du défaut)
Identification des ratés (système d'aide avec localisation du raté)	Non	Visuelle sur les connecteurs de surface	Déterminée par la console de tir
Formation	CPT et option 8 pour séquentiel	CPT et option 8 pour séquentiel non électrique	CPT option 8 + formation produit
<b>SÛRETÉ</b>	très faible	faible	forte
<b>LOGISTIQUE</b>			
Conditionnement au transport	1.1 B /1.4 S	1.1 B /1.4 S	1.1 B /1.4 S
Stockage	Volumineux	Assez volumineux	Peu volumineux
<b>COÛT</b>			
Coût d'achat	€	€€	€€€

## > 5.2.4 Le cordeau détonant, un autre dispositif d'amorçage

Le cordeau détonant fait partie de la chaîne pyrotechnique et doit être impérativement amorcé par un détonateur. Il est utilisé aussi bien en opération à ciel ouvert qu'en souterrain.

Le cordeau détonant est constitué d'une âme d'explosif (pentrite) enveloppée soit par une gaine de polyéthylène ou de la fibre textile.

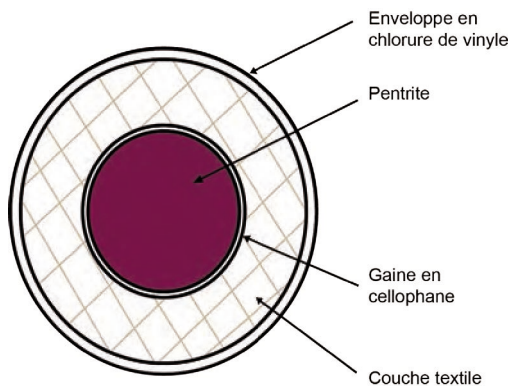
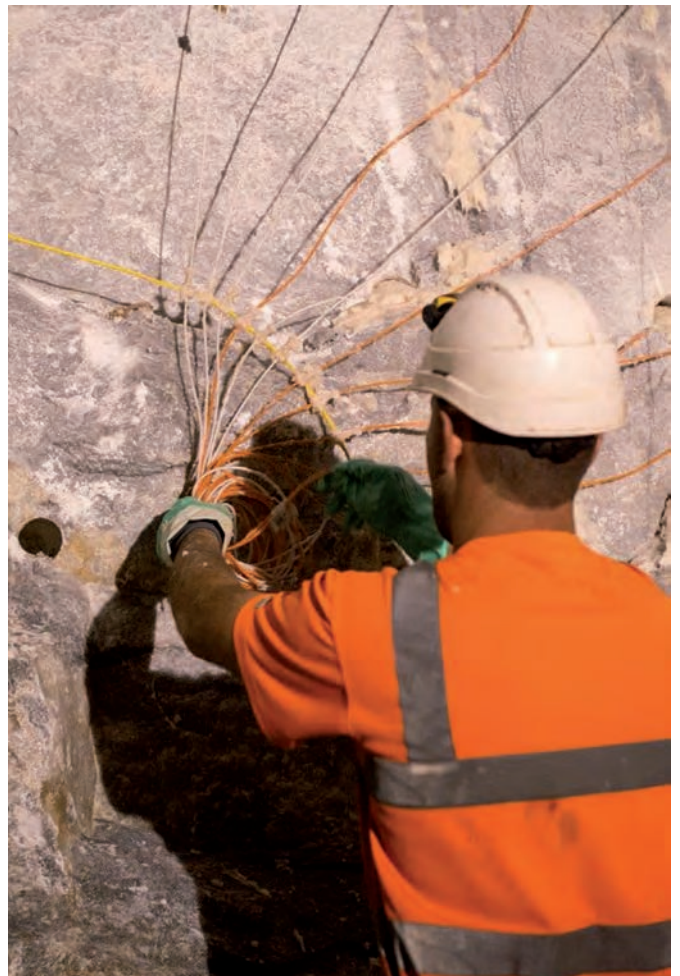
Sa vitesse de détonation avoisine les 7 000m/s. Compte-tenu de cette propriété, le cordeau détonant peut parfois être utilisé sur certaines applications comme cartouche amorce.

**Il existe différents grammages correspondant aux besoins de différentes applications :**

- 5-6g/m : cordeau de transmission.
- 10-12-15g/m : amorçage latéral d'explosifs sensibles tels que la dynamite et opérations de pétardage.
- 20-40g/m : amorçage latéral d'explosifs moins sensibles tels que les émulsions et le nitrate fioul.
- 40-70-100g/m : découpage pour l'activité TP.

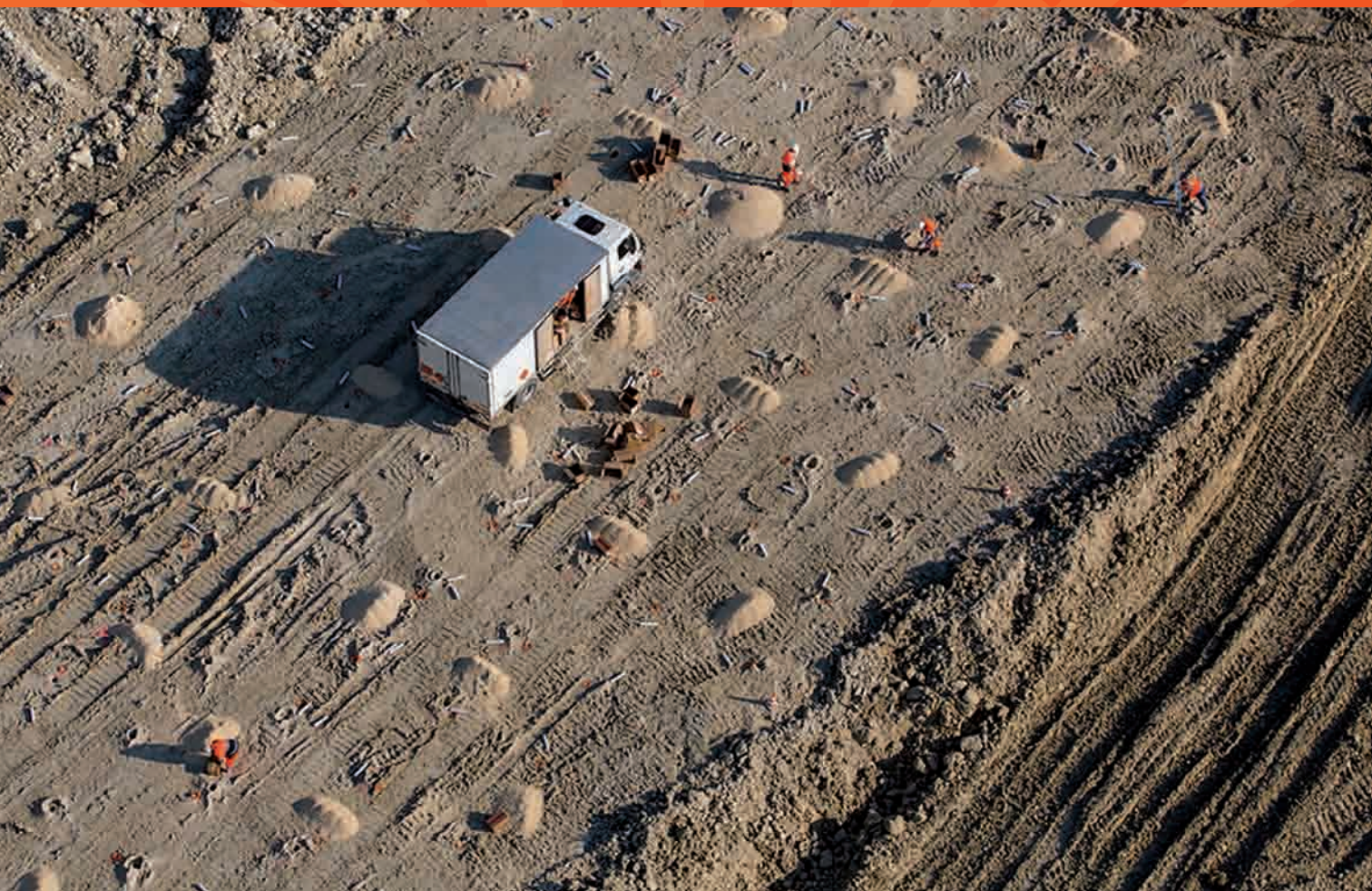
Son utilisation, bien que répandue du fait de sa résistance à la traction et de sa puissance, tend à diminuer. Il est même parfois interdit pour une utilisation en surface du fait de ses nuisances sonores. En surface, il est préconisé de le recouvrir par des cuttings de forage pour éviter cet inconvénient. Il s'agit également d'un produit particulièrement sensible aux chocs.

Ce produit est utilisé pour assurer le découpage des talus rocheux ou la continuité entre deux charges dans le même trou (passage d'une zone faillée et/ou karstifiée).



Le cordeau détonant est conditionné en bobine et fait partie de la classe DR 1.1 D.

Il peut être transporté et stocké conjointement avec les détonateurs sous réserve que ceux-ci soient conditionnés en DR 1.4 S.





# 6

## PRÉPARATION DU PROJET ET CONSULTATION DES ENTREPRISES DE MINAGE

### >> 6.1 Les études préalables spécifiques du minage à réaliser par le maître d'ouvrage et les phases de concertation

**La réalisation de terrassement de déblais rocheux nécessite préalablement à la réalisation du projet une phase importante d'étude. Ces études pluridisciplinaires appliquées au déroctage à l'explosif touchent des domaines comme :**

- La géologie du massif rocheux
- La géotechnique
- L'environnement (impact des travaux sur l'environnement proche construction réseaux ouvrage en cours de construction)
- L'impact environnemental des travaux (bruit, poussière, vibration, pollution...)
- Le développement durable (réutilisation des matériaux, bilan carbone et GES...)
- La géométrie du projet

Il est souhaitable de réaliser systématiquement un dossier géotechnique, intégrant notamment une étude préalable de vibration (norme NF P 94-500).

Les tirs de reconnaissance permettent de vérifier l'utilisation de la technique du minage par rapport aux contraintes environnementales.

Il est donc primordial que le maître d'ouvrage prenne en compte l'utilisation des explosifs dans l'établissement du projet. Il devra ainsi intégrer dès la phase conception et a minima lors de l'étude d'avant-projet sommaire, les contraintes liées à leur utilisation.

Les études géotechniques doivent, chaque fois qu'un doute existe sur la résistance des matériaux rocheux, intégrer des

études spécifiques sur la problématique de l'extraction et de la réutilisation des matériaux

**En effet l'emploi des explosifs entraînent des contraintes sur :**

- La géométrie du projet la stabilité à long terme de l'ouvrage et notamment des talus. L'intégration paysagère du talus rocheux de déblai dans le projet (talus prédécoupé, talus géomorphologique, talus avec ou sans risberme).
- Les études géotechniques à réaliser doivent tenir compte d'éléments permettant d'appréhender les méthodologies de terrassement, (les pentes de talus et donc les hauteurs de passe de terrassement) les cadences des rendements, l'équilibre du mouvement des terres et le réemploi des matériaux minés et donc les coûts du projet.
- Le phasage des déblais, notamment la réalisation des terrassements par exemple des emplacements d'ouvrage avant la réalisation du cœur des déblais (l'ordonnement des phases de terrassement entre eux et donc de la Co-activité potentielle).
- La prise en compte au niveau de la méthodologie de minage de la construction des ouvrages (contrainte du minage lié au béton frais).
- Les contraintes environnementales (bruit poussière vibration projection réseau habitation ouvrage construit avant ou pendant travaux) phase de concertation et relation avec les institutions, la population et riverains (référé préventif).
- Les contraintes liées à la sécurité dans l'enceinte du chantier, risque lié à l'organisation des tâches.

### >> 6.2 Transcription du projet en spécification pour la consultation des entreprises (DCE)

La prise en compte de l'ensemble des éléments spécifiés au chapitre 3.1.1 permettra au maître d'œuvre et son maître d'ouvrage de rédiger l'ensemble des pièces écrites intégrant la réalisation de prestation de minage.

**Les pièces dans lesquelles ces spécifications doivent être détaillées sont :**

- Le règlement de Consultation (RC)

- L'acte d'engagement
- Le cahier des clauses administratives particulières (CCAP)
- Le cahier des clauses techniques particulières (CCTP)
- Le rapport géotechnique et éventuellement un rapport de tirs d'essai
- Les plans
- Les bordereaux de prix
- Le détail estimatif

Le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) doit permettre aux entreprises d'appréhender parfaitement la prestation d'un point de vue quantitatif, qualitatif, environnemental et technique afin de la chiffrer correctement.

**A cet effet, il doit tout d'abord contenir un rapport géotechnique et un rapport d'études préalables spécifiques du minage. Ces rapports doivent contenir toutes les informations permettant aux entreprises de définir un plan de tir type et les moyens nécessaires :**

- Nature et caractéristiques des matériaux à miner
- Géomorphologie des massifs
- Présence d'eau
- Vitesse et fréquence des vibrations mesurées lors des tirs d'essai, loi de propagation calculée
- Contraintes environnementales avec plan de situation de l'ensemble des structures (réseaux, ouvrages d'Art, bâtiments, voiries,...) et leur sensibilité aux vibrations
- Les contraintes et procédures imposées par des exploitants spécifiques (SNCF, EDF, GDF, concessionnaires autoroutiers,...)

Le CCAP rappelle les contraintes réglementaires, les modalités administratives à respecter, les assurances particulières éventuellement demandées et les conditions de la sous-traitance éventuelle du minage.

Le CCAP fixe en particulier les modalités de révision de prix : dans le cadre des travaux de minage en Travaux Publics il est recommandé d'utiliser l'index TPO3b « Travaux à l'explosif » spécifique à l'activité.

**Cet index est disponible sur le site de l'INSEE.**

Le CCTP fixe la géométrie du projet, les tolérances et les spécifications techniques particulières.

Il doit préciser en particulier le type de talus à réaliser (talus classique, talus géomorphologique, talus subvertical avec pré ou post-découpage...) et le fond de forme souhaité (sur profondeur de minage ou pas, couche de forme en place,...).

De même les tolérances sur les talus et le fond de forme doivent être indiquées. Le Maître d'œuvre doit prendre garde à ne pas fixer des tolérances dans les talus rocheux qui seraient impossibles à respecter et entraînerait un contentieux pendant la réalisation.

Le CCTP doit également indiquer la granulométrie des matériaux selon leurs conditions d'utilisation (en remblais ou mis en dépôt). Cette granulométrie n'est pas uniquement liée aux

opérations de minage et peut nécessiter des opérations de traitement complémentaire (criblage, concassage).

Enfin, le CCTP peut également imposer des spécifications techniques particulières : type d'explosif, amorçage, bourrage, couverture des tirs,... Le maître d'œuvre prendra garde, ce faisant à ne pas déresponsabiliser partiellement l'entreprise du résultat et risquer d'entraîner ainsi des surcoûts.

**D'une manière générale, le CCTP définit des objectifs de résultat et non de moyen.**

Le bordereau des prix et le détail estimatif définissent la façon dont les entreprises seront rémunérées avec les quantités prévisibles.

L'ensemble des prix et leur définition telle que donnée au bordereau doit permettre de rémunérer, outre le minage proprement dit, l'ensemble des prestations nécessaires depuis l'amené du matériel, les constats d'huissier ou référés préventifs sur les ouvrages existants, les tirs d'essai avec remise d'un rapport, la réalisation des plans de tir, le contrôle externe éventuel, les mesure des vibrations,...

Il doit également fixer de façon précise la méthode d'évaluation des quantités, la prise en compte ou pas des sur profondeurs.

Si il peut, au premier abord, sembler intéressant pour le maître d'œuvre de définir des prestations très globales, telles que « déblais de toute nature » qui comprennent tout et s'appliquent dans tous les cas, il doit alors fournir un dossier particulièrement bien élaboré qui permettent aux entreprises de déterminer très précisément les quantités de chaque catégorie, les conditions de réalisation et l'ensemble des sujétions. L'analyse des offres et des sous-détails de prix devient également très complexe car le maître d'œuvre doit s'assurer que l'Entreprise a bien tout pris en compte. Le risque est grand qu'un contentieux n'éclate en cours de chantier pour informations partielles.

**Il semble donc plus judicieux de créer un nombre de prix suffisant pour rémunérer distinctement chaque prestation :**

- Amenée/repli du matériel
- Installations de chantier
- Réalisation des tirs d'essai
- Minage petite masse
- Minage grande masse
- Pré découpage
- Plus-value pour protection des talus
- Contrôle des vibrations
- ...

Ce découpage permet pour chaque prestation de rémunérer la quantité effectivement réalisée et, dans le cas où le minage est sous-traité, une plus grande transparence entre le marché principal et le contrat de sous-traitance.

Enfin, le règlement de la Consultation impose les documents que le candidat doit remettre avec son offre : mémoire technique, SOGED, SOPAQ, SOPRE... (Voir chapitre suivant).

Il peut également exiger que l'entreprise, qui n'a pas les qualifications requises en minage, déclare un sous-traitant dans son offre.

Si le minage est conséquent ou particulièrement sensible sur le

chantier, il est important que le maître d'œuvre demande tous les renseignements et justificatifs qui lui permettront de vérifier que l'entreprise ou son sous-traitant déclaré possède bien les compétences et les moyens pour assurer cette prestation.

## >> 6.3 Visite préalable des entreprises spécialisées minage

**Avant tout projet ou étude technico-économique, une visite préalable du site s'impose. En effet, cette dernière permet :**

- la rencontre des différents acteurs du projet
- la compréhension des attentes de chacun des acteurs et de l'environnement du site (environnement/sécurité/technique/géologique...).

**Lorsque l'entreprise principale ne réalise pas directement les travaux de minage (et/ou n'a pas cette compétence – voir IP ci-après), il est souhaitable que la visite préalable soit obligatoire pour l'entreprise spécialisée minage. Cette visite doit être organisée par le maître d'ouvrage et/ou le maître d'œuvre.**

## >> 6.4 Jugement administratif et technique de l'offre

### > 6.4.1 Identification Professionnelle

**À ce jour, pour estimer le niveau de technicité des entreprises spécialisées en minage cinq niveaux de qualification FNTF existent :**

- 2361 : terrassements à l'explosif avec contraintes environnantes nécessitant une haute technicité
- 2362 : terrassements à l'explosif sans contraintes environnantes
- 2363 : terrassements à l'explosif avec maîtrise des travaux d'accès difficiles
- 763 travaux subaquatiques

D'autres organismes (EDF, SNCF...) délivrent également des qualifications professionnelles basées sur leur propre référentiel.

Nous recommandons de préciser le niveau requis dans les appels d'offres publics et dans le règlement de consultation.

Si entreprise principale n'a pas la qualification, elle devrait avoir obligation de déclarer un sous-traitant minage et elle devrait joindre un mémoire minage spécifique rédigé par l'entreprise minage sous-traitante.

#### **IDENTIFICATION PROFESSIONNELLE**

**Le site de la FNTF ([www.fntp.fr](http://www.fntp.fr)) détaille le contenu de ces identifications professionnelles dans le domaine des Travaux Publics et permet d'accéder à la liste des entreprises disposant de ces identifications.**

### > 6.4.2 Offre technique avec prise en compte des spécifications

L'offre technique doit contenir un mémoire technique, un SOGED, un SOPAQ, un SOPRE. L'ensemble de ces documents doit intégrer une partie spécifique au minage.

Ces documents doivent comporter les éléments permettant au maître d'œuvre de qualifier l'offre technique des entreprises et de vérifier l'adéquation des moyens aux résultats attendus.

**Ils doivent comporter à minima :**

- Les références du personnel de minage pour évaluer leur qualification
- L'organisation du minage intégrant la conception, la réalisation et le suivi de chantier
- Les méthodes de minage qui seront mises en place
- Le matériel utilisé (foration, sismographe...)

- La méthode et les moyens de suivi des nuisances engendrées
- La liste des procédures envisagées (qualité/sécurité/environnement...).

**La maîtrise de la qualité, de la sécurité, de la sûreté et de l'environnement dans les travaux à l'explosif est très importante en raison :**

- Du caractère irréversible des travaux de terrassements ou de démolition à l'explosif
- De la possibilité des explosifs d'être détournés de leur utilisation à des fins criminelles
- De la gravité quasi-systématique des accidents avec des explosifs
- Des nuisances environnementales que les explosifs génèrent (vibrations, projection).





# 7

## LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES ET AUTRES EXIGENCES APPLICABLES AUX TRAVAUX À L'EXPLOSIF

L'ensemble des règles, règlements, normes et recommandations liés à l'emploi des explosifs nécessite de la part des entreprises utilisatrices une connaissance pointue et détaillée de ce domaine d'activité, une veille technologique et réglementaire régulière, un investissement très important en formation et en recyclage de son personnel. De fait, la profession est fortement spécialisée pour répondre à l'ensemble de ces exigences.

L'utilisation d'énergie explosive, si elle est bien maîtrisée doit répondre à un quadruple objectif de sécurité, sûreté, environnement et qualité. L'ensemble de ces domaines est régi par des textes réglementaires et des normes. La réglementation française est complexe et en évolution et seul un spécialiste est capable de s'y retrouver.

Selon qu'ils sont utilisés en mines et carrières ou sur des chantiers de travaux publics, l'emploi des explosifs est soumis à des réglementations différentes (RGIE ou Réglementation du Travail).

### >> 7.1 Hiérarchisation et principes d'application des textes

Le système est simple et pyramidal de sorte que le texte de niveau supérieur s'impose à celui de niveau inférieur.

#### AVERTISSEMENT

**Les principaux textes réglementaires et normes en vigueur sont disponibles sur le site internet du Synduex. La liste est non exhaustive et la réglementation reste en évolution permanente.**



### >> 7.2 Sûreté et sécurité

La sûreté et la sécurité sont deux notions très proches mais leurs objectifs et leurs moyens ne sont pas les mêmes.

- la sûreté regroupe l'ensemble des actions visant à protéger les populations contre les risques technologiques, naturels, ou liés à la malveillance. La réglementation dite sûreté au sens de « sûreté publique » s'adresse à l'ensemble des

intervenants du chantier mais aussi à toute personne ayant connaissance des mouvements d'explosifs

- la sécurité vise quant à elle, à lutter contre les événements accidentels et involontaires pouvant survenir aux intervenants dans le cadre de leurs missions. La réglementation pour la sécurité et la protection de la santé des intervenants s'adresse aux donneurs d'ordres, aux employeurs et à leurs salariés.

#### > 7.2.1 Les principes généraux de prévention

La directive CEE N°89-391 du 12 juin 1989 relative à la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail a été transcrite

en droit français par la loi 91-1414 du 31 décembre 1991. Cette loi énonce les principes généraux de prévention.

## > 7.2.2 Marquage et traçabilité : des obligations réglementaires

Suite aux attentats perpétrés à Madrid en 2004, la Commission Européenne a décidé de renforcer les mesures de sûreté liées aux échanges de marchandises entre les différents acteurs du marché des explosifs à usage civil au sein de l'Union Européenne.

Parmi les mesures prises s'inscrivent de nouvelles obligations de marquage et de traçabilité des produits explosifs concernés objet de la **Directive 2008/43/EC** du 4 avril 2008 modifiée par la **Directive 2012/4/UE** du 22 février 2012. Cette directive européenne est transposée en France par **l'arrêté du 5 mai 2009 modifié** et par inscription dans le code de la défense à travers le **décret n° 2012-1238**.

La **Directive 2008/43/EC modifiée** et les textes français qui la transposent imposent la mise en place d'un système harmonisé d'identification et de traçabilité de tous les explosifs à usage civil mis sur le marché au sein de l'Union Européenne, depuis le 5 avril 2013 applicable à toute la « supply chain » du fabricant jusqu'à l'utilisateur final, en deux étapes :

- 5 avril 2013 pour l'obligation de marquage,
- 5 avril 2015 pour les obligations de gestion totale de la traçabilité.

**Tous les explosifs et objets explosifs soumis à la directive européenne 93/15/EC et aux textes français qui la transposent sont concernés, sauf :**

- les produits explosifs destinés à être utilisés exclusivement par les forces armées, la police, la gendarmerie, les corps de sapeurs-pompiers et les services de déminage,
- les équipements soumis à l'arrêté pris pour l'application du décret no 84-810 du 30 août 1984 relatif à la sauvegarde de la vie humaine en mer, à l'habitabilité à bord des navires et à la prévention de la pollution,
- les amorces à percussion conçues spécialement pour des jouets entrant dans le champ d'application du décret no 2010-166 du 22 février 2010 relatif à la sécurité des jouets,
- les munitions, c'est-à-dire projectiles, charges propulsives et munitions à blanc utilisées dans les armes à feu et dans l'artillerie, dont il est fait mention de manière non exhaustive à l'annexe I de la directive 2014/28/UE du Parlement européen,
- les articles pyrotechniques destinés à être utilisés dans l'industrie.

En pratique, sont donc soumis à identification et à traçabilité l'essentiel des produits explosifs à usage civil pour mines, carrières et chantiers de travaux publics ainsi que les emballages intermédiaires, les colis et les fûts les contenant.

Depuis le 5 avril 2013 les fabricants (ou les importateurs si le produit vient de l'extérieur de l'Union Européenne) doivent obligatoirement apposer une marque d'identification unique sur

le plus petit objet ou emballage explosif possible : cartouche unitaire, sac de nitrate-fioul, détonateur unitaire, bobine de cordeau détonant, booster unitaire, bidon de poudre noire, ainsi que sur toutes les unités d'emballage les contenant : sachet, boîte, carton, palette, ...

Le numéro d'identification unique est soumis à des règles minimales données en annexe de la directive 2008/43/EC et reprises en annexe de l'arrêté français du 5 mai 2009 modifié. Sauf exception pour des objets trop petits pour que leur soit apposé le marquage réglementaire, le numéro d'identification unique comporte :

### 1) Une partie lisible à l'œil nu contenant :

- a) le nom du fabricant
- b) un code alphanumérique comportant :

*(i) 2 lettres identifiant le pays de fabrication (exemple FR pour la France),*

*(ii) 3 chiffres identifiant le nom du site de production (attribué par le ministère chargé de l'industrie (DGClS),*

*(iii) le code produit unique et les informations « logistiques » conçues par le fabricant.*

### 2) Un numéro d'identification lisible par voie électronique en code-barres et/ou format code matrice qui reprend complètement le numéro d'identification unique alphanumérique prévu au 1 b).

Les distributeurs qui reconditionnent des produits explosifs doivent s'assurer que l'identification unique est fixée au produit explosif et à l'unité d'emballage élémentaire ou, dans le cas des produits explosifs en vrac, à la seule unité d'emballage élémentaire.

La marque d'identification unique doit être inscrite ou fixée fermement et durablement (étiquette adhésive ou impression directe), sur l'article ou l'emballage concerné, de manière à être bien lisible.

Dans le cas des détonateurs électriques, non électriques et électroniques, l'identification unique peut se composer d'une étiquette adhésive apposée aux câbles ou aux tubes en lieu et place de l'identification unique apposée sur le revêtement extérieur.

Depuis le 5 avril 2015, un système de collecte des données doit permettre à chaque entreprise concernée (fabricant, distributeur, utilisateur final,...) de conserver des renseignements sur les produits explosifs fabriqués ou détenus à un moment donné, de manière à ce que le détenteur effectif des produits explosifs puisse être identifié à tout moment. Les données, y compris le numéro d'identification unique de chaque objet et de chaque emballage, doivent être enregistrées et conservées pendant 10 ans à compter de la livraison ou de la date d'utilisation ou de destruction du produit explosif, même si l'entreprise concernée a mis fin à son activité.

Les obligations des entreprises (fabricant, distributeur, utilisateur final) en matière de traçabilité sont les suivantes :

- a) tenir un fichier contenant l'ensemble des numéros d'identification unique + pour chaque item unitaire : le type de produit et le nom de l'entreprise ou de la personne qui en a la garde,
- b) répertorier le lieu où est entreposé chaque produit explosif lorsqu'il est en possession de l'entreprise et ce jusqu'à son transfert ou son utilisation,
- c) permettre que le système de collecte des données soit soumis régulièrement à des contrôles de l'administration,
- d) enregistrer et conserver les données collectées pendant 10 ans au moins après le dernier mouvement enregistré par l'entreprise,
- e) protéger les données contre tout dommage ou destruction accidentelle ou délibérée,
- f) fournir au préfet du lieu d'implantation de l'établissement ainsi qu'à toute autorité de police, de gendarmerie ou de sécurité civile, à leur demande, les informations concernant le lieu d'origine et le lieu où est entreposé chaque produit explosif unitaire pendant sa durée de vie et tout au long de la chaîne logistique,

- g) fournir au directeur départemental de la sécurité publique et au commandant du groupement de gendarmerie départementale les coordonnées d'une personne habilitée à fournir les données (Nota : la directive stipule que cette fourniture des données doit être possible 24h/24 et 7 jours/7).

**La Fédération européenne des fabricants d'explosifs (FEEM) a adopté un guide commun pour la traçabilité et en particulier un code commun à toute la profession pour l'identification et le marquage :**

- utilisation d'un format matriciel standardisé (Data-matrix au standard GS1 ECC200) pour l'identifiant électronique :
- codification harmonisée des champs selon le standard GS1.



## > 7.2.3 Acquisition des explosifs

**En matière d'explosif, c'est le préfet du lieu d'utilisation qui statue sur l'acquisition. L'utilisateur remet une demande à la préfecture où sont précisés :**

- l'identité du demandeur,
- les quantités et les qualités de produits nécessaires,
- l'exposé du motif permettant de légitimer la demande (exploitation de carrière, exécution d'un marché de travaux publics, etc.),
- les moyens de conservation des explosifs qui n'auraient pas été utilisés (reprise en consignation du fournisseur).

La préfecture établit un certificat d'acquisition au vu d'un arrêté préfectoral (UDR) ou d'une reprise en consignation et après avis de l'unité de gendarmerie ou du service de police à qui

incombent localement les missions de sécurité publique. Ce certificat, valable un an maximum et renouvelable par période d'un an, est le seul document nécessaire pour l'acquisition d'explosifs auprès d'un fournisseur. Il indique les quantités maximales qui peuvent être acquises en une seule fois ou, le cas échéant, au cours de l'année. Pour des quantités très faibles (inférieures ou égales à 25 kg et d'un maximum de 500 détonateurs), il peut être délivré un bon de commande par le Préfet après avis de la mairie ou de la gendarmerie. Il est valable pour une durée maximale de trois mois. Il ne peut être délivré plus de deux bons de commande par an.

La réglementation pour le transport des explosifs s'applique quel que soit le mode d'acquisition.

### **EXTRAIT DU CODE DE LA DÉFENSE ARTICLE R2352-74 :**

**Le certificat d'acquisition est délivré soit aux personnes autorisées en application de l'article R. 2352-110 à exploiter un dépôt ou un débit de produits explosifs, soit aux personnes autorisées à utiliser les produits explosifs dès réception en quantité supérieure à 25 kg, soit aux personnes qui justifient de l'acceptation d'un dépositaire ou d'un débitant de prendre en consignation les produits à acquérir. Il est exigé pour l'acquisition de plus de 500 détonateurs.**

Suite notamment à la directive relative à la traçabilité, le Synduex préconise que le détenteur du certificat d'acquisition soit l'entité mettant en œuvre les produits explosifs.

### **TÉLÉCHARGEMENT**

**Acquisition des explosifs : Une fiche technique est disponible sur le site internet du Synduex : [site www.synduex.com](http://www.synduex.com)**

## > 7.2.4 Circulation des explosifs

Au cours de leur circulation (entre la fabrication et leur destruction par le tir), la responsabilité des explosifs va être transférée successivement à tous les intervenants. (Fabricant, transporteur, dépôt d'explosifs, livreur sur site d'utilisation, boutefeu).

Ce transfert de responsabilité est formalisé à travers un document écrit : le titre d'accompagnement dont un exemplaire est remis à la préfecture.

Tous ces intervenants sont, à un moment donné, responsables des explosifs. Ils doivent exercer leur surveillance constante sur les produits qui leur sont confiés et répondre personnellement d'éventuelles disparitions.

Leur responsabilité commence au moment où les explosifs leur

sont remis et elle cesse au moment où ils ont été confiés à l'intervenant suivant.

Le boutefeu qui détruit les explosifs par le tir, ne pouvant pas transférer sa responsabilité à un tiers, constate la disparition des produits (et donc l'extinction de sa responsabilité) dans le registre des entrées et sorties d'explosifs dont la tenue à jour, sans blanc ni ratures est obligatoire.

Ce registre, dont les pages sont numérotées, comporte en vis à vis une rubrique « entrée » et une rubrique « sorties ». Cette pièce officielle doit être tenue à la disposition de l'autorité administrative (police, gendarmerie, etc.) qui peut le contrôler à tout moment. Le registre doit être conservé 10 ans après sa date de clôture.

## > 7.2.5 Transport des explosifs

Le transport routier des explosifs doit être réalisé par des camions et/ou fourgon agréé ADR et par du personnel habilité, en nombre suffisant (2 personnes).

Le transport conjoint des explosifs (classés en division de risque [DR] 1.1.D) et des détonateurs est interdit sauf dans le cas où les détonateurs sont conditionnés en emballage agréé de DR 1.4.S intact. Dès que l'unité de transport (c'est-à-dire la caisse d'emballage ou le caisson) est ouverte, elle n'est plus considérée comme 1.4.S et le transport conjoint n'est plus possible. La réglementation ADR pour le transport reste valide dans tous les cas et ce quel que soit le type de produits explosifs transportés.

Le transport de détonateurs reste possible sous réserve d'être conditionnés dans une unité de transport agréée (agrément INERIS ou l'APAVE - Bureau des Vérifications Techniques).

Sur chantier, le transport conjoint détonateur et explosif ne peut être réalisé que dans les mêmes conditions que le transport routier.

Pour les quantités inférieures à 25 kg, le transport d'explosifs est possible en VL sous conditions.

Il appartient d'informer les services de police et de gendarmerie territorialement compétents de tout transport de produits

explosifs en application des articles R.2352-76 à 80 du code de la défense et de l'arrêté du 3 mars 1982 relatif au contrôle de la circulation des produits explosifs.

### **IMPORTATION ET TRANSFERT INTRACOMMUNAUTAIRE DES PRODUITS EXPLOSIFS À USAGE CIVIL.**

**L'importation et le transfert intracommunautaire sont soumis à autorisation (Article L2352-1 et R2352-21 à R2352-42 du code de la Défense, Arrêté du 4 octobre 2007 relatif aux formalités applicables à la production, la vente, l'importation, l'exportation et le transfert des produits explosifs et Directive 2014/28/UE relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché et le contrôle des explosifs à usage civil). Ces opérations d'importation en provenance de pays-tiers à l'Union européenne ou de flux intracommunautaires, sont soumises à la délivrance préalable d'une Autorisation d'Importation de Produits Explosifs (AIPE) valable pour une durée d'un an.**

## > 7.2.6 Stockage des produits explosifs

Sans dépôt d'explosifs sur site de mise en œuvre, les explosifs doivent être consommés dans les 24 heures avant retour au dépôt du fournisseur (utilisation dès réception au titre du Code de la Défense - UDR).

Ce délai peut passer à 72 heures exceptionnellement en cas de problème lors de la mise en œuvre. Dans cette hypothèse, l'entreprise doit en informer la gendarmerie.

Pendant ce délai, l'entreprise utilisatrice doit en assurer le gardiennage permanent.

Au-delà de ce délai, les explosifs doivent être conservés dans des dépôts réglementés bénéficiant d'un arrêté préfectoral d'exploitation.

### **Ces dépôts de produits explosifs doivent notamment :**

- répondre aux règles générales de sûreté (Articles R2352-89 à 96 du Code de la défense et arrêté du 13 décembre 2005 fixant les règles techniques de sûreté et de surveillance relatives à l'aménagement et à l'exploitation des installations de produits explosifs),

- disposer d'un agrément technique de l'installation fixe ou mobile de produits explosifs délivré par le préfet du département (article R.2352-97 à 102 du Code de la défense),
- être couvert par une étude de sécurité au titre du Code du travail (titre VI du livre IV de la quatrième partie du code du travail, chapitre II Prévention du risque pyrotechnique),
- répondre aux spécifications du Code de l'Environnement (ICPE).

Sur ce sujet, la réglementation est en cours d'évolution et nous conseillons vivement de vérifier les dernières évolutions. De plus, la réglementation relative au transport des marchandises dangereuses par voie terrestre (arrêté du 29 mai 2009 dit arrêté TMD), et notamment les modalités de stationnement supérieur à 12 h qu'elle prévoit, ne se substitue pas aux exigences du code de la défense rappelées ci-dessus ainsi qu'au transport.

## > 7.2.7 Spécificité des UMFE

Les Unités Mobiles de Fabrication d'Explosif (UMFE) à usage civil sont des installations montées sur porteur permettant la fabrication et la mise en œuvre sur site d'explosifs vrac. Ces UMFE peuvent être utilisées en Travaux Publics ou en carrières, à ciel ouvert et en souterrain. Elles sont ainsi soumises à une réglementation spécifique selon le domaine d'activité : ce sont des ICPE soumises à simple déclaration, ce qui nécessite un délai d'instruction de deux mois minimum.

La fabrication nécessite l'utilisation de matières premières qui sont des matières dangereuses mais qui ne sont pas des substances explosives. En général, ces produits sont à base de nitrate d'ammonium.

Le stockage de ces matières premières est soumis à une réglementation spécifique « matières dangereuses ». L'UMFE doit faire l'objet d'un agrément technique à la fois en termes de sûreté et en termes de sécurité. Les produits explosifs fabriqués sur site font également l'objet d'un agrément comme l'ensemble des produits explosifs à usage civil. Ils peuvent être des nitrates fioul, des émulsions, des mélanges émulsion-nitrate fioul. Ces produits peuvent être soit pompés soit déversés selon la complexité de l'UMFE.

Ils sont décrits dans le chapitre consacré aux produits explosifs. La réglementation actuelle ne facilite pas l'utilisation des UMFE sur les chantiers de Travaux Publics malgré ses nombreux avantages :

Elles permettent une souplesse d'emploi, la réduction du transport des transports et des stockages d'explosifs.

Ils permettent également une adaptabilité du produit à la roche. Elles réduisent également la manutention et donc la pénibilité du chargement des explosifs ainsi que les temps de mise en œuvre.

L'utilisation d'UMFE permet enfin de réduire le coût du minage, notamment en présence d'eau. L'économie générale des UMFE est toutefois liée à une taille critique minimale des tirs. L'usage d'UMFE demande également une habilitation et une formation spécifique pour l'opérateur de l'UMFE et pour le boute-feu (option 7 du CPT).

Il existe des dispositions pour contrôler de la qualité des produits (mesure de VOD, mesure des densités...)



### **TÉLÉCHARGEMENT**

**Un formulaire de déclaration initiale CERFA 15271\*02 est disponible. Il est issu de l'article R512-47 du Code de l'Environnement : déclaration initiale d'une installation classée.**

## > 7.2.8 Habilitation préfectorale et agrément de sûreté

Conformément à l'article R. 2352-22 du Code de la Défense, toute personne manipulant de l'explosif doit être habilitée à la garde ou la mise en œuvre des explosifs par la préfecture de son domicile dans le cadre de sa fonction au sein de l'entreprise. Cette habilitation, qui ne vaut pas reconnaissance de compétence mais seulement de responsabilité, est valable sur l'ensemble du territoire national.

Elle est limitée à la durée des fonctions du salarié au sein de l'entreprise. Elle devra être sollicitée à nouveau en cas de changement d'employeur ou de changement de domicile.

En outre, ces salariés doivent obligatoirement avoir pris connaissance des obligations créées par l'article R2353-12 du code de la défense en cas de disparition de produits explosifs, et en avoir fait reconnaissance à l'employeur.

D'autre part, en cas d'exploitation d'un dépôt, d'un débit ou d'une unité mobile de fabrication d'explosifs, toutes les personnes physiques qui ont à un moment ou à un autre connaissance des mouvements de produits explosifs doivent être agréées à la connaissance des mouvements de produit explosifs par la préfecture de leur domicile. Cet agrément préfectoral est valable 5 ans.

## > 7.2.9 La formation

La responsabilité de la mise en œuvre des explosifs ne peut être confiée qu'à un personnel compétent dont la formation se compose d'un diplôme initial : Le Certificat de Préposé au Tir (CPT) délivré par l'Education Nationale (arrêté du 26 mai 1997).

Il s'articule principalement sur la description des techniques de tir avec les risques induits.

### **Certaines techniques de tir nécessitent l'obtention d'option supplémentaire au CPT :**

- Option 1 : Travaux souterrains
- Option 2 : Travaux subaquatiques
- Option 3 : Tir en montagne pour le déclenchement d'avalanches
- Option 4 : Tir en masse chaude
- Option 5 : Explosifs déflagrants
- Option 6 : Mèche lente
- Option 7 : Chargement en vrac avec du matériel utilisant de l'énergie
- Option 8 : Amorçage par dispositifs électroniques

Au jour de la rédaction de ce document il n'existe pas d'équivalence entre les diplômes internationaux. Le CPT reste le seul diplôme obligatoire en France. Ce diplôme doit être complété par l'acquisition d'une expérience de terrain en entreprise avec des équipes confirmées.

Un maintien périodique des connaissances est obligatoire pour l'ensemble des personnels mettant en œuvre les explosifs. Le recyclage des titulaires du CPT est obligatoire. L'article 6 du décret du 27 mars 1987 prévoit que pour le personnel préposé au stockage, au transport et à la mise en œuvre d'explosifs, « la formation initiale est complétée par des séances de formation d'une durée d'au moins deux heures par semestre ».

Dans la pratique, les entreprises réalisent en général cette formation sur une journée chaque année. Ce recyclage permet notamment d'obtenir des informations sur les évolutions des techniques de tir et un rappel sur les aspects sécurité.

## > 7.2.10 Le permis de tir

Quand le chef d'entreprise estime que le mineur est apte à réaliser seul un tir de mine, il lui octroie un permis de tir et il devient alors boutefeu.

### **Ce permis de tir obligatoire pour la mise à feu des explosifs est délivré par le chef d'établissement ou son représentant pour trois ans aux conditions suivantes :**

- Aptitude médicale aux fonctions de boutefeu constatée par le Médecin du Travail.

### **TÉLÉCHARGEMENT**

**Fiche contenu du recyclage du CPT : [www.synduex.com](http://www.synduex.com)**

Le boutefeu pourra progresser en obtenant des certificats de qualification professionnelle (CQP Boutefeu, CQP Maître Boutefeu, concepteur, expert). Il peut être assisté d'une équipe de mineurs et d'aide-mineurs pour le chargement. Ils sont tous sous la responsabilité directe du boutefeu.

Le mineur doit disposer d'un CPT. L'ensemble des personnels mettant en œuvre les explosifs doit être titulaire d'une habilitation préfectorale à la garde et à l'emploi des explosifs et doit avoir une formation de la part de son employeur à l'utilisation en sécurité des produits explosifs. De plus, le code du Travail (article R4141-3) exige que les travailleurs suivent une formation relative à la sécurité relative aux conditions d'exécution du travail. Les aide-mineurs doivent donc être formés pour effectuer leur activité en sécurité. L'employeur détermine en fonction des risques et de l'activité le type de formation et les certificats nécessaires (courrier du Ministère du Travail du 3/6/2014).

**Le Synduex recommande à ses adhérents la possession du CPT pour les personnels mettant en œuvre les produits explosifs. En complément, le Synduex a mis en place un CQP foreur et il est rappelé l'obligation de formation à la conduite d'engins (CACES...).**



- Possession du Certificat de Préposé au Tir assorti éventuellement des options complémentaires correspondant aux travaux à effectuer.
- Expérience suffisante de la mise en œuvre des explosifs dans le domaine des travaux à effectuer.

**Dans le cadre de la réalisation d'un tir de mine, un seul boutefeu est désigné. Il peut cependant être assisté par une équipe de mineurs et d'aide-mineurs disposant des formations indiquées ci-dessus.**

## >> 7.3 Traitement des emballages

Les emballages de produits pyrotechniques sont exclus du champ du code de l'environnement qui prévoit une obligation de valorisation des déchets produits.

Ils sont considérés comme des déchets pyrotechniques et doivent être traités comme tels.

Ils peuvent donc être détruits par incinération à l'air libre sur une aire spécifiquement aménagée après s'être assuré de l'absence de risques pour le personnel ou l'environnement.

Cette destruction doit être décrite dans la procédure de minage avec étude de risque.

Si une procédure permet de garantir l'absence de risque de souillure par des explosifs, il est alors possible de revaloriser ces emballages comme le prévoit le Code de l'Environnement par recyclage ou action visant à obtenir des matériaux réutilisables ou de l'énergie (brûlage dans un incinérateur avec récupération de chaleur).

Ceci est particulièrement intéressant lorsque la réglementation interdit tout brûlage à l'air libre.



## >> 7.4 Assurances

L'entreprise doit veiller à assurer les risques propres à son activité, et notamment ceux liés à l'explosif (stockage, transport, utilisation, etc...) pour des montants de garanties suffisants au regard des risques encourus (notamment les risques de tiers, environnants, avoisinants, existants et en fonction des valeurs).

**Le risque principal est le risque des dommages causés aux tiers (toute autre personne physique ou morale que l'entreprise). Ce risque est couvert :**

- soit par une police d'assurance responsabilité civile exploitation et professionnelle pour l'utilisation et le stockage temporaire,
- soit par une police d'assurance spécifique au transport d'explosifs,
- soit par le volet responsabilité civile d'une police d'assurance de dommages ou multirisques pour le stockage non temporaire (dépôts d'explosifs).

**L'entreprise devra donc, au titre de ces polices d'assurances :**

- veiller à ce que l'activité déclarée aux assureurs corresponde bien à son activité réelle,
- s'assurer qu'il n'y a pas d'exclusions ou conditions de garantie en relation avec son activité ou les risques encourus (ex. exclusion de certains types d'explosifs, limitation de quantités, conditions de stockage ou de transports, habilitation, etc.),
- adapter les montants de garantie à hauteur des risques encourus (montants de garantie en dommages corporels, dommages matériels et immatériels compte tenu notamment des exigences des maîtres d'ouvrage et de l'environnement du chantier).

Au plus tard pour la signature du marché, l'entreprise doit fournir les attestations justifiant de sa couverture en responsabilité civile pour le marché qu'elle exécute.

Les attestations produites doivent comprendre la description de l'activité de l'entreprise et les limites de couverture (montants de garantie par type de dommages, franchise).

Dans le cas de travaux présentant un risque particulier inhabituel, le maître d'ouvrage peut exiger de l'entreprise qu'elle prenne une extension de couverture.

Le surcoût peut faire l'objet d'une prise en charge par le maître d'ouvrage par l'application d'un prix unitaire spécifique du bordereau des prix.

L'assurance RC ne couvre pas les dommages causés au matériel propre de l'entreprise exécutant le minage ou aux ouvrages qu'elle réalise elle-même (en particulier si c'est une entreprise générale).

Ces dommages peuvent être couverts par une assurance « bris de machine » pour le matériel et par une assurance TRC (« Tous Risques Chantier ») pour les ouvrages.

Toutefois, ces assurances ont un coût significatif et le risque est en général très faible. Il appartient à l'entreprise d'évaluer ce risque et de le couvrir éventuellement par une assurance spécifique ou pas.

Le maître d'ouvrage peut également choisir de prendre lui-même une assurance TRC pour couvrir l'ensemble du chantier. Dans ce cas-là, tout comme pour les assurances RC, il devra veiller à bien déclarer l'ensemble des activités du chantier et s'assurer qu'il n'y a pas d'exclusion.

Enfin, nous rappelons que les travaux de déroctage ne peuvent pas faire l'objet d'une garantie de type décennale. Il n'y a donc pas lieu de demander ce type d'assurance à l'entreprise qui les réalise.





# 8

## LE DÉROULEMENT D'UNE OPÉRATION DE MINAGE

**La maîtrise de la qualité, de la sécurité, de la sûreté et de l'environnement dans les travaux à l'explosif est critique en raison :**

- du caractère irréversible des travaux de terrassements ou de démolition à l'explosif.
- de la possibilité des explosifs d'être détournés de leur utilisation à des fins criminelles.
- de la gravité des accidents avec des explosifs.
- des nuisances environnementales que les explosifs génèrent (vibration, projection, poussières...)

### >> 8.1 Les modalités administratives préalables aux travaux

Les modalités administratives sont complexes et doivent comporter un certain nombre d'éléments pour la réalisation d'un chantier de minage.

#### > 8.1.1 Le formulaire de Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux (DICT)

L'utilisation d'explosifs doit être précisée dans la demande de DICT.

**La présence de réseaux, connus ou non reconnus, a une incidence forte sur l'organisation des travaux de minage, leurs coûts et délais.**

Le formulaire DICT doit être adressé avant le début des travaux, accompagné du plan d'emprise de la zone de travaux à chacun des exploitants de réseaux concernés, en tenant compte des délais de réponse des exploitants. Les informations portées par le maître d'ouvrage dans sa déclaration de projet de travaux (DT) doivent être reportées sur le volet DT de la DICT de l'entreprise.

L'envoi peut se faire par voie dématérialisée (messagerie ou plate-forme internet des exploitants quand elles existent). Il peut également se faire par courrier.

La réponse des exploitants de réseaux suit le même formalisme que celui associé à la DT du maître d'ouvrage. Les délais sont identiques.

En l'absence de réponse d'un exploitant dans les délais impartis, l'entreprise de travaux renouvelle sa DICT par lettre recommandée avec accusé de réception. L'exploitant dispose alors d'un délai de 2 jours ouvrés à réception de la lettre de relance pour répondre.

Si l'exploitant ne répond toujours pas après ce délai et que son réseau n'est pas sensible pour la sécurité, les travaux pourront commencer.

Si son réseau est sensible pour la sécurité, il appartient à l'entreprise d'alerter le maître d'ouvrage pour qu'il décale d'autant la date de démarrage des travaux. Un constat contradictoire sera établi entre le maître d'ouvrage et l'entreprise pour confirmer l'arrêt ou la suspension du chantier et les conséquences financières qui en résultent.

Les exploitants mentionnent également les précautions spécifiques à prendre selon les techniques de travaux prévues et selon la nature, les caractéristiques et la configuration de leurs ouvrages.

Ils peuvent indiquer les prescriptions du guide technique (consignes...) élaboré par chaque concessionnaire à appliquer lors des travaux.

Ils peuvent également préciser les dispositifs importants pour la sécurité qui sont situés dans la zone des travaux (position des organes de coupure...).

Dans un délai maximal de 9 jours (15 jours si DT/DICT commune et non dématérialisée) et à leur initiative, les exploitants peuvent proposer un rendez-vous sur le lieu du projet pour localiser précisément et sous leur responsabilité leurs ouvrages. Ce rendez-vous sur site est obligatoire pour les ouvrages

présentant des enjeux importants en terme de sécurité, sauf s'il a déjà été appliqué en réponse à la DT.

Si, dans les 3 mois à compter de la consultation du télé-service, les travaux n'ont pas débuté ou s'il y a une interruption de travaux de plus de 3 mois, l'entreprise doit renouveler ses DICT. Il en est de même si la durée des travaux à proximité des réseaux sensibles est supérieure à 6 mois sans que des réunions périodiques avec les exploitants de réseaux aient été planifiées dès le début du chantier.

*En savoir plus sur le site [www.dict.fr](http://www.dict.fr)*

## > 8.1.2 Certificat d'Acquisition et utilisation dès réception (UDR)

Comme indiqué au chapitre 7.2.3, l'entreprise doit demander au préfet un certificat d'acquisition dont le délai d'obtention après présentation du dossier complet est de l'ordre d'un mois.

## > 8.1.3 Référé préventif/constat d'huissier

Le maître d'ouvrage doit faire réaliser un référé préventif sur toute construction susceptible d'être impacté par les travaux. Ce référé peut être délégué par le maître d'ouvrage à

l'entreprise adjudicataire. Dans tous les cas, il doit être réalisé avant le début des travaux.

# >> 8.2 Document et procédure en phase de préparation de chantier

Pendant la phase de préparation de chantier, l'entreprise doit établir un PPSPS (en Travaux Publics), un plan de prévention (en carrières, mines ou industrie), un SOGED, un PMQ (note

d'organisation et procédures), et un PRE. L'ensemble de ces documents doivent intégrer les risques et procédures spécifiques au minage.

## > 8.2.1 Evaluation des risques par domaine d'application (PPSPS ou PDP)

### • 8.2.1.1 Les Travaux Publics

L'urbanisation grandissante conduit, de plus en plus fréquemment, à réaliser des opérations de minage à proximité de zones occupées par des tiers.

Le minage en travaux publics devient donc de plus en plus technique et la sécurité des personnes et des biens doit être intégrée dès la phase projet. L'entreprise en charge du minage doit donner de par ses compétences et ses qualifications toutes garanties pour assurer le pré-dimensionnement des tirs et prendre les mesures de protection.

Les risques des projections et les vibrations engendrées par les tirs doivent être totalement maîtrisés.

Le plan particulier de sécurité et de prévention de la santé (PPSPS) ou l'analyse de risques rassemblent l'ensemble des procédures de sécurité à respecter : évacuation des zones, blocage des accès, horaires des tirs, procédure en cas de ratés. (Voir Code du Travail article L4532-9).

En complément, la méthodologie est formalisée dans le plan de management de la qualité (PMQ, voir chapitre 8.2.4).

### • 8.2.1.2 Les Carrières

Sur les sites d'extraction où de grandes quantités d'explosifs sont mises en œuvre, la sécurité est aussi une priorité. Chaque activité dans le minage génère un dossier de prescriptions spécifiques qui décrit les dangers et les moyens de prévention.

Le plan de prévention (PdP) décrit les risques liés à l'interaction des nombreuses entreprises présentes sur les sites et les règles de sécurité communes. (Voir Code du Travail article L4511-1)

### • 8.2.1.3 Forage

#### Les principaux risques au moment du forage sont :

- Le renversement de la foreuse,
- La chute de hauteur,
- poussières,
- bruit,
- Co-activité et circulation ...

L'entreprise doit réaliser sa propre analyse de risques en fonction du chantier.



### • 8.2.1.4 Transport et stockage éventuel des produits explosifs

#### Les principaux risques lors du transport sur chantier et stockage d'explosifs sont :

- Co-activité et circulation : le transport conjoint des explosifs et accessoires de tir est interdit (sauf dérogation)

L'entreprise doit réaliser sa propre analyse de risques en fonction du chantier.

L'explosif doit être consommé sur chantier conformément au certificat d'acquisition (en général 24 heures). De la livraison jusqu'à sa consommation, les produits explosifs doivent être gardiennés.

Au-delà de cette durée, les explosifs doivent être retournés dans un dépôt agréé conformément au certificat d'acquisition.

### • 8.2.1.5 Mise en œuvre des produits explosifs

#### Les principaux risques au moment de la mise en œuvre des produits explosifs sont :

- risques électromagnétiques,
- orages,
- détonation intempestive,
- incendie,
- chute de hauteur,
- chute de pierres,
- risques liés à la manipulation des produits explosifs,
- co-activité et circulation...

L'entreprise doit réaliser sa propre analyse de risques en fonction du chantier et définir les moyens pour protéger ses salariés.

Le périmètre de chargement n'est accessible qu'aux personnes habilitées et nécessaires au tir. Il doit être délimité et matérialisé au sol (balises, cônes...).

Dans le cadre des UMFE, la réglementation (en carrières) ou les arrêtés d'exploitation (en TP) définissent les distances d'isolement à respecter ainsi que le nombre de personnes présentes.

### • 8.2.1.6 Réalisation des tirs

#### Les principaux risques au moment de la réalisation des tirs sont :

- risques de projections,
- ratés de tir,
- risques de santé liés à la génération de gaz toxiques (oxydes de carbone ou d'azote) dans des milieux confinés.
- Co-activité et circulation...

L'entreprise doit réaliser sa propre analyse de risques en fonction du chantier.

Le périmètre de sécurité est défini par le boutefeu en fonction de l'environnement et des caractéristiques du tir. Les limites et les accès sont contrôlés par des garde-issue. Il est interdit à toute

personne pendant les opérations de tir. L'ensemble est placé sous l'autorité du boutefeu. Après contrôle de la bonne exécution du tir, le boutefeu libère les accès.

#### **ANNONCES DE TIR :**

**Les annonces de tir doivent être les mêmes sur tous les chantiers et carrières en France. La préconisation du Synduex depuis plusieurs années est la suivante :**

- 3 coups de trompe brefs 3 mn avant le tir
- 2 coups de trompe brefs 2 mn avant le tir
- 1 coup de trompe bref juste avant le tir
- 1 coup long annonçant la fin du tir

## > 8.2.2 Le Schéma d'Organisation et de Gestion et d'Élimination des Déchets (SOGED)

**L'entreprise devra préciser son organisation pour la gestion des déchets :**

- pour la foration : flexible hydraulique, bombe de peinture, bidon d'huile, chiffon souillé...
- pour la mise en œuvre des explosifs : emballage des explosifs, géotextile (en cas de couverture des tirs)

- pour la fabrication d'explosif sur site avec création d'une base de stockage du module sur le chantier : chiffons souillés de matrice, flexible hydraulique, GRV des matières premières...

L'entreprise doit réaliser sa propre analyse en fonction du chantier.

## > 8.2.3 Le Plan de Respect de l'Environnement (PRE)

**L'entreprise devra préciser son organisation en matière de respect de l'environnement :**

- mettre en place une procédure de maîtrise environnementale des nuisances par la fabrication d'explosif sur site (si l'utilisation d'unité de fabrication d'explosif sur site est prévue)
- mettre en place une procédure de maîtrise environnementale des nuisances générés par les tirs de mines

- mettre en place une procédure de maîtrise environnementale des nuisances générés par le forage.
- à informer l'ensemble des intervenants des dispositions environnementales prises.

**Cas particulier des vibrations générées par les tirs :**

Ce sujet, lié au dimensionnement des tirs, est traité dans le chapitre 8.3.2.3.

## > 8.2.4 Le Plan de Management de la Qualité (PMQ)

L'entreprise devra préciser son organisation en matière d'assurance-qualité.

**Une attention particulière devra être portée sur les points suivants :**

- les références du personnel de minage pour évaluer leur qualification surtout si les enjeux sont importants

- le matériel de foration envisagé
- les méthodes de minage qui seront mises en place
- les dispositions éventuelles prises pour protéger le bâti environnant
- les principes généraux du contrôle intérieur.
- la méthode et les moyens de suivi des vibrations
- la gestion des enregistrements (plan de tir, suivi de vibrations...)



## >> 8.3 La conception du tir

---

La conception du plan de tir est confiée à une personne expérimentée, formée et habilitée par l'entreprise. Un certificat de Qualification Professionnelle (CQP) de Concepteur-Minage est en cours de création par le Synduex et il permettra de valider la compétence du concepteur de tir.

---

### > 8.3.1 Étude et conception : les paramètres majeurs à prendre en compte pour le déroctage à l'explosif

Les opérations de déroctage consistent à fragmenter et déplacer des matériaux rocheux en place de manière à excaver un volume déterminé tout en limitant les impacts sur le milieu encaissant ou dans l'environnement.

**Leur conception nécessite donc de maîtriser le fonctionnement des charges explosives dans le rocher et impose de prendre en compte :**

- l'accessibilité du chantier, les contraintes de co-activité et les objectifs de cadence de production déterminant pour le choix des matériels de forage utilisables
- les conditions de foration, les caractéristiques géologiques et structurales du massif rocheux, la présence d'hétérogénéités (karst, poches, etc.), la situation hydrogéologique et les conditions du marché pour le choix des explosifs utilisables
- Les objectifs en termes de géométrie et de stabilité et de résistance mécanique résiduelle du massif encaissant dans le projet

- Les contraintes environnementales en termes de vibrations solidiennes, de surpression aérienne, de risques de projections mais aussi de poussières, de bruit

Ces différentes contraintes techniques devraient être définies dans les pièces du marché. En effet, l'entreprise de minage synthétise ces éléments pour définir sa méthode de travail en collaboration avec l'entreprise principale.

**Le donneur d'ordre doit avoir conscience que :**

- tout défaut d'information conduit à des incertitudes sur la détermination des méthodes et l'établissement des coûts prévisionnels. Signalons en particulier que des études géotechniques les plus complètes limitent les surprises qui se traduisent toujours par des modifications des méthodes et des délais
- tout excès de contraintes impose des méthodes plus élaborées ce qui induit un coût plus important.

### > 8.3.2 Les risques dus à l'énergie explosive dans l'environnement du projet

L'énergie, inutilisée des explosifs pour la fragmentation et le déplacement, est libérée dans l'environnement. Elle est responsable de nuisances (bruit, vibrations et projections).

#### ● 8.3.2.1 Risques de projections

L'utilisation d'explosifs entraîne l'existence de risques potentiels dans l'environnement. Il s'agit entre autres des risques de projections de matériaux au moment de la détonation des charges explosives qui peuvent concerner des structures aussi bien que des personnes.

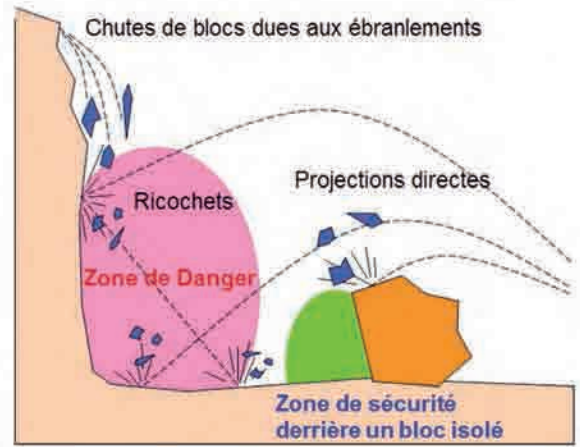
Ces risques sont liés aux techniques mises en œuvre, à la maîtrise de la géométrie du minage et des charges, au contrôle du

chargement des explosifs et aux conditions géologiques locales. Ils peuvent être estimés statistiquement et donc maîtrisés.

Leur maîtrise nécessite une connaissance exhaustive de l'environnement du projet tant en terme de structures présentes qu'en terme de densité de population potentiellement soumise à ces risques.

Il est nécessaire de ne jamais oublier que les projections ont des trajectoires paraboliques et qu'elles risquent de ricocher contre un obstacle.

Afin d'empêcher toute pénétration dans la zone où des projections peuvent se produire il est nécessaire de placer des gardes. Une liaison radio est établie entre eux et le responsable du tir. Les gardes doivent informer le responsable du tir du repli complet et de l'arrêt de la circulation quand cela est nécessaire. Le responsable du tir en informe ensuite le boute-feu.

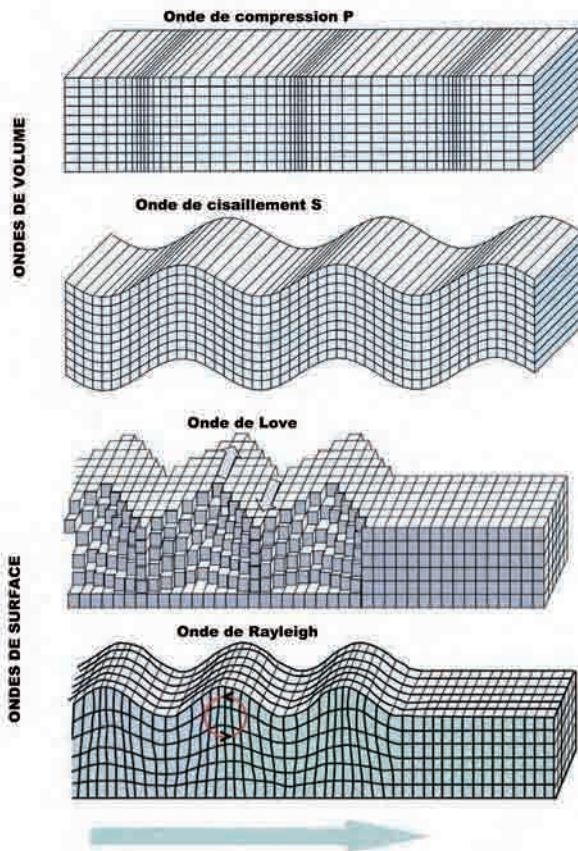


### • 8.3.2.2 Risques de déstabilisation de talus ou de structures

Il peut exister des risques de déstabilisation de talus ou de structures à la stabilité déjà précaire par des phénomènes vibratoires solidiens ou aériens. Leur maîtrise passe par le contrôle des niveaux de vibrations et de surpression mais suppose que ces structures aient été identifiées.

Il en est de même pour les risques de fissuration ou d'endommagement de structures par des phénomènes vibratoires solidiens ou aériens.

### • 8.3.2.3 Les vibrations



Différents types d'ondes solidiennes

Dans les opérations de minage, une partie de l'énergie explosive (environ 15 % à 25 % selon l'efficacité du tir) n'est pas utilisée dans le processus d'abattage (fragmentation, foisonnement et déplacement) du massif rocheux. Elle est transmise aux milieux environnants (terrains, nappes d'eau ou atmosphères) et s'y propage sous forme d'une onde vibratoire mécanique dite vibration solidienne dans les terrains ou dans l'eau et dite surpression aérienne dans l'atmosphère.

Dans les fluides (eau ou atmosphère), les ondes mécaniques sont des ondes de compression alors que dans les solides on peut rencontrer des ondes de compression ou des ondes de cisaillement mais également des ondes surface (Love ou Rayleigh).

La propagation de ces ondes mécaniques varie selon les caractéristiques des milieux traversés et du type d'onde.

La répartition énergétique entre vibrations solidiennes et surpression aérienne varie selon les caractéristiques du massif rocheux et du tir. En général, dans les opérations à ciel ouvert, l'énergie véhiculée par la surpression aérienne est plus faible que celle des ondes solidiennes.

#### a. Les surpressions aériennes

Les surpressions aériennes produites par les tirs de mines sont des vibrations acoustiques transmises par l'air. Elles comportent une partie audible mais l'essentiel de l'énergie transmise se situe dans les infrasons (environ 90% de l'énergie transmise). Les surpressions proviennent du mouvement des fronts de taille agissant comme des membranes de haut-parleurs et de

la détente à l'air libre de gaz d'explosion à travers les fissures du massif rocheux ou de l'effet de charges non confinées (détonateurs ou cordeau détonant en surface en surface, charges appliquées en démolition...).

Le niveau de surpression aérienne des tirs est d'autant plus important que les charges sont peu confinées (par exemple, en présence de failles non prise en compte) voire à l'air libre (par exemple, dans le cas d'un amorçage par cordeau détonant de surface, ce qui ne correspond plus aux pratiques usuelles)

La surpression aérienne, à travers sa composante en très basse fréquences (infrasons), est à l'origine de mise en mouvement des structures impactées et en particulier les parois minces (vitrages, cloisons, etc.).

La surpression aérienne est ressentie comme un bruit pour les fréquences les plus élevées et comme des vibrations solidiennes pour les infrasons.

La grandeur mesurée est le dB(L) ou Décibel linéaire. Elle est mesurée usuellement à l'aide de chaînes de mesures de vibrations équipées de microphones adaptés permettant d'enregistrer les très basses fréquences. Signalons que les sonomètres classiques sont inadaptés à la mesure de la surpression aérienne des tirs de mines.

La réglementation française recommande de se tenir en dessous de 125 dB(L).

Les progrès réalisés dans l'élaboration des plans de tirs, en matière de contrôle de la géométrie des tirs et donc du confinement des charges et dans le domaine de l'amorçage ont permis de réduire significativement cet impact et de le maîtriser.

### **Le boutefeu minimise cette nuisance en mettant en œuvre les points suivants :**

- Eviter l'utilisation de cordeau détonant de surface
- Privilégier l'amorçage fond de trou par rapport à tout autre mode d'initiation.
- Contrôler le confinement des charges (respect de la banquette et des hauteurs de bourrage).

#### **b. Les vibrations solidiennes**

Les vibrations solidiennes ont pour origine la diffusion au sein du massif rocheux de l'énergie explosive inutilisée dans le processus de fragmentation. Cette énergie se répartit au fur à mesure de la propagation dans un volume du massif de plus en plus grand, ce qui conduit à une réduction des niveaux vibratoires en s'éloignant du trou de mine.

Les vibrations sont caractérisées indifféremment par le déplacement des éléments de matière, la vitesse de déplacement dite vitesse particulière ou l'accélération correspondante.

Ces vibrations se transmettent aux structures riveraines qui les amplifient ou les atténuent selon leur fondation, leur

construction et leur vétusté définissant leurs modes propres de vibrations. Ces vibrations sont susceptibles de provoquer des dommages si leur intensité n'est pas maîtrisée.

Elles sont très bien perçues par l'homme qui est capable de détecter des niveaux très faibles.

Dans la pratique, ce sont les vitesses particulières qui sont mesurées le plus communément sur les chantiers, leurs niveaux étant en relation avec l'apparition de dégâts comme le montrent les études réalisées à travers le monde et en France.



Les seuils d'apparition de dégât varient selon la gamme de fréquence des signaux ce qui conduit à des limites variables avec les fréquences dans de nombreux pays et à une pondération fréquentielle du signal en France.

Un arrêté du 22/09/1994 fixe en France une limite de 10 mm/s en niveau pondéré, applicable aux mines et carrières, à respecter dans les constructions voisines susceptibles d'accueillir des personnes.

Dans les travaux publics, les limites sont fixées par le CCTP (Cahier de Clauses Techniques Particulières) du chantier.

De nombreuses études ont permis de définir des modèles de propagation des vibrations indispensables à la maîtrise des effets des tirs. La vitesse particulière maximale ( $V_{max}$  en mm/s) dépend de la distance du tir au point de mesure ( $D$  en m) et de la charge explosive mise en jeu par intervalle de temps dite charge unitaire ( $Q$  en kg) selon une relation mathématique de la forme suivante :

$$V_{max} = K \times \left( \frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^\pi$$

Ce type de loi est utilisé pour le dimensionnement des tirs en début de chantier mais également pour le suivi des vibrations en cours de chantier.

Le confinement des charges est un autre paramètre important du contrôle des vibrations, un excès de confinement conduisant à des vibrations plus élevées, contrôlé pour l'essentiel par la charge spécifique ou quantité d'explosifs par m3 de roche.

Comme pour les surpressions aériennes, les progrès réalisés dans l'élaboration des plans de tirs, en matière de contrôle de la géométrie des tirs et donc du confinement des charges et dans le domaine de l'amorçage ont permis de réduire significativement cet impact et de le maîtriser.

Au besoin, des procédures de calculs informatiques permettent de simuler les niveaux vibratoires de manières précises avant tir et de déterminer des organisations de retards permettant de réduire les niveaux de vibrations.

### **Le boutefeu minimise les nuisances vibratoires en mettant en œuvre les points suivants :**

- Contrôler le confinement des charges (respect de la banquette et des hauteurs de bourrage).
- Adapter l'énergie spécifique,
- Optimiser les séquences d'amorçage.

Il n'y a pas de comparaison possible entre les tirs de mine et l'énergie déployée par un séisme : l'énergie déployée, les fréquences et la durée ne sont pas du même ordre de grandeur. La réalisation des tirs génère une émergence sonore importante sur un délai très court.

#### **• 8.3.2.4 Le bruit**

#### **Il est possible de limiter cette nuisance par la conception du plan de tir en prenant en compte :**

- La qualité du bourrage
- L'élimination du cordeau en surface
- La qualité de l'amorçage

*La prise en compte de l'ensemble de ces risques et leur limitation est coûteuse. Il faut donc trouver le meilleur choix technique répondant aux besoins et à ces contraintes. Pour toutes ces raisons, il est impératif d'avoir recours à des professionnels confirmés pour optimiser les résultats et limiter au maximum les effets négatifs des séquences de tir sur l'environnement.*

### **> 8.3.3 Contraintes techniques**

Les différentes contraintes techniques devraient être définies dans les pièces du marché. En effet, l'entreprise de minage synthétise ces éléments pour définir sa méthode de travail en collaboration avec l'entreprise principale.

#### **Le donneur d'ordre doit avoir conscience que :**

- Tout défaut d'information conduit à des incertitudes sur la détermination des méthodes et l'établissement des coûts prévisionnels. Des études géotechniques les plus complètes possibles limitent les surprises qui se traduisent toujours par des modifications de méthodes, de délais et de coûts.
- Tout excès de contraintes impose des méthodes plus élaborées ce qui induit une dépense plus importante.

### **> 8.3.4 La conception du plan de foration**

Le plan de foration est l'élément essentiel dans la réussite d'un tir de mines. Il doit tenir compte des paramètres de production (cadence, granulométrie, cotes à atteindre) et des paramètres environnementaux (adéquation de la maille, du diamètre, de la profondeur des trous pour limiter projections et vibrations). La genèse du plan de foration est différente en fonction de la configuration du chantier, des paramètres techniques de celui-ci et de la structure de la roche.

#### **Les paramètres de foration ayant un impact sur la qualité du tir sont :**

- Diamètre de foration
- Hauteur de passe

- Sur profondeur
- Espacement entre trous (maille)
- Inclinaison des trous

#### **Il existe plusieurs types de foreuses :**

- Les fonds de trou
- Les hors de trou
- Les systèmes mixtes ou intermédiaires
- Les systèmes Rotary

Le choix de la méthode de foration est fonction de l'environnement, de la géologie, des cadences de production, du traitement des talus...



Des techniques spécifiques sont mises en place comme les levés de front en 2 ou 3 D en carrières et relevés topographiques en xyz pour les chantiers de Travaux Publics.

Des contrôles a posteriori sont mis en place principalement sur le contrôle des déviations des trous.

	Foreuse Fond de Trou	Foreuse Hors Trou
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gros diamètre possible</li> <li>- Grandes profondeurs</li> <li>- Rectitude du forage</li> <li>- Puissance de soufflage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compacité du matériel</li> <li>- Coût</li> <li>- Vitesse de pénétration</li> <li>- Consommation de GO accrue</li> </ul>
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût du forage (machine plus chère, consommation GO pour le compresseur plus gros)</li> <li>- Taille de la machine</li> <li>- Vitesse de pénétration instantanée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitée en profondeur</li> <li>- Rectitude du trou en terrain friable</li> <li>- Limitée en gros diamètres</li> <li>- Pression d'air de soufflage limitée</li> </ul>



## > 8.3.5 La conception du plan de chargement et d'amorçage

Le plan de chargement et d'amorçage est le résultat de la conception du tir. C'est le document qui va permettre au boufeuf de préparer le tir conformément aux choix du concepteur.

Il est propre à chaque tir. Il peut évoluer en prenant en compte les résultats des tirs précédents.

### Il prend en compte :

- La géométrie du déblai
- La géologie
- Les contraintes liées à la réglementation
- Les contraintes du site (charges admissibles, orientation des fronts, présence de bâtis ou d'ouvrages)
- Les produits explosifs et d'amorçages disponibles
- Les diamètres de foration retenus
- L'objectif de blocométrie recherché et les moyens d'extraction prévus

Il donne lieu au plan de foration, celle-ci devant être réalisée conformément aux souhaits du concepteur.

### Le rendement du tir peut être amélioré par des mesures techniques consistant à :

- Adapter au mieux l'explosif à la roche à abattre,
- Orienter le front d'abattage en fonction de la structure du massif et du bâti à protéger,
- Opter pour une séquence d'amorçage qui assure une surface de dégagement maximale à chaque instant d'amorçage,
- Optimiser les paramètres géométriques du tir (banquette, espacement entre trous, inclinaison),
- Améliorer la densité de chargement (rapport volume d'explosif / volume du trou)
- Assurer un bourrage de qualité.

### ● 8.3.5.1 Choix des protections

Selon l'environnement du tir (site urbain ou bâti proche, ouvrages à protéger...), le concepteur peut être amené à prévoir des protections contre les projections.

### Il existe différents types de protection plus ou moins complexes à mettre en œuvre :

- Géotextile,
- Géotextile et remblais,

- Filets, Filets ASM
- Treillis,
- Blindages métalliques
- Pare-éclat amortisseur caoutchouc (pneus ou tapis)
- ...

La nécessité de mettre en œuvre ces protections doit être prise en compte dès la conception du tir.



## S 8.3.5.2 Le choix des produits explosifs

Les principales caractéristiques utiles pour le choix d'un explosif sont:

- La sensibilité à l'onde de choc,
- Le diamètre critique de détonation,
- L'énergie de choc,
- L'énergie de gaz,
- Vitesse de détonation,
- Volume de gaz,
- La tenue à l'eau,
- Leur diamètre et leur masse,
- Le couplage dans le trou

Les objectifs du concepteur sont par ordre de priorité :

- Garantir le bon fonctionnement de l'explosif dans les conditions géologiques et géométriques du site (fracturation, résistance en compression du massif, présence ou non d'eau...).
- prendre en compte les contraintes environnementales du site,
- Garantir un niveau de sécurité optimum pour l'ensemble du cycle de déroctage/marinage,
- Respecter les objectifs figurant au cahier des charges
- Optimiser les coûts,

Le choix d'un produit explosif (usine ou fabriqué sur site) doit donc être adapté à l'ensemble de ces problématiques.

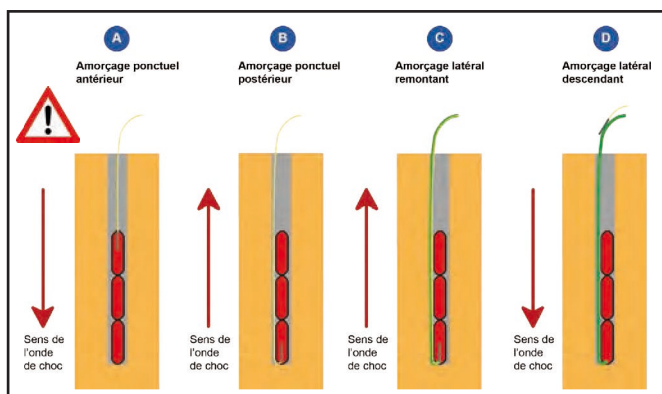
Pour en savoir plus sur les caractéristiques des produits et leurs avantages et inconvénients, se reporter au chapitre 4.1.

## S 8.3.5.3 Les méthodes d'amorçage

Le terme amorçage s'applique aussi bien pour l'amorçage individuel de chaque charge que pour l'amorçage global du tir.

### i. L'amorçage de la charge

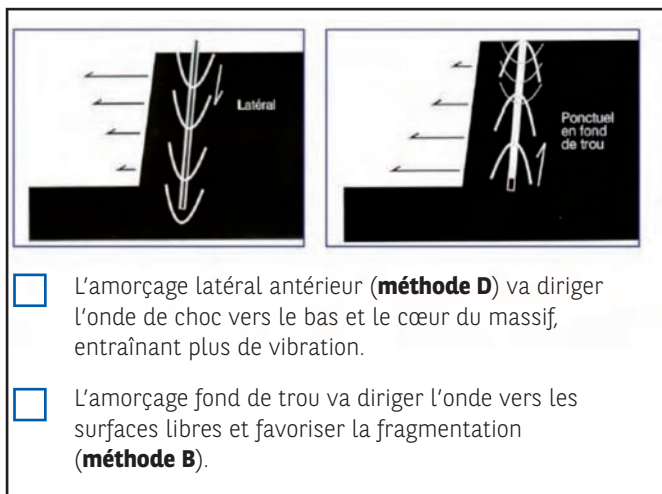
Il existe plusieurs types d'amorçage de charges autorisés en France, illustrés par le schéma ci-dessous.



La méthode d'amorçage antérieur (A sur le schéma) n'est pas utilisée en l'état. En effet lors du chargement du trou de mine, si une cartouche se coince à mi-hauteur, la partie inférieure de la charge ne sera pas amorcée. Cette méthode permet toutefois le traitement des ratés de tir.

L'amorçage postérieur, ou fond de trou (B sur le schéma), est le plus couramment utilisé car il permet le meilleur rendement de la charge explosive. Dans certains cas, il est nécessaire d'ajouter un cordeau détonant pour assurer la continuité de la charge en cas de présence de bourrages intermédiaires ou de risque de coupure de charge (méthodes C et D sur le schéma).

Dans le cas de la méthode D, l'ensemble des trous doit être amorcé simultanément et l'utilisation de micro retards est de fait proscrite.



### ii. L'amorçage du tir

L'amorçage du tir consiste à connecter l'ensemble de la chaîne pyrotechnique.

Pour les détonateurs électriques, seul le montage en série est autorisé. D'autres méthodes d'amorçage peuvent être utilisées sous dérogation administrative comme par exemple un montage série/parallèle.

Pour en savoir plus sur les caractéristiques des systèmes d'amorçage et leurs avantages et inconvénients, se reporter au chapitre 4. 2.

## >> 8.4 L'approvisionnement du chantier en produit explosif

### > 8.4.1 Procédure de transport

Les explosifs fabriqués en usine sont stockés dans des dépôts. Ils sont transportés vers le chantier sur la voie publique conformément à l'ADR (Accord européen pour le transport des marchandises dangereuses par la route).

Ce transport doit respecter la législation et peut donc être soumis à des contraintes réglementaires sur les horaires de livraison, les itinéraires, les quantités...

Le chantier ne peut être approvisionné qu'à partir du moment où il dispose des autorisations nécessaires (certificat d'acquisition et/ou UDR).

Le transport sur chantier est abordé au chapitre 8.2.1.4.

### > 8.4.2 Livraison et réception des explosifs sur le site

Les produits pourront être transférés dans le dépôt de l'utilisateur (permanent ou temporaire) ou livrés au plus près du lieu de l'utilisation.

Le déchargement et le transport sur site des explosifs doivent faire l'objet d'une procédure sécurité spécifique.

Le transfert de la propriété est réalisé au moment de la réception et acté par la signature du bon de livraison.

## >> 8.5 Mise en œuvre des explosifs : décomposition d'une opération de minage

### 1. Contrôle des trous

Le boutefeu doit contrôler tous les trous de mine avant l'arrivée des produits explosifs (maille, profondeur et inclinaison). Les trous trop profonds peuvent être réglés en altimétrie par un apport de cuttings de forage.

Les trous bouchés doivent être repris par la foreuse afin d'éviter de modifier les caractéristiques du plan de tir (nombre de trous, séquences). À compter de la livraison des explosifs, le carreau doit être balisé. Il n'est accessible qu'au seul personnel nécessaire au chargement des explosifs.

### 2. Chargement des trous, amorçage

La mise en œuvre des explosifs y compris bourrage des trous ne peut être fait que par du personnel qualifié (voir chapitre 6.2.9). La longueur des fils de détonateurs ou des tubes doit être supérieure à la profondeur des trous. Il est interdit de faire un raccordement dans un trou sous peine de risque de rupture du fil. La quantité d'explosif par trou, conforme au plan de tir est contrôlée par comptage des cartouches ou suivi au bourroir pour les explosifs en vrac. La hauteur de bourrage doit être conforme au plan de tir.

### 3. Bourrage des trous

Le bourrage doit être réalisé soigneusement. Sa qualité participe grandement au résultat du tir mais aussi à la réduction des projections verticales.

Il doit être réalisé avec un matériau de type 4/6 voire 4/10 mm. L'emploi des cuttings de forage est à proscrire.



### 4. Raccordement et contrôle

Le boutefeu raccorde les détonateurs entre eux selon le plan de tir prévu. Il vérifie que tous les détonateurs sont raccordés. Un détonateur oublié produit un raté de tir.

Lorsqu'il y a plusieurs lignes de tir, le raccordement est fait ligne par ligne. Les connections doivent être protégées de l'humidité. Le nombre d'intervenants pour accomplir cette tâche doit être très limité pour éviter les erreurs et oublis.

Les contrôles de détonateurs doivent être réalisés au cours du chargement de chaque trou.

Le boutefeu met ensuite en place sa ligne de tir jusqu'au poste de tir. Il contrôle celle-ci et sécurise son poste de tir et sa console. Les nouvelles générations de console de tir permettent une mise à feu à distance (sans fil).

## 5. Evacuation du périmètre

La procédure de tir définit le périmètre à évacuer pour chaque tir. Il n'y a pas de distance réglementaire. C'est le boutefeu qui est responsable de la définition de son périmètre afin de protéger les biens et les personnes. Chaque point d'accès est gardé par une vigie en contact visuel ou radio avec le responsable de la sécurité du tir qui peut être le boutefeu. L'utilisation de la radio est strictement interdite sur le pas de tir. Un contrôle visuel de l'absence de présence humaine dans le périmètre doit être fait après fermeture des accès par le responsable de la sécurité du tir.

## 6. Tir

Lorsque le périmètre est sécurisé, le tir est annoncé par un signal sonore.

**Les annonces de tir doivent être les mêmes sur tous les chantiers et carrières en France. La préconisation du Synduex est la suivante :**

- 3 coups de trompe brefs 3 mn avant le tir,
- 2 coups de trompe brefs 2 mn avant le tir,
- 1 coup de trompe bref juste avant le tir,
- 1 coup long annonçant la fin du tir.

Cette procédure sonore doit être connue par tous (affichage). Le boutefeu procède au dernier contrôle de son tir (ligne, périmètre). Le boutefeu procède au tir. Après déclenchement de celui-ci, il vérifie la bonne exécution du tir, l'absence de ratés et d'instabilités éventuelles (blocs) puis informe par signal sonore de la fin du tir (coup de trompe long). Les vigies libèrent les accès.

## 7. Traitement des ratés

Un raté de tir peut être constitué par un non départ d'une ou plusieurs charges. Ceci peut impliquer les détonateurs et/ou les explosifs.

Le traitement des ratés de tir fait l'objet d'une procédure spécifique.

Dans tous les cas, une nouvelle analyse de l'environnement global du tir doit être effectuée avant intervention. En effet, la situation est en mode « très dégradée ».

### En cas de raté de tir, le boutefeu doit décider :

- De traiter immédiatement le raté. Dans ce cas, il n'annonce pas la fin du tir et procède à un deuxième tir dans le même créneau.
- De le traiter plus tard. La zone du raté est alors balisée et gardiennée si nécessaire afin d'éviter tout risque d'intervention.

La fin du tir est annoncée selon la procédure sonore.

Le raté est traité dans le cadre d'un nouveau tir.

Dans le cas d'un raté impliquant un détonateur électronique, le traitement de ce raté ne peut être fait que par un personnel très expérimenté qui n'est pas forcément le boutefeu.

## 8. La responsabilité du boutefeu

**La réalisation d'un tir implique une grande responsabilité du boutefeu :**

- en matière de sûreté (vis-à-vis du risque de vol d'explosif). En effet, détenant l'autorisation d'acquisition des explosifs, il est pénalement responsable de la garde de ceux-ci.
- en matière de sécurité vis-à-vis de tout risque de dommage humain (personnels et riverains) et matériel tout au long du processus de tir.
- en matière de qualité pour garantir la bonne exécution et le résultat du tir.

Compte-tenu de ces responsabilités, la liberté d'action du boutefeu ne doit pas être entravée par un tiers en matière de sécurité et de sûreté du tir.

Au-delà des autorisations administratives, de l'habilitation, de l'agrément, de la possession du CPT et du permis de tir et, la réalisation des tirs ne peut être confiée qu'à des boutefeux expérimentés, sérieux et pratiquant régulièrement.

## >> 8.6 Conception numérique du minage

Comme la plupart des activités industrielles et humaines, le minage bénéficie de plus en plus de l'utilisation du numérique et de logiciels d'aide à la conception et au contrôle. Si la première préoccupation du minage répond à des objectifs de sécurité, les applications auxquelles le minage s'applique exigent de plus en plus d'efficacité.

Pour ce faire, l'expérience du mineur doit être assistée par des outils, qui sont des outils informatiques et métrologiques.

C'est certainement la combinaison de ces deux composantes qui apporte le plus d'efficacité dans la recherche du résultat de tir souhaité.

De nombreux logiciels d'aide à la conception de plans de tir existent. L'évolution de ces logiciels apporte une amélioration des pratiques de minage. En effet, si les logiciels ne se substituent pas à la connaissance du mineur ou de l'ingénieur en minage, leur efficacité réside dans les moyens supplémentaires qu'ils apportent pour s'adapter à la réalité du terrain en prenant en compte ses variations et aléas. Ainsi, en parallèle de logiciels « experts » destinés à la réalisation d'études, on a vu ces dernières années apparaître sur le marché des logiciels « opérationnels » destinés à accompagner le technicien du minage dans la conception et le contrôle des tirs.

Le premier avantage qu'apporte un logiciel opérationnel est la formalisation des bonnes pratiques. Ces logiciels intègrent des procédures qui définissent une façon de faire. Ainsi, en fonction de leurs fonctionnalités, ils peuvent améliorer les pratiques en intégrant et traitant des informations qui ne sont pas accessibles à vue d'œil. Les logiciels sont divers et se distinguent par les fonctionnalités qu'ils offrent. Les plus importantes d'entre elles sont citées ci-après :

### **La capacité à recevoir des informations**

C'est la capacité des logiciels à intégrer des données provenant d'outils de mesure : lasers 2D, levées 3D réalisées soit par stations totales soit par drones, GNSS (GPS), sondes de déviations de trous, photogrammétrie... Ce sont en général les capacités de modélisation qui vont déterminer les données importées.

### **La capacité à réutiliser les informations**

C'est la capacité des logiciels à intégrer l'ensemble des informations provenant des tirs antérieurs. Cela comprend les enregistrements de paramètres de forage, la traçabilité des explosifs, les levées 3D, les enregistrements de vibrations et de surpression, les informations géologiques etc.

### **La conception des études de risques**

C'est la capacité à modéliser sur l'ensemble d'un projet des risques environnementaux et en particulier les risques de projections et de vibrations.

### **La fonction de modélisation**

C'est la capacité à créer un modèle le plus représentatif possible de la réalité. La représentation de la géométrie du volume à miner en est une fonction primordiale. Il y a donc une grande différence entre le logiciel qui modélise un front théorique et un autre qui modélise la géométrie réelle obtenue par un scan 3D.

Les capacités de modélisation sont liées aux outils de mesure associés. Ainsi une visualisation complète en 3D d'un front à abattre donnera plus de précision qu'un simple profil en 2D. Par ailleurs, la modélisation du massif rocheux, telle que la présence de failles ou de zones terreuses, sont des données importantes qui contribuent à la sécurité des tirs.



### **La fonction d'implantation du forage.**

C'est une fonction très utile : la définition de la géométrie de tir sera d'autant plus efficace qu'elle pourra tenir compte d'une modélisation de la géométrie réelle. Ceci comprend les altitudes du carreau supérieur et inférieur afin d'implanter les bonnes longueurs de forage. De même, la topographie du front (dans le cas du tir en carrière) permettra de contrôler les épaisseurs réelles (banquettes).

### **La fonction de chargement des explosifs**

C'est une fonction qui n'est pas toujours présente dans les logiciels disponibles sur le marché. La raison est que l'utilisation des données sur le chargement exige des compétences de l'art du minage dont ne disposent pas toujours les équipes de développement des logiciels. Par conséquent, les fonctionnalités se limitent souvent à la géométrie et à la topographie.

### **La fonction de conception de séquences**

Comme pour les fonctionnalités de chargement, il existe des logiciels spécifiques pour la conception de séquences. Un logiciel global qui intègre cette fonctionnalité sera d'autant plus performant.

### **La fonction de communication avec le monde extérieur**

C'est la capacité à communiquer avec des logiciels extérieurs, surtout topographiques, afin d'insérer le tir dans le contexte global de l'exploitation ou du chantier. Dans un environnement minier, ceci permet de tenir compte de la planification et des problèmes de dilution de minerai (en identifiant précisément les zones minéralisées obtenues par la modélisation géologique). Des développements sont en cours pour intégrer directement ces données dans les matériels de forage.

Il n'existe pas à ce jour de logiciel commercialisé intégrant la totalité de ces fonctionnalités. En revanche, il existe des logiciels propriétaires de sociétés spécialisées en minage.

Ils intègrent la plupart de ces fonctionnalités mais sont généralement utilisés dans le cadre des opérations internes de forage-minage. Ce domaine est en constant développement.

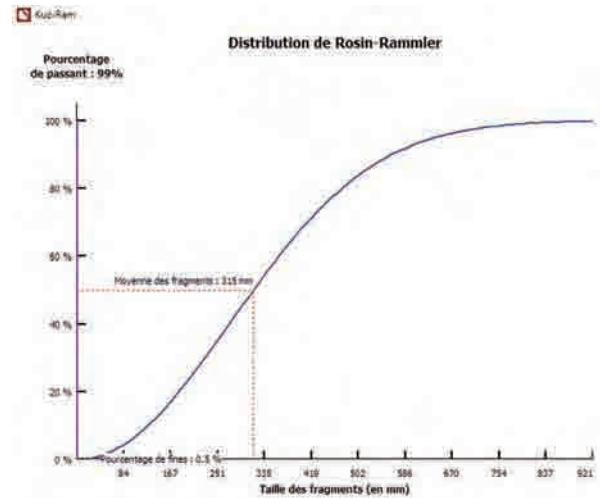
### La fonction de simulation et prévision

La prévision des vibrations est la fonctionnalité la plus demandée dans le minage opérationnel, car elle influence directement le bon déroulement du chantier. Les logiciels de conception qui intègrent cette fonctionnalité existent mais sont rares. Il existe plutôt des modules indépendants.

Jusqu'à très récemment, c'est uniquement l'expérimentation terrain (« processus essai-erreur ») qui a permis de faire évoluer les techniques de minages en testant empiriquement une multitude de configurations de chargements et de séquences de tir sur la base d'une multitude de géométries de tir.

Depuis le milieu des années 2000, des logiciels de simulation numériques sont apparus sur le marché.

A partir de la modélisation du tir, ceux-ci sont capables de fournir une prévision des niveaux de vibration, des courbes granulométriques, des distances de projection, voire de la forme du tas abattu.



Exemple d'écran d'un logiciel : entrée des données, simulation des niveaux de vibration et courbes granulométriques (simulées et mesurées)

La connaissance pleine et entière de la géologie et des propriétés géo-mécaniques de chaque particule de roche étant toutefois impossible, ces logiciels doivent permettre une corrélation entre les prévisions et les résultats obtenus sur le terrain pour augmenter la précision de la prédiction à chaque nouveau tir.

Ils permettent alors de tester numériquement différentes configurations jusqu'à obtenir celle qui permettra la meilleure optimisation de l'énergie explosive pour atteindre un résultat

donné, permettant à la fois la réalisation d'économie et un meilleur respect des contraintes environnementales. Des outils d'aide à la décision sont parfois intégrés pour guider l'utilisateur dans ce sens.

Du fait de leur complexité, l'emploi de ces outils numériques est encore cantonné à certains chantiers importants mais il est probable que leur évolution, tant en terme d'ergonomie que de finesse des prévisions et d'aide à la décision permettra leur développement dans le futur.





# 9

## ANALYSE COMPARATIVE DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE DÉROCTAGE

### >> 9.1 Analyse technique

Chaque technique a son domaine d'emploi et répond souvent à une exigence spécifique.

Lorsque plusieurs techniques répondent au même domaine de spécification, elles n'ont pas toutes les mêmes avantages et inconvénients, une étude spécifique liée au contexte doit être menée.

Le tableau ci-dessous donne une première approche de l'intérêt de chaque technique selon le critère pris en compte.

**Tableau comparatif minage et techniques alternatives (BRH, Fraise, Raboteuse minière, ripage, dent de déroctage)**

Technique	Durée	Domaine d'activité	Productivité	Autorisation préalable	Coût	Vibrations	Poussière	bruit
Déroctage à l'explosif	0 à 10 secondes	Roche dure	Forte	Nécessaire	Faible	Contrôlée	Faible lié à la foration	Réduit et bref
Brise roche hydraulique	Continue	Roche tendre et dure	Faible	Sans	Elevé	Fortes et continues	Sans	Fort et continu
Raboteuse minière	Continue	Roche tendre et pas trop dure	Moyenne	Sans	Très élevé	Sans	Sans	Moyen et continu
Eclateurs et ciments expansifs	De quelques heures à plusieurs jours	Roche tendre et pas trop dure	Très faible	Sans	Très élevé	Sans	Sans	Sans
Ripper, dent de déroctage	Continue	Roche tendre	Moyenne	Sans	Moyen	Sans	Faible	Peu élevé mais continu

## >> 9.2 Analyse environnementale

### > 9.2.1 Analyse comparative minage et techniques alternatives (BRH, Fraise, Raboteuse minière, rippage, dent de déroctage)

Le minage intervient dans la plupart de travaux de terrassement dès lors qu'une forme rocheuse est présente. Suivant la dureté de la roche, d'autres solutions alternatives sont parfois envisageables.

Pour les travaux de tranchées par exemple, la trancheuse intervient de plus en plus fréquemment souvent en simplifiant la démarche administrative.

Le plus souvent, des solutions mécaniques existent pour des duretés faibles à moyennes. Ces solutions utilisant une puissance facilement maîtrisable offrent l'avantage, par rapport au minage, d'une simplification de la procédure.

De ce fait, l'utilisation de moyens mécaniques est souvent préférée par les maîtres d'ouvrage en méconnaissance de leurs impacts environnementaux qui sont significatifs. La solution

mécanique entraîne en effet le plus souvent une génération de bruit répétés et des phénomènes de fatigue sur les bâtiments proches. La responsabilité légale des intervenants étant identique, les ouvrages environnants doivent faire l'objet du même suivi environnemental que pour les travaux de minage.

En outre, l'utilisation de ces moyens mécaniques, à relatif faibles rendements énergétiques vis-à-vis de l'objectif fixé d'abattage de la roche, entraîne une forte consommation de fuel et donc une production importante de gaz à effet de serre (GES).

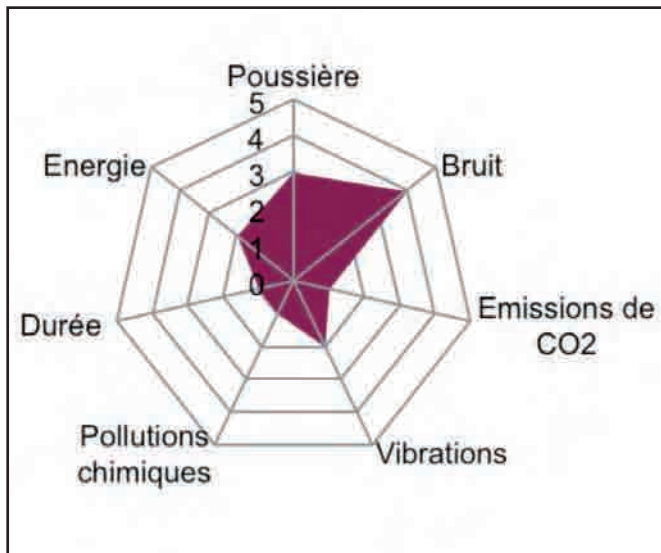
Enfin, le prix de revient de ces moyens de déroctage mécanique peut être rapidement plus onéreux qu'une solution de minage ou de micro-minage. Le rendement de la méthode mécanique varie en effet très vite avec la résistance du rocher, ce qui n'est pas le cas avec le minage. Les temps de travaux sont aussi fréquemment plus longs.

#### UN ÉCO-COMPARATEUR POUR LE MINAGE

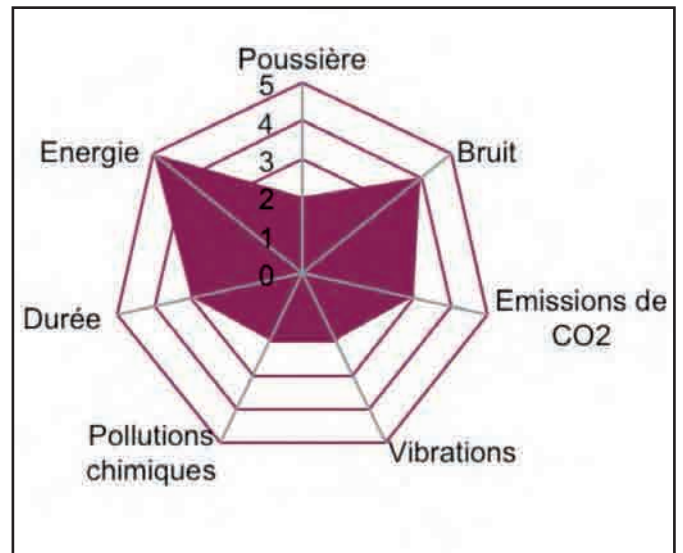
**L'outil ECOFRO (Eco-Comparaison des méthodes de Fragmentation de ROches) développé depuis 2008 par le Synduex et disponible gratuitement en ligne sur le site <http://ecofro.synduex.com> permet à chacun de comparer différentes méthodes d'abattage d'un point de vue énergétique et GES.**

Il est donc important avant tout travaux de déroctage de peser les avantages et inconvénients des méthodes possibles.

Ces données peuvent être résumées sur les diagrammes suivants :



Impacts de la solution par Minage



Impacts du déroctage mécanique

## > 9.2.2 Bruits, poussières et vibrations

Les impacts environnementaux du minage, du fait des explosifs, apparaissent comme évidents et incontournables pour le plus grand nombre alors qu'ils sont maîtrisables et peuvent être si nécessaire ramenés à des niveaux très faibles. Par ailleurs, ils sont de très faible durée : les vibrations et la surpression aérienne ne durent que quelques secondes. Les progrès en matière d'insonorisation des foreuses ont fortement réduit les bruits de forage.

Les moyens mécaniques entraînent par contre des impacts de grande durée et ne peuvent pas être adaptés à moins de changer d'équipement.

Les seuils d'apparition de dégâts dans les structures liées aux vibrations sont beaucoup plus faibles pour les vibrations continues ou répétées comme le BRH. La SNCF interdit d'ailleurs l'utilisation de BRH de forte puissance à proximité de ses ouvrages sensibles.

Le seuil de perception des personnes diminue lorsque la durée de sollicitation augmente : selon les études (USBM RI 8507 en particulier), ce seuil diminue d'un facteur 5 lorsque la durée de sollicitation passe de 1 seconde à plus de 100 secondes.

De la même manière, les bruits de tirs de très courte durée ont un impact souvent faible alors que le bruit lié aux machines en fonctionnement continu impactent fortement le voisinage, augmentant significativement le bruit ambiant (Leq).

Les riverains sont souvent plus incommodés par des travaux au BRH que par des opérations de minage dans les opérations urbaines.

Pour ce qui est des poussières, les tirs de mines génèrent des granulométries relativement grossières (plus de 5 cm pour l'essentiel avec moins de 10 % de fines inférieurs à 1 mm). Quant aux foreuses, elles sont toutes équipées d'aspirateurs qui capturent les poussières.

Une fraise ou une raboteuse génèrent par contre une quantité importante de fines qui sont dispersées par le vent.

Les impacts environnementaux des différentes méthodes doivent donc être évalués objectivement au même titre que les coûts.

## >> 9.3 Analyse comparative sécurité

Chaque technique de déroctage génère des risques particuliers qui nécessitent des mesures de protection adaptées.

Le plan de prévention ou le PPSPS doit décrire pour chaque risque identifié les mesures prises afin d'en réduire leur incidence, qu'elles soient collectives ou individuelles.

