

# **Détonateur Électronique Facile de Mettre en oeuvre : Mythe ou réalité...**

**Laurