

## Rapport de stage « artificier secours » 2015

Le stage national « artificiers » organisé par le Spéléo secours français s'est déroulé du 14 au 18 octobre 2015 dans les départements de la Haute-Garonne et de l'Ariège. Huit membres issus de différents SSF départementaux ont pu assister à cette formation encadrée par quatre cadres du SSF national.

L'objectif de cette formation était de former les participants aux techniques de désobstruction utilisées dans le cadre des opérations de secours en milieu souterrain.

Ce rapport se veut avant tout synthétique et il n'a pas vocation à présenter la discipline de manière exhaustive. Pour cela, il convient de se reporter aux référentiels de documentation du SSF accessibles aux CTDS à partir du portail web du SSF.

### Les cadres

---



Bernard Tourte



Robert Guinot



Vincent Guinot



Alain Calmels

### Les stagiaires

---



Olivier



Marc



Hervé



David



Ludovic



Franck



Claude



Denis

## Contexte

---

Si de nombreuses cavités souterraines permettent le passage d'un spéléologue en pleine possession de ses moyens, il se peut que cela ne soit pas le cas lorsqu'il s'agit d'évacuer un blessé. Il est parfois nécessaire d'élargir certains passages pour permettre l'acheminement de la civière ou de matériel encombrant ou encore pour faciliter la progression des sauveteurs.

Cette problématique est bien souvent complexe à appréhender car il faut réaliser cet élargissement à l'aide d'explosifs en s'intégrant dans un dispositif de secours au sein duquel circulent les différentes équipes de sauveteurs. Il convient de réaliser cette opération en assurant la sécurité des personnes engagées.

## Première journée

---

Cette journée est consacrée à une présentation théorique des différentes problématiques et techniques spécifiques à la désobstruction en milieu souterrain.



## Généralités

---

On distingue deux types de désobstruction :

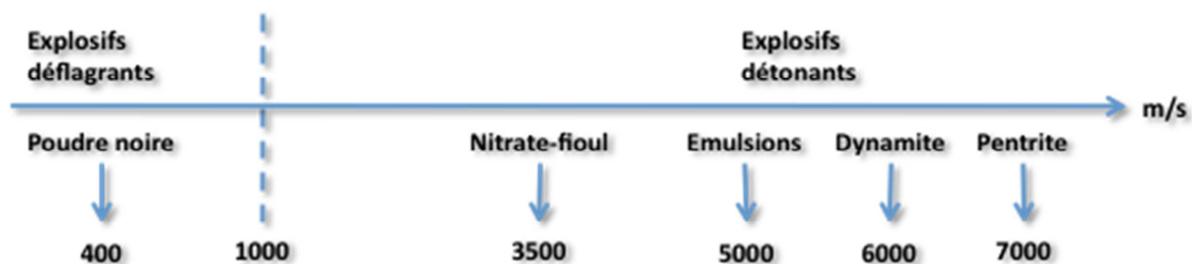
- La **désobstruction mécanique** lorsque l'usage d'explosif n'est pas indispensable ou bien impossible (obturation par du sable, proximité de la victime, ...). On utilise pour cela divers outils tels que seau, pelle, pioche, barre à mine, pied de biche, marteau, burin, pointerolle, burineur, éclateur de roche, ...
- La **désobstruction à l'aide d'explosifs** lorsque les actions mécaniques seraient beaucoup trop longues à mettre en œuvre (passages étroits étendus dans une roche calcaire compacte et résistante, par exemple)

Remarque : la désobstruction mécanique est complémentaire à celle effectuée à l'aide d'explosifs puisqu'il est toujours nécessaire de nettoyer la zone de travail à la suite d'un tir d'explosif.

Intéressons-nous aux techniques de désobstruction à l'aide d'explosifs qui demandent une attention particulière tant sur le plan de la législation que sur le plan des règles de sécurité à respecter.

L'explosif est un corps ou un mélange de corps qui sous l'action d'une flamme ou d'une onde de choc se décompose très rapidement en libérant une grande quantité d'énergie. La brisance d'un explosif est proportionnelle à la vitesse de décomposition.

On distingue les explosifs **déflagrants** dont la vitesse de combustion est de quelques mètres à quelques centaines de mètres par seconde (m/s) et les explosifs **détonants** dont la réaction s'accompagne d'une onde de détonation supérieure à 1500 mètres à la seconde et peut atteindre 8500 mètres à la seconde.



Exemples d'explosifs sur une échelle de vitesse de décomposition

On les distingue aussi en fonction de leur sensibilité :

- Les explosifs dits **primaires** demandent une faible énergie d'initiation (étincelle électrique par exemple). Ils sont très sensibles et servent souvent de dispositif d'amorçage. Ils se caractérisent par une très grande sensibilité à l'initiation sous l'une des actions suivantes : choc, friction, flamme, étincelle électrique
- Les explosifs dits **secondaires** demandent quant à eux une grande énergie d'initiation. Ils servent au chargement et sont bien souvent initiés par un explosif primaire

L'efficacité d'un explosif est liée à son confinement. Plus il est confiné, plus il est efficace, c'est pourquoi on le place de préférence au fond d'un trou de mine.

L'énergie totale d'un explosif se manifeste sous deux formes :

- Une énergie de choc
- Une énergie de gaz

Dans un trou de mine, l'onde de choc fissure la roche et les gaz sous pression agrandissent les fissures et expulsent les matériaux.

Pour que le rendement soit maximum et afin de diminuer la consommation de produit, il convient de forer judicieusement les trous de mine en laissant des surfaces libres pour faciliter le dégagement de la matière.

La mise en œuvre des explosifs fait appel à différents éléments qui constituent la chaîne pyrotechnique. Celle-ci peut se décomposer en trois catégories principales :

- La charge d'explosif
- Le dispositif d'amorçage
- Le dispositif de mise à feu

## La charge d'explosif

---

Compte tenu du fait qu'il n'existe pas de produit spécifique, que les moyens de forage sont limités et qu'il est interdit de déconditionner un explosif, le Spéléo secours français a choisi d'utiliser exclusivement la **pentrite** comme charge d'explosif pour le secours en milieu souterrain. Les principales raisons de ce choix sont :

- Une grande efficacité, très brisante
- Un conditionnement adapté à un trou de mine de petit diamètre
- Une bonne étanchéité à l'humidité
- Une plus faible production de gaz que les autres explosifs

En secours souterrain, la pentrite se présente sous deux formes :

- Le cordeau détonant
- Le renforçateur sismique

### Le cordeau détonant

---

C'est une gaine plastique souple protégeant une âme centrale constituée de poudre de pentrite enroulée dans des nappes textiles.

Le cordeau détonant est conditionné sous plusieurs formes dont la caractéristique est exprimée en grammes par mètre (g/m).

Les conditionnements couramment utilisés sont :

- 10 g/m pour relier plusieurs charges (voir plus loin)
- 40 g/m (perçage à diamètre 10 mm) pour le tir de précision
- 70 g/m (perçage à diamètre 12 mm) pour le tir d'efficacité



Remarque : La constitution de la gaine du cordeau ne contient plus de chlore limitant ainsi les dégagements gazeux aux seuls monoxyde et dioxyde de carbone (CO et CO<sub>2</sub>).

## Le renforçateur sismique

---

C'est un tube en aluminium de 7,4 mm contenant 3,3 gr de pentrite comprimée à quatre cents bars.

Le renforçateur sismique présente l'avantage de rentrer dans un trou de mine de huit millimètres de diamètre.

Il est plus facile et plus rapide à mettre en œuvre que le cordeau détonant qu'il faut couper à la bonne longueur en prenant soin de ne pas laisser échapper la poudre de pentrite lors du chargement.



Il est possible de régler la charge en plaçant plusieurs renforçateurs dans le même trou de mine.

Toutefois le renforçateur sismique n'est actuellement plus fabriqué et le Spéléo secours français vit sur les stocks acquis par le passé.

## Le dispositif d'amorçage

---

C'est le **détonateur électrique** qui est utilisé en secours souterrain. Il est chargé de créer l'onde de choc qui va initier la charge d'explosif.

Il est constitué d'un tube d'aluminium fermé à l'une de ses extrémités et serti à l'autre sur un bouchon en matière plastique laissant passer deux fils électriques.

Il est très fiable et étanche.

On distingue plusieurs types de détonateurs selon leur délai d'initiation :

- Instantanés
- Court retard
- Retard

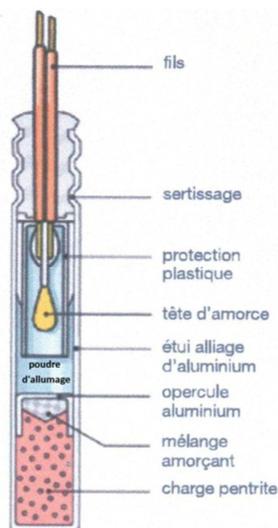
On différencie aussi les détonateurs en fonction de leur énergie minimale d'initiation :

- Haute intensité (HI) : moins sensible aux perturbations électriques mais nécessite un courant d'amorçage plus important
- Moyenne intensité (MI) : le plus couramment utilisé en secours souterrain car il existe peu de courants parasites dans cet environnement

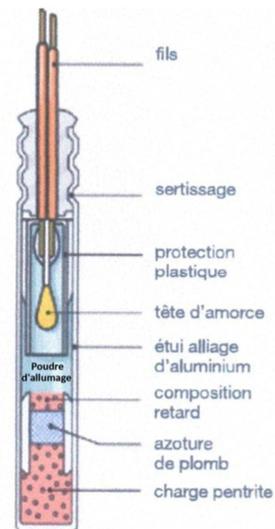
Le détonateur électrique reste toutefois un élément sensible et doit être manié avec précaution :

- Eviter la manipulation en conditions orageuses (la foudre se propage sous terre)
- Eviter le transport proche des sources électriques (accus perforateur par exemple)
- Eloigner des sources de chaleur (lampe à acétylène par exemple)
- Maintenir la protection I.4S jusqu'à la mise en œuvre
- Eviter les chocs et les écrasements
- Shunter les fils

Enfin chaque détonateur est suivi avec un numéro qui lui est propre permettant ainsi d'avoir une traçabilité. Le détonateur possède aussi une date limite d'utilisation.



Détonateur électrique instantané



Détonateur électrique retard

## Le dispositif de mise à feu

Il est chargé de déclencher le tir et il est composé de deux éléments :

- La ligne de tir
- L'exploseur

### La ligne de tir

Elle relie la source d'énergie électrique au détonateur. Elle est généralement constituée de deux conducteurs électriques isolés d'une section de 1.0 mm<sup>2</sup> mais on peut aussi utiliser une section plus faible de type jarretière téléphonique de section 0.6 mm<sup>2</sup>.



## L'exploseur

Il est chargé de fournir l'énergie électrique nécessaire à la mise à feu. Le dispositif conçu et vendu par le Spéléo secours français est l'exploseur SSF BM2. Il présente les caractéristiques et avantages suivants :

- Il est homologué
- Il permet le contrôle de la ligne de tir avant utilisation et du circuit de tir avant la mise à feu mais pas en front de tir
- Grande autonomie
- Mise en sécurité
- Tir différé

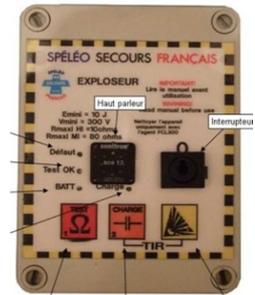


Schéma récapitulatif de la chaîne pyrotechnique

## La gestion des gaz

Un aspect important lié à l'usage d'explosifs est le dégagement de gaz qui ont un effet toxique sur l'organisme humain. Il n'existe pas d'explosifs civils sans résidu gazeux. Par conséquent, il convient de connaître les différents gaz produits, de se doter de moyens de détection et de mettre en œuvre des moyens techniques favorisant leur évacuation.

Ce paragraphe donne une synthèse du domaine de la gestion des gaz. Pour une documentation complète, il convient de se rapprocher des CTDS qui ont accès aux documentations complètes fournies par le SSF dans le référentiel documentaire.

Comme nous l'avons vu dans un paragraphe précédent, la pentrite présente l'avantage de dégager des quantités de gaz limitées aux seuls monoxyde et dioxyde de carbone.

### Le monoxyde de carbone (CO)

Il est le plus abondant lors des tirs à l'explosif. Il est inodore et plus léger que l'air donc à forte dispersion mais il peut stagner en milieu confiné et non ventilé.

En cas d'exposition importante, il est dangereux pour l'homme car il se fixe sur l'hémoglobine conduisant à priver l'organisme d'oxygénation.

Il est progressivement éliminé de l'organisme en respirant l'air sain mais l'altération de la santé peut être irréversible en cas de forte exposition.

### Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

---

Il est inodore et incolore et plus lourd que l'air (1,35). Il a des conséquences plus ou moins graves sur l'organisme humain en fonction de sa concentration. Il a notamment pour effet d'amplifier les effets des autres gaz (voir tableau ci-dessous).

### Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

---

Il est peu rencontré en secours souterrain avec l'usage de la pentrite mais il est également surveillé car on peut le rencontrer lors d'accidents de désobstruction en spéléologie.

Il très dangereux pour l'homme.

### Le dioxygène (O<sub>2</sub>)

---

Il est constamment surveillé (valeur autour de 20% en conditions normales) car la diminution de sa teneur est dangereuse pour l'homme et peut entraîner la perte de connaissance (valeur < 16%). La diminution significative de la teneur en oxygène est notamment une des conséquences de la présence d'autres gaz en quantité importante.

Attention aux unités !!! Les mesures d'O<sub>2</sub> et de CO<sub>2</sub> sont généralement indiquées en % Vol (1 part de gaz dans 100 part d'air). Contrairement au CO et au NO<sub>2</sub> qui sont mesurés en ppm (parties par millions). 1 part de gaz dans 1 million de part d'air

1% Vol = 10 000 ppm

Par exemple une diminution de 1% Vol d'O<sub>2</sub> pourrait correspondre à la présence de 10 000 ppm de CO qui entraînerait le décès immédiat de la personne exposée.

### Le détecteur de gaz

---

Chaque équipe de désobstruction doit être équipée d'un détecteur de gaz. Celui utilisé par le Spéléo secours français est le détecteur Multi-gaz MX6 iBrid fabriqué par la société Industrial Scientific.

Outre sa gestion des seuils d'alarme, il présente l'avantage de pouvoir mémoriser dans le temps les expositions aux gaz et de les récupérer sur ordinateur pour pouvoir les analyser ensuite.



*Remarque* : certains capteurs dérivent et/ou se dégradent au cours du temps. Il est donc vital de faire réviser l'appareil régulièrement afin de faire changer les capteurs en fin de vie et de faire étalonner les autres.

Lors de la surveillance des gaz, on peut distinguer deux types de **valeurs limites** :

- VME (valeur moyenne d'exposition) calculée sur un temps d'exposition de huit heures
- VLCT (Valeur limite d'exposition à court terme) calculée sur quinze minutes

Les **valeurs limites** par défaut sont prévues pour des salariés travaillant huit heures par jour, deux cent vingt jours par an pendant plusieurs années.

Elles ne sont pas adaptées aux situations de secours en milieu souterrain pour lesquelles l'exposition est limitée dans le temps avec des pics plus importants de gaz.

Le Spéléo secours français a donc travaillé à l'élaboration de **valeurs limites** spécifiques et adaptées au contexte du secours en milieu souterrain.

Gaz	Type d'alarme	Seuils d'alarme CO2 < 2%	Seuils d'alarme CO2 > 2%	Commentaires
O2	Alarme mini : 18.5%		Alarme maxi : 23%	
CO	Alarme 1	100 ppm	100 ppm	Valeur mesurée en instantané
	Alarme 2	200 ppm	200 ppm	
	VLCT	400 ppm	300 ppm	Moyenne sur 15 minutes d'exposition
	VME	100 ppm	75 ppm	Moyenne sur 8 heures d'exposition
NO2	Alarme 1	3 ppm	3 ppm	Valeur mesurée en instantané
	Alarme 2	6 ppm	6 ppm	
	VLCT	6 ppm	4 ppm	Moyenne sur 15 minutes d'exposition
	VME	3 ppm	2 ppm	Moyenne sur 8 heures d'exposition
CO2	Alarme 1	2%	2%	Valeur mesurée en instantané
	Alarme 2	3%	3%	
	VLCT	3%	3%	Moyenne sur 15 minutes d'exposition
	VME	2%	2%	Moyenne sur 8 heures d'exposition

Tableau des valeurs limites préconisées par le Spéléo secours français

Conduite à tenir en cas d'alarme :

- Alarme basse (1) : exposition brève possible
- Alarme haute (2) : quitter la zone
- Alarme VLCT : quitter la zone immédiatement, avertir le PC, sortir de la cavité
- Alarme VME : quitter la zone immédiatement, avertir le PC, sortir de la cavité

*Remarque* : le détecteur MX6 iBrid permet de changer les seuils d'alarme et de récupérer les données enregistrées à l'aide du logiciel fourni avec l'appareil, toutefois il faut disposer de la version avec le socle Datalink (option à l'achat).

## La ventilation forcée

---

Une des missions de l'équipe de désobstruction sera aussi de déterminer les flux d'évacuation des gaz et de les mesurer afin de s'assurer que ceux-ci n'affecteront pas les autres sauveteurs présents dans la cavité.

En l'absence de courant d'air naturel permettant l'évacuation rapide des gaz de la cavité après chaque séquence de tir, il apparaît indispensable de se doter de moyens de ventilation forcée.



Cela peut être réalisé à l'aide d'un ventilateur équipé d'une bâche permettant d'isoler l'accès à la cavité et de provoquer soit une dépression soit une surpression.

Cette stratégie est à définir en fonction de la localisation des équipes et du comportement de la cavité elle-même. Un test préalable permettra de choisir le sens de ventilation.

C'est notamment une des raisons pour lesquelles les équipes de désobstruction doivent être équipées de moyen de communication afin de pouvoir coordonner ces différents aspects.

## L'artificier

---

Pour pouvoir opérer en tant qu'artificier dans le cadre d'une opération de secours en milieu souterrain sous l'égide du Spéléo secours français, il faut remplir les conditions suivantes :

- Etre titulaire du **certificat de préposé au tir** (CPT)
- Posséder une **habilitation préfectorale**
- Posséder un **permis de tir** délivré par le CTDS

Le **certificat de préposé au tir** est une attestation délivrée à l'issue d'une formation sanctionnée par un examen qualifiant le titulaire pour l'usage des explosifs. C'est un tronc commun théorique assurant d'un certain niveau de formation. Ce certificat ne forme en aucun cas aux spécificités du milieu souterrain.

L'**habilitation préfectorale** est nominative et généralement délivrée pour une mission bien précise (ici le secours souterrain) et pour une durée déterminée. Le CPT n'est pas obligatoire pour posséder une telle habilitation mais de plus en plus de préfectures l'exigent.

C'est le comité départemental de spéléologie (employeur) qui effectue cette demande pour l'artificier concerné.

Le **permis de tir** est un document délivré par le CTDS du département qui atteste que l'artificier concerné possède le CPT, l'habilitation préfectorale et la pratique suffisante pour

la mise en œuvre des explosifs dans le cadre de la désobstruction en secours ou en exercices de secours en milieu souterrain.

L'artificier doit pouvoir justifier de séances régulières de **recyclage** de son CPT soit par le biais d'organismes de formation, soit par un système de recyclage interne.

Les quatre règles de l'artificier secours sont :

- Utiliser un explosif dans son cadre légal
- Mettre en œuvre dans les règles de l'art
- Utiliser un explosif approprié au milieu souterrain
- Assurer la sécurité des personnes contre les effets du tir

## L'équipe de désobstruction secours

---

Elle est composée d'au moins deux équipiers dont l'un est obligatoirement **artificier** du Spéléo secours français. Idéalement, trois personnes constituent cette équipe pour pouvoir assister l'artificier dans la mise en œuvre et sécuriser l'amont et l'aval de la zone de tir.

Le chef d'équipe n'est pas forcément l'artificier mais il jouera plutôt un rôle de coordination avec les autres équipes de sauveteurs et assurera la communication avec le PC.

Les missions de l'équipe sont :

- Elargir les zones étroites pour :
  - Permettre le passage de la civière
  - Permettre le passage de matériel spécifique
  - Faciliter le passage et la progression des sauveteurs
- Sécuriser les zones dangereuses (zones instables par exemple)

## La mise en œuvre

---

La phase critique de la mise en œuvre est celle dite du chargement qui consiste à :

- Mettre en place la charge d'explosif dans le trou de mine
- Mettre en place le dispositif d'amorçage
- Relier le dispositif d'amorçage à la ligne de tir

Quelques mesures de sécurité s'imposent avant cette phase afin de la réaliser en toute sécurité mais aussi et surtout pour éviter les incidents de tir :

- Mettre en place et à l'abri les personnes chargées de la sécurité de la zone de tir en amont et en aval.
- S'assurer que l'exploseur n'est pas relié à la ligne de tir
- S'assurer que la ligne de tir est en court-circuit à l'extrémité
- Retirer toute source de courant électrique (accu perforateur, par exemple)
- Retirer toute source de chaleur (cigarette, acétylène, ...)
- Evacuer tout matériel inutile de la zone
- Protéger la ligne de téléphone
- Retirer les équipements en place s'il y a risque de projections
- Ne reste sur la zone de tir que la ou les personnes indispensables pour le chargement (deux maximum)
- Privilégier le chargement par la personne qui a effectué le forage
- Il est interdit de franchir une zone de tir quand les trous de mines sont amorcés !

Avant de procéder à la mise à feu, l'artificier :

- Avertit le PC et attend l'ordre si cela a été convenu avec le CTDS
- Met en marche l'analyseur de gaz si ce n'est pas déjà fait
- Annonce à ses équipiers l'imminence du tir
- Relie la ligne de tir à l'exploseur
- Procède à la charge de l'exploseur
- Effectue un compte à rebours
- Procède à la mise à feu

Une fois le tir réalisé, l'artificier fait attendre l'ensemble de l'équipe en raison des gaz émis.

Il en profite pour noter sur son carnet toutes les informations concernant le tir réalisé.

Quand la teneur des différents gaz mesurés le permet, l'artificier retourne sur la zone de tir afin de vérifier que l'opération a bien fonctionné :

- Toutes les charges ont bien été initiées
- Toute la matière explosive est partie

Il peut alors autoriser le retour sur la zone de tir des équipiers pour commencer le nettoyage. Ce n'est qu'après le nettoyage complet de la zone de tir que les autres équipes pourront de nouveau la franchir.

## Les pistes d'optimisation

---

Il existe différentes techniques permettant d'optimiser la désobstruction à l'aide d'explosifs lors d'une opération de secours en milieu souterrain en fonction de l'objectif recherché.

La plus courante consiste à percer plusieurs trous de mine pour effectuer un tir multiple. L'objectif recherché dans ce cas est de gagner du temps dans la mise en œuvre pour permettre une meilleure fluidité de circulation des équipes de sauveteurs au sein du dispositif de secours. En revanche il faudra tenir compte du fait qu'une quantité de gaz plus importante sera émise.



Dans le cas où on serait limité par la quantité de détonateurs disponibles sur place, il est possible de relier les différentes charges d'explosifs à l'aide de cordeau détonant de petit diamètre placé au contact de la charge dans le trou de mine et relié à un seul détonateur à l'extérieur.

Dans ce cas, il convient d'attacher une importance particulière au positionnement du cordeau détonant à l'extérieur en évitant les coudes et en le reliant au détonateur en respectant bien l'axe de propagation de l'onde de choc (parallélisme).

Cette méthode possède l'inconvénient d'être plus bruyante et de produire plus de gaz.

*Remarque* : dans le cas d'un tir multiple avec plusieurs détonateurs, ceux-ci sont toujours reliés en série au sein du dispositif de mise à feu.

Un autre moyen d'accroître l'efficacité d'un tir consiste à effectuer un bourrage. Cela a pour effet d'augmenter le confinement des gaz au moment de l'explosion et donc de procurer un meilleur pouvoir d'expulsion des matériaux.

L'amorçage postérieur de la charge d'explosif en plaçant le détonateur au fond du trou augmente encore l'efficacité d'un tir. Mais attention ! Car dans ce cas, le détonateur doit être introduit à l'envers dans le trou de mine et la mise en place est plus délicate puisqu'il faut suffisamment de place pour le passage du détonateur et de ses fils.

En règle générale, on cherchera au maximum à limiter le bruit et l'émission des gaz au sein d'un dispositif de secours en milieu souterrain afin d'assurer la sérénité des autres sauveteurs qui ne sont pas forcément familiers avec l'usage des explosifs.

## La gestion des ratés

---

Une des principales sources de tirs « ratés » provient de la phase de mise en place de la charge d'explosif et du dispositif d'amorçage dans le trou de mine. C'est aussi la plus pénible à traiter car il est bien souvent impossible de retirer les éléments du trou de mine sans risquer d'endommager le système à cause du bourrage.

On attachera donc une attention particulière à cette phase en prenant soin notamment de bien nettoyer le trou de mine à l'aide d'un écouvillon et d'une soufflette afin que la charge d'explosif et le détonateur ne se bloquent pas et pénètrent bien jusqu'au fond. On s'assurera que le détonateur est bien en contact avec la charge

*Remarque : il est important de manipuler le cordeau détonant avec précaution une fois que celui-ci est coupé à la bonne longueur afin d'éviter de perdre des quantités importantes de poudre de pentrite par les extrémités. Il est conseillé de placer un morceau de ruban adhésif aux extrémités pendant les phases de manipulation.*

Malgré toutes les précautions qui sont prises au cours du forage des trous de mine, du chargement et du raccordement de la ligne de tir, un incident peut arriver.

Plusieurs sources peuvent être à l'origine de l'incident de tir :

- Exploseur défectueux : vérifier l'état des piles, sinon en demander un autre
- Exploseur sous dimensionné en cas de charges multiples ou utilisation de détonateurs HI : fractionner le tir
- Ligne de tir sectionnée ou endommagée (par un tir précédent par exemple)
- Raccordement défectueux (arraché pendant l'évacuation d'une zone étroite)

Les cas ci-dessus concernent le dispositif de mise à feu et sont relativement faciles à traiter.

En revanche, si la mise à feu a fonctionné mais qu'une charge d'explosif n'a pas été totalement initiée ou bien qu'un détonateur a été amorcé en dehors du trou, il faut obligatoirement traiter ce cas.

Si c'est possible, réaliser un amorçage à l'aide d'un détonateur neuf et procéder à nouveau au tir, sinon il faut procéder au forage d'un nouveau trou de mine à proximité du raté pour finir de dégager complètement la zone.

*Remarque : bien prendre toutes les précautions nécessaires au moment du nouveau forage pour éviter de toucher la charge d'explosif ou un dispositif d'amorçage en place.*

Après chaque tir, il est impératif de vérifier que toutes les charges ont bien été initiées et il est interdit d'abandonner sans surveillance une zone de tir dans laquelle la reconnaissance n'a pas été effectuée ou si un raté n'a pas été traité.

## Deuxième journée

---

Cette journée s'est déroulée dans les carrières de marbre de Saint-Béat en Haute-Garonne.

Ces carrières, toujours exploitées à l'heure actuelle, présentent plus de trente kilomètres de réseau souterrain d'où est extrait un marbre blanc.

Nous profitons des bonnes relations entre le SSF 31 et la société exploitante pour pouvoir mettre en application les théories enseignées la veille dans des blocs de marbre mis à notre disposition pour l'occasion.



Chaque stagiaire choisit un bloc et un mode opératoire parmi les techniques étudiées le jour précédent. Une fois que les accès à la zone de tir sont sous contrôles, que toutes les charges d'explosifs sont en place, les raccordements effectués et les lignes de tirs déployées, tout le monde se regroupe dans l'abri situé à proximité de la zone et nous procédons à la mise à feu des différents ateliers.

Une fois tous les tirs terminés, les exposeurs déconnectés et les lignes court-circuitées, nous procédons à un débriefing atelier par atelier. Nous vérifions que toutes les charges ont bien été initiées et nous observons les résultats obtenus en fonction de la technique utilisée sous l'œil et la critique de nos cadres qui nous donnent des conseils.



La première difficulté rencontrée se situe dans le positionnement du forage des trous de mine par rapport à la zone de dégagement de la matière. Nous constatons par nous même que celui-ci joue un rôle primordial dans l'efficacité du tir et qu'il convient de bien le maîtriser avant d'envisager de procéder à des optimisations de mode opératoire.

En effet, si on a tendance à être un peu trop « gourmand » dans l'estimation de la quantité de matière à enlever, on peut se retrouver avec des blocs très fracturés. Cette configuration rend d'autant plus difficile le travail des tirs suivants car les gaz emprunteront plus facilement ces fissures déjà présentes dans la roche.



Figure 1



Figure 2

- Figure 1 : peu de matière enlevée et la roche est fracturée, le tir a été peu efficace
- Figure 2 : la cassure est très nette et le bloc de matière a été enlevé sur toute la hauteur. Le tir a été très efficace. Dans ce cas, l'efficacité est accrue par le fait qu'il y avait aussi une zone de dégagement sous le bloc. Dans le cas contraire, la matière enlevée trouve généralement son point de départ au niveau du fond du trou de mine.

La journée avançant, nous faisons un autre constat : l'usage de charges d'explosifs en plus grande quantité (cordeau détonant de 70 g/m, par exemple) n'est pas forcément synonyme de gain de temps. En effet, les blocs de matière enlevés sont parfois si lourds qu'ils sont impossibles à déplacer et qu'il faut procéder à un nouveau tir pour les réduire. D'autre part, le forage avec des mèches de diamètre 12 mm est beaucoup plus consommateur en énergie et donc peu adapté aux perforateurs qui fonctionnent sur batteries.



Charge double avec un seul détonateur



Chargement avec détonateur en fond de trou

Nous poursuivons nos tests en expérimentant les différentes techniques d'optimisation telles que le tir à charges multiples, le dispositif d'amorçage en fond de trou, le bourrage ...

Cette journée a aussi été l'occasion de tester les différentes techniques de désobstruction mécanique grâce au lot de matériel dont dispose le Spéléo secours français.



Perforateur/Burineur HILTI TE 60-AVR



Burineur HILTI TE 1000-AVR



Eclateurs de roche



Eclateurs de roche

## Troisième journée

---

Les jours se suivent et ne se ressemblent pas. Après la théorie et la pratique à l'air libre, cette troisième journée est consacrée à la mise en œuvre des explosifs en milieu souterrain.

La cavité choisie par nos cadres présente les caractéristiques idéales pour ce stage : une entrée busée et une succession de zones très étroites proches les unes des autres ainsi qu'une absence de courant d'air naturel important.

Les principaux objectifs du jour sont les suivants :

- Coordination de plusieurs équipes de désobstruction rapprochées
- Gestion et analyse des dégagements gazeux en milieu confiné

La cavité nous ayant été présentée succinctement la veille, nous constituons quatre équipes de deux stagiaires accompagnées chacune par un cadre.

Après une préparation soignée du matériel et un peu de route, nous arrivons à pied d'œuvre.



Chaque équipe pénètre dans la cavité et se met au travail après une rapide analyse de la mission qu'elle va devoir effectuer. La communication est assurée par une liaison radio HF qui fonctionne à merveille et qui permet une bonne coordination.

La veille, il avait été convenu que les deux équipes du fond se mettraient à l'abri en bas d'un petit ressaut et que les deux équipes proches de l'entrée ressortiraient à chaque séquence de tir.

Pendant que nous travaillons, deux de nos cadres se chargent de mettre en place et de tester le système de ventilation forcée que nous avons transporté jusque-là : un ventilateur équipé d'une bâche permettant de colmater l'entrée de la cavité.

Un premier test mettant la cavité en surpression indique que le courant d'air est très perceptible par l'équipe la plus éloignée et qu'il ne devrait pas y avoir de problème pour évacuer les gaz vers le fond.



Toutefois, il est décidé de la mettre en dépression et d'aspirer les gaz vers l'extérieur afin de pouvoir mesurer précisément les quantités de gaz émis juste à la sortie du ventilateur à l'aide d'un analyseur MX6 iBrid.



Après quatre séquences de tirs pour chaque équipe, il est temps de rentrer au gîte pour débriefer cette journée :

- Malgré d'importants moyens de communication à notre disposition, il n'a pas été évident de nous synchroniser pour que toutes les équipes soient prêtes en même temps afin de procéder à la mise à feu. Ceci a en partie été dû à notre manque d'expérience mais aussi et surtout à la nature de l'environnement rencontré.
- Les deux équipes situées dans la zone d'entrée ont notamment été confrontées à la déstabilisation d'une trémie située au-dessus d'elles qu'il a fallu sécuriser. D'autre part, les grosses charges d'explosifs utilisées ont eu tendance à produire de gros blocs de matière qui se sont avérées difficiles à manipuler en milieu étroit et qui ont ralenti la phase de nettoyage.
- Enfin, s'agissant de la gestion des gaz, nous n'avons pas rencontré de difficulté particulière compte tenu de la configuration très favorable. La cavité était hermétique, sans ramification, relativement étroite et nous étions proches de la surface.

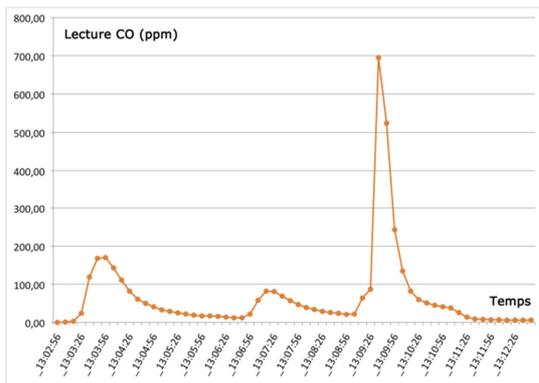


Figure 1

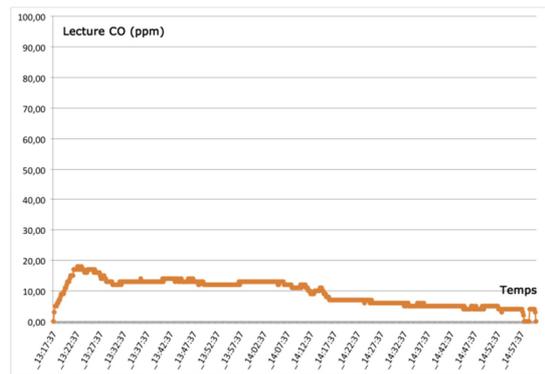


Figure 2

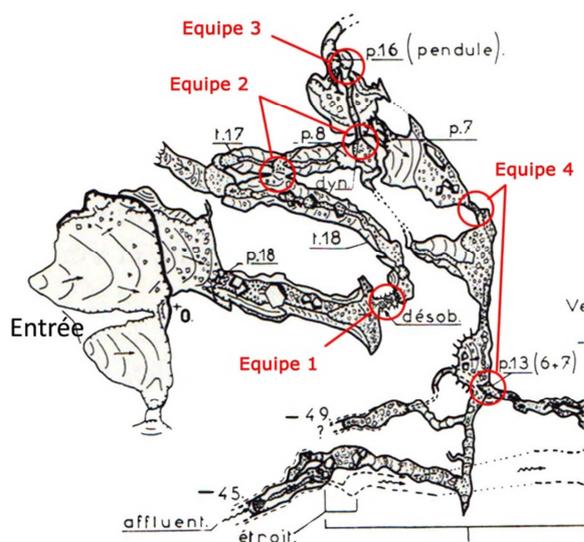
- Figure 1 : détecteur MX6 iBrid positionné à la sortie du ventilateur. On observe les pics de CO correspondant aux différents tirs avec un maximum de 700 ppm pour les deux tirs successifs situés à proximité de la zone d'entrée.
- Figure 2 : détecteur MX6 iBrid positionné au niveau de la zone d'abri des équipes du fond. On observe la présence d'un léger résidu de CO à partir de l'instant où la ventilation forcée a été coupée.

## Quatrième journée

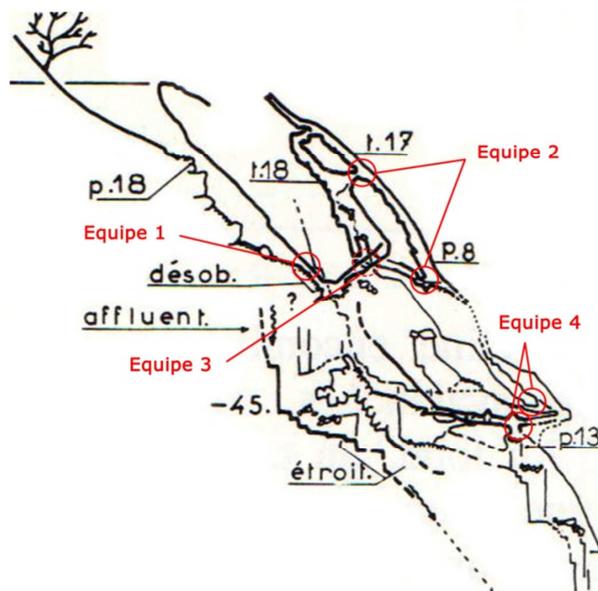
Cette journée achève ce stage en nous intégrant au sein de l'exercice secours régional Midi-Pyrénées sur le site de l'étang de Lers en Ariège. Notre mission consiste à élargir un certain nombre de passages étroits afin de permettre le passage de la civière.



Après 1h30 de route, nous sommes à pied d'œuvre. Après un passage rapide par le PC pour compléter nos fiches d'inscription, nous prenons connaissance de nos missions. Tout comme la veille, nous sommes organisés en quatre équipes composées chacune de deux stagiaires et d'un cadre avec une zone précise à élargir.



Topographie A27 à plat



Topographie A27 en coupe

- Equipe 1 : chargée d'élargir un passage étroit au niveau de l'entrée, de mettre en place et de gérer la ventilation forcée pour permettre l'évacuation des gaz.

Principale difficulté : coordonner la ventilation lors des séquences de tir.

- Equipes 2 et 3 : chargées d'élargir un passage étroit de quelques mètres en travaillant de chaque côté de celui-ci pour optimiser la mise en œuvre des séquences de tir en évitant d'avoir à franchir la zone à chaque fois.

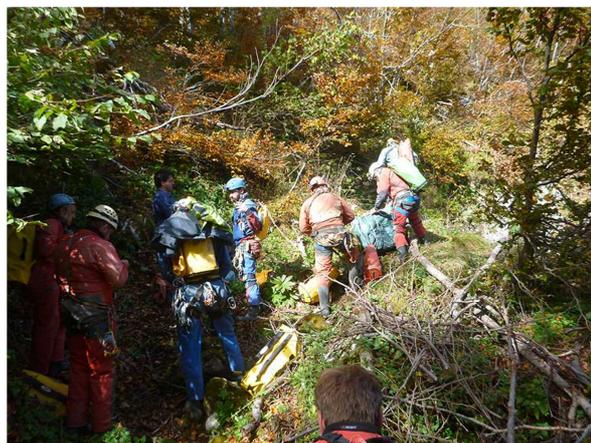
Principale difficulté : coordonner les tirs et gérer les gaz compte tenu de leur proximité.

- Equipe 4 : chargée d'agrandir un passage étroit et l'accès à un puits.

Principale difficulté : déséquiper le puits à chaque tir pour protéger l'équipement en place.

Sans plus attendre, nous partons parmi les premières équipes car la tâche est conséquente.

Nous sommes déposés par le SDIS au plus près de la marche d'approche.



Après trente minutes de marche à flanc de montagne avec tout le matériel de désobstruction nous arrivons à l'entrée de la cavité.

Une courte pause ravitaillement et nous emboîtons le pas de l'équipe chargée du déploiement de la ligne téléphonique.

La journée de travail est soutenue et les séquences de tir s'enchaînent de quatorze à vingt-deux heures, entrecoupées par la progression des différentes équipes de sauveteurs.

La principale expérience de la journée réside dans la prise de conscience de l'importance occupée par les équipes de désobstruction au sein d'une telle opération.

Il s'agit en effet d'être le plus efficace possible afin de limiter les temps d'attente des équipes tout en assurant leur sécurité. Cela est valable pendant les phases de tir à l'explosif mais aussi par un nettoyage consciencieux des zones « tirées » afin d'éviter tout sur accident.

L'efficacité est bien entendu étroitement liée à une excellente coordination avec le PC et donc à la présence de moyens de communication à proximité des équipes de désobstruction.

Un autre paramètre important se situe dans l'analyse du terrain et de l'ampleur des tâches à réaliser. A titre d'exemple, une initiative a été prise sur accord avec le PC d'élargir un passage pour permettre à la civière de prendre un raccourci.

Cette stratégie s'est avérée payante car elle a permis d'éviter à la civière de devoir monter tout en haut d'un puits pour redescendre ensuite de l'autre côté par une manœuvre compliquée.

Toutefois l'équipe à l'origine de cette initiative a dû entamer ensuite une course contre la montre pour rattraper le temps perdu et achever la mission prévue à l'origine.



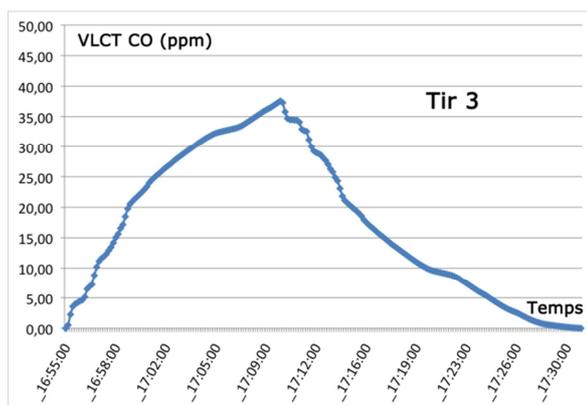
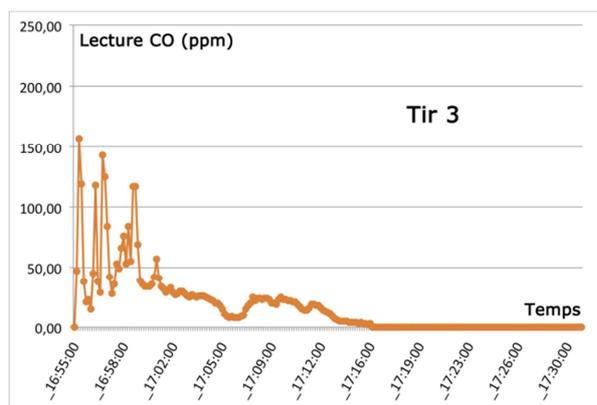


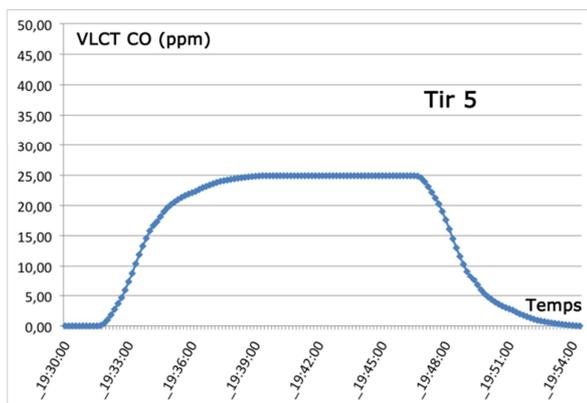
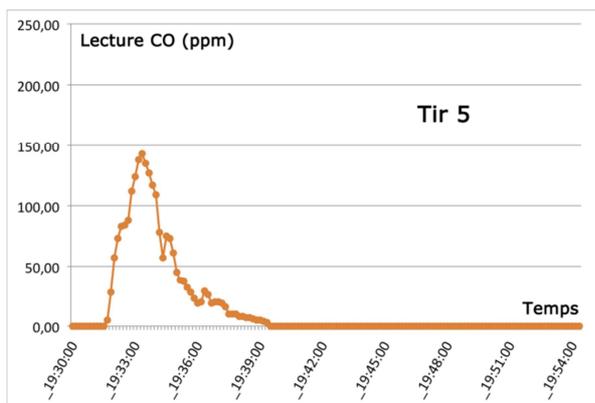
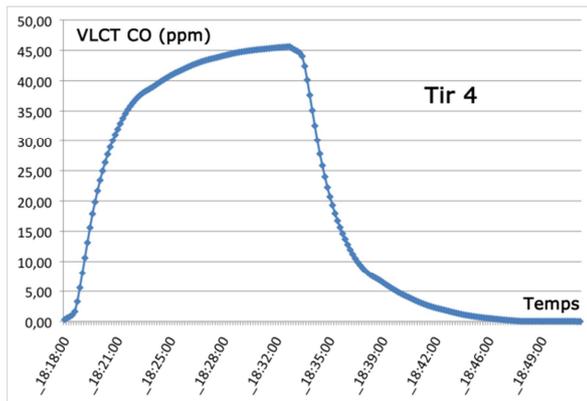
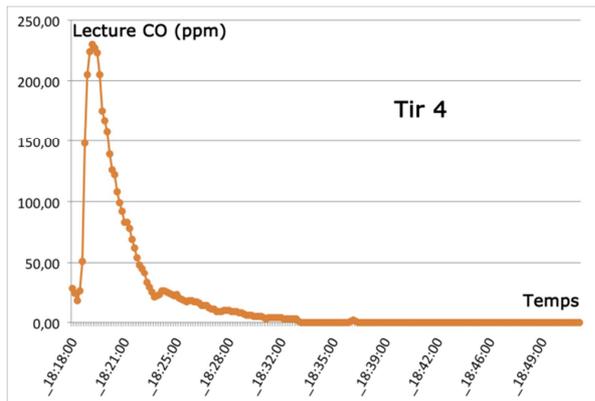
Concernant la gestion des gaz, la cavité était beaucoup moins évidente à maîtriser que celle de la veille compte tenu de l'absence de courant d'air et de la présence de nombreuses ramifications diminuant l'efficacité de la ventilation forcée.

L'analyse des données des détecteurs MX6 iBrid embarqués par les différentes équipes a permis de mettre en évidence que c'est l'équipe 3 qui a été la plus exposée aux dégagements gazeux du fait de la présence d'une cloche hermétique au-dessus de leur tête.

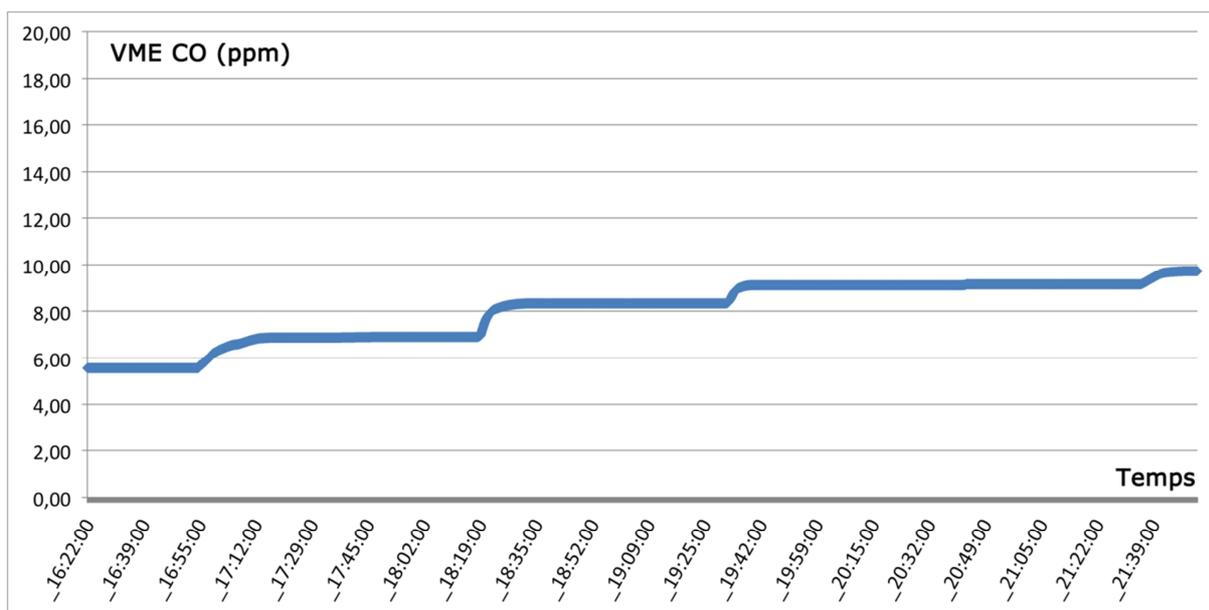
Malgré cela et le déclenchement à plusieurs reprises de l'alarme de niveau I en lecture instantanée du monoxyde de carbone, les expositions n'ont toutefois jamais été de nature à mettre en danger les sauveteurs.

Les graphiques ci-après en attestent car les VLCT et la VME sont très en dessous des valeurs critiques (respectivement 400 et 100 ppm).





Remarque : le graphique correspondant à la VME est tronqué car le détecteur a été éteint à partir du moment où l'équipe a achevé sa mission.





Ventilation forcée en bas du puits d'entrée

Nous sommes de retour au gîte vers 1h30 du matin. Nos cuisiniers ont eu la patience de nous attendre pour nous servir un copieux et délicieux repas à l'image de tous les précédents durant cette semaine de stage.

## Conclusion

---

Après une courte nuit de sommeil, il est temps de trier et de ranger tout le matériel avant de procéder à une rapide séance de débriefing de la veille et de l'ensemble du stage.

Malgré les expériences très différentes entre les stagiaires en matière de désobstruction à l'explosif en milieu souterrain, chacun s'accorde à dire que ce stage a été d'une très grande richesse tant sur le plan des connaissances théoriques acquises que sur le plan de la mise en pratique.

Ce stage permet notamment d'acquérir une excellente vision globale des différents périmètres techniques et technologiques à appréhender par l'artificier lui-même et par l'équipe de désobstruction d'un département.

Il peut aussi bien servir de rampe de lancement pour la création d'une nouvelle équipe dans des départements qui n'en possèdent pas que de transmission des bonnes pratiques au sein des autres.