**Le tableau ci-dessous reprend pour chaque technique proposée les principaux risques identifiés.**

	Déroctage à l'explosif	Brise roche hydraulique	Raboteuse minière	Eclateurs ciments expansifs	Cartouche de déroctage	Ripper, dent de déroctage
Projections de pierres	Oui	Faible	Non	A faible distance	A faible distance	Non
Projections d'éclats	Non	Oui	Oui	Selon condition	A faible distance	Oui
Explosion intempestive	Faible	Non	Non	Non	Oui	Non

*\*Dans tous les cas, il est recommandé pour ces produits ou méthodes de se référer aux notices d'utilisation et aux retours d'expériences.*



# 10

## ANNEXES

### >> Annexe 1 : Lexique

<b>ADS :</b>	Accord for dangerous goods by road	<b>MOA :</b>	Maîtrise d'Ouvrage
<b>APS :</b>	Études d'Avant-Projet Sommaire	<b>MOE :</b>	Maîtrise d'Oeuvre
<b>APD :</b>	Études d'Avant-Projet Définitif	<b>OPPBTB :</b>	Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics
<b>BRH :</b>	Brise-Roche Hydraulique	<b>PMQ :</b>	Plan de Management de la Qualité
<b>CACES :</b>	Certificat d'Aptitude à la Conduite en Sécurité	<b>PPSPS :</b>	Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé
<b>CQP :</b>	Certificat de Qualification Professionnelle	<b>PDP :</b>	Plan de Prévention
<b>CARSAT :</b>	Caisses d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail	<b>PGCSPS :</b>	Plan Général de Coordination en matière de Sécurité et de Protection de la Santé
<b>CCAG :</b>	Cahiers des Clauses Administratives Générales	<b>PIDA :</b>	Plan d'Intervention pour le Déclenchement des Avalanches
<b>CCAP :</b>	Cahier des clauses administratives particulières	<b>PRE :</b>	Plan de Respect de l'Environnement
<b>CCTP :</b>	Cahier des clauses techniques particulières	<b>RC :</b>	Responsabilité Civile
<b>CISSCT :</b>	Collège Inter-Entreprises de Sécurité, de Santé et des Conditions de Travail	<b>RGIE :</b>	Règlement général des industries extractives
<b>CPT :</b>	Certificat de préposé au tir	<b>SOGED :</b>	Schéma d'Organisation de la Gestion et de l'Élimination des Déchets de chantier
<b>CUI :</b>	Charge Unitaire Instantanée (charge d'explosif qui détone dans un intervalle de temps donné)	<b>SOPAQ :</b>	Schéma Organisationnel d'un Plan Assurance Qualité
<b>DCE :</b>	Dossier de Consultation des Entreprises	<b>SOPRE :</b>	Schéma Organisationnel de Plan Respect de l'Environnement
<b>DICT :</b>	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux	<b>TBM :</b>	Tunnel Boring Machine = Tunnelier
<b>DIUO :</b>	Dossier d'Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage	<b>TCOC :</b>	Tube Conducteur d'Onde de Choc
<b>DREAL :</b>	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement	<b>UDR :</b>	Utilisation dès réception
<b>DT :</b>	Déclaration de projet de Travaux	<b>UMFE :</b>	Unité Mobile de Fabrication d'Explosif
<b>EPI :</b>	Équipements de protection individuelle		
<b>IP :</b>	Identification Professionnelle		
<b>GES :</b>	Gaz à Effet de Serre		

### >> Annexe 2 : Glossaire réglementaire (liste non exhaustive)

#### AVERTISSEMENT

*Les principaux textes réglementaires et normes en vigueur sont disponibles sur le site internet du Synduex. La liste est non exhaustive et la réglementation reste en évolution permanente.*

#### Selon code de la défense Article R. 2352-1

**Produits explosifs :** Toutes poudres et substances explosives et tous produits ouvrés comportant, sous quelque forme que ce soit, des poudres et substances explosives.

**Installations :** Lieu où des produits explosifs sont fabriqués, conditionnés, encartouchés, conservés, débités, utilisés à des fins industrielles telles que découpage, formage, emboutissage, placage de métaux, ou détruits.

**Dépôts :** Lieu où des produits explosifs sont conservés.

**Débîts :** Lieu où des produits explosifs sont vendus au détail.

**Installations mobiles de produits explosifs :** Les installations de produits explosifs constituées par un véhicule ou placées sur un véhicule et conçues pour être exploitées successivement sur différents sites. Ces installations sont soit des dépôts mobiles, soit des installations mobiles de fabrication de produits explosifs.

### **Décret 2010-455 relatif à la mise sur le marché et au contrôle des produits explosifs**

**Explosif :** Toute matière ou objet affecté à la classe 1 des recommandations des Nations Unies relatives au transport de matières dangereuses.

**Article pyrotechnique :** Tout article contenant des matières explosives ou un mélange explosif de substances conçues pour produire de la chaleur, de la lumière, des sons, des gaz, de la fumée ou une combinaison de ces effets par une réaction chimique exothermique auto-entretenue.

**\*produits explosifs :** Explosifs ou article pyrotechnique.

**« artifice de divertissement » :** Un article pyrotechnique destiné au divertissement.

**« article pyrotechnique destiné au théâtre » :** Un article pyrotechnique destiné à être utilisé en scène, à l'intérieur ou à l'extérieur, y compris dans des productions cinématographiques et télévisuelles, ou à une utilisation analogue.

**« article pyrotechnique destiné aux véhicules » :** Des composants de dispositifs de sécurité des véhicules contenant des substances pyrotechniques servant à activer ces dispositifs ou d'autres dispositifs.

### **Code du travail – Prévention des risques pyrotechniques**

**Substance ou mélange explosible :** Toute substance ou tout mélange de substances solide ou liquide qui est en soi susceptible, par réaction chimique, de dégager des gaz à une température, une pression et une vitesse telles qu'il en résulte des dégâts dans la zone environnante. Les substances pyrotechniques sont incluses dans cette définition, même si elles ne dégagent pas de gaz.

**Substance ou mélange pyrotechnique :** Toute substance ou tout mélange de substances destiné à produire un effet calorifique, lumineux, sonore, gazeux ou fumigène, ou une combinaison de ces effets à la suite de réactions chimiques exothermiques autoentretenues non détonantes.

**Substance ou objet explosif :** toute substance explosible ou tout objet contenant une ou plusieurs substances ou mélanges explosibles destiné à être utilisé pour les effets de leur explosion ou à des fins pyrotechniques.

**Installation pyrotechnique :** Tout local, toute aire de chargement et de déchargement, de stationnement, de contrôle, d'expérimentation, de destruction, unité mobile de fabrication ou véhicule de transport, relevant de l'employeur, contenant ou mettant en œuvre une substance ou un objet explosif.

**Enceinte pyrotechnique :** La partie parfaitement délimitée du site où sont implantées des installations pyrotechniques.

**Poste de travail :** Toute zone affectée à l'exécution d'une tâche par un ou plusieurs travailleurs pouvant englober la zone de conservation temporaire des produits dans le flux associé.

**Emplacement de travail :** Toute zone dans laquelle un ou plusieurs travailleurs sont appelés à se déplacer pour effectuer un travail défini. Cette zone peut inclure un ou plusieurs postes de travail.

**Risque pyrotechnique :** La combinaison de la probabilité d'être exposé aux effets pyrotechniques et de la gravité de ces effets.

### **Décret 87-231**

**Accessoire de tir :** Produit explosif permettant d'amorcer ou de transmettre une inflammation ou une détonation, telles que détonateur, mèche, cordeau détonant, etc.

**Amorçage :** Opération qui consiste à mettre en place un détonateur. Si le détonateur est placé du côté du bourrage, l'amorçage est dit « antérieur ». Si le détonateur est placé du côté du fond du trou, l'amorçage est dit « postérieur ».

**Appareil de chargement utilisant l'énergie :** Appareil utilisé pour la mise en place de l'explosif en utilisant l'énergie produite par un moteur, l'air comprimé, etc.

**Bourrage :** Matériau neutre mis en place dans un trou de mine à la suite d'une charge pour faciliter son travail pendant l'explosion et réduire les projections. Désigne aussi l'opération de mise en place de ce matériau.

**Boutefeu :** Travailleur effectuant ou surveillant les opérations de mise en œuvre des produits explosifs.

**Cartouche amorce :** Cartouche munie d'un détonateur.

**Charge :** Ensemble de produits explosifs mis en place définitivement dans un trou de mine ou contre un bloc.

**Charge formée :** Charge aménagée pour obtenir un effet dirigé. Une charge creuse est une charge formée particulière.

**Circuit de tir :** Ensemble des circuits électriques qui sont raccordés entre eux au moment de la mise à feu.

**Fond de trou :** Extrémité du trou de mine qui est opposée à l'orifice et qui n'a pas été détruite par l'explosion.

**Ligne de tir :** Partie du circuit de tir entre le poste de tir et les lieux du tir.

**Matériel de tir :** Matériel non pyrotechnique tel que appareil de mise à feu, vérificateur de circuit de tir, bourroir, etc.

**Mine :** Trou de mine ayant reçu sa charge.

**Plan de tir :** Document indiquant l'emplacement et les caractéristiques des trous de mines ainsi que le détail de mise en œuvre des produits explosifs.

**Produits explosifs :** Terme général désignant toute matière explosive et les objets en contenant.

**Purge :** Opération consistant à débarrasser un toit ou une paroi rocheuse de tout bloc de pierre ébranlé et instable.

**Relai retardateur :** Accessoire de tir inséré entre deux brins de cordeau détonant pour retarder la transmission de l'explosion.

**Tir par charge superficielle (ou tir à l'anglaise) :** Tir effectué sans trou de mine.

**Trou de mine :** Trou obtenu par forage et destiné à recevoir une charge.

**Trou raté :** Trou dont la charge n'a pas explosé en totalité lors de la mise à feu.

**Volée :** Ensemble de plusieurs mines mises à feu simultanément.

## **Directive 2014/28/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché et le contrôle des explosifs à usage civil (refonte).**

**Recommandations des Nations Unies :** Les recommandations établies par le comité d'experts en matière de transport de marchandises dangereuses de l'organisation des Nations unies, telles que publiées par ladite organisation (Livre orange), et telles que modifiées à la date d'adoption de la présente directive.

**Explosifs :** Les matières et objets considérés comme des explosifs par les recommandations des Nations unies relatives au transport des marchandises dangereuses et figurant dans la classe 1 de ces recommandations.

**Autorisation :** La décision prise au regard des transferts envisagés d'explosifs à l'intérieur de l'Union.

**Transfert :** Tout déplacement physique d'explosifs à l'intérieur de l'Union à l'exclusion des déplacements réalisés dans un même site.

**Opérateurs économiques :** Le fabricant, le mandataire, l'importateur, le distributeur ainsi que toute personne morale ou physique qui intervient dans le stockage, l'utilisation, le transfert, l'importation, l'exportation ou le commerce d'explosifs.

**Mise à disposition sur le marché :** Toute fourniture d'un explosif destiné à être distribué ou utilisé sur le marché de l'Union dans le cadre d'une activité commerciale, à titre onéreux ou gratuit,

**Mise sur le marché :** la première mise à disposition d'un explosif sur le marché de l'Union.

## >> **Annexe 3 : Liste des principaux textes réglementaires**

### **AVERTISSEMENT**

*Les principaux textes réglementaires et normes en vigueur sont disponibles sur le site internet du Synduex. La liste est non exhaustive et la réglementation reste en évolution permanente.*

Code de la défense ; Code de l'environnement ; Code du travail

### **Décrets spécifiques**

**Décret n° 87-231 du 27 mars 1987** concernant les prescriptions particulières de protection relatives à l'emploi des explosifs dans les travaux du bâtiment, les travaux publics et les travaux agricoles.

**Règlement général des industries extractives** - décret n° 92 - 1164 du 22 octobre 1992- titre : explosifs.

**Décret n° 2015-799 du 1<sup>er</sup> juillet 2015** relatif aux produits et équipements à risques.

### **Arrêtés spécifiques**

**Arrêté du 26 mai 1997** portant création du certificat de préposé au tir.

**Arrêté du 31 janvier 2000** modifiant l'arrêté du 26 mai 1997.

**Arrêté du 3 mars 1982** relatif à l'acquisition des produits explosifs.

**Arrêté du 5 mai 2009** fixant les modalités d'identification et de traçabilité des produits explosifs à usage civil.

**Arrêté du 13 décembre 2005** fixant les règles techniques de sûreté et de surveillance relatives à l'aménagement et à l'exploitation des installations de produits explosifs.

**Arrêté du 3 mars 1982** relatif au contrôle de la circulation des produits explosifs.

**Arrêté du 13 décembre 2005** modifiant l'arrêté du 3 mars 1982 relatif au contrôle de la circulation des produits explosifs.

**Arrêté du 3 mars 1982** relatif au contrôle de l'emploi des produits explosifs en vue d'éviter qu'ils ne soient détournés de leur utilisation normale.

**Arrêté du 22 septembre 1994** relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières.

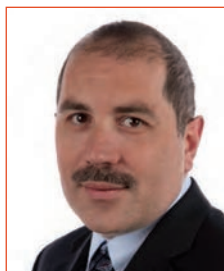
**Arrêté du 10 juillet 1987** relatif aux conditions de délivrance du permis de tir prévu par le décret n° 87-231 du 27 mars 1987 concernant les prescriptions particulières de protection relatives à l'emploi des explosifs dans les travaux du bâtiment, les travaux publics et les travaux agricoles.

# >> Trombinoscope

## des contributeurs au guide du SYNDUEX



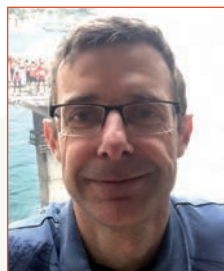
**Thierry ACCA**  
Trafodyn



**Thierry BERNARD**  
TBT



**Alain BLANCHIER**  
Egide Environnement



**Laurent BOUSQUET**  
CATM



**Philippe CAPPELLO**  
EPC France



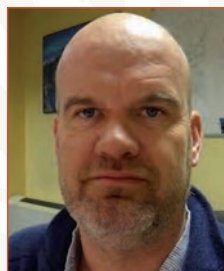
**Jean-Frédéric  
DARTIGUE-PEYROU**  
SFEPA



**Jean-Philippe  
DUPEYRON**  
FNTP/SYNDUEX



**Stéphane GALLAIS**  
Razel-Bec



**Sébastien GUERIN**  
Titanobel - Sofiter



**Jean-François JACCARD**  
Titanobel - Sofiter



**Jean-Pierre MARCHAL**



**Melodie MELGUEN**



**Eric MORIN**  
NGE



**Fabrice PAILLER**  
Serfotex



**Emmanuel PATTE**  
Exploroc



**Emilie PERIGOIS**



**THOMAS PINEL**  
Vinci Construction  
Terrassement



**Stéphane POMPIER**  
Prométhée Conseil



**Stéphane RABUT**  
Titanobel-Sofiter



**Gabriel TOMASI**  
TOMC

© Photothèques adhérents du SyndueX (EPC France, NGE, Titanobel, Vinci Construction Terrassement / Le Doare), SFEPA, DR. Juin 2018





# Notes



The page features a background of light beige zebra stripes. A central white rectangular area is designated for notes, with the word "Notes" printed in a bold, dark font at the top left. Below the title, the area is filled with horizontal dashed lines for writing.

Notes area with horizontal dashed lines for writing.





Syndicat national des entrepreneurs de Travaux Publics spécialisés dans l'utilisation de l'explosif  
3, rue de Berri – 75008 PARIS – [www.synduex.com](http://www.synduex.com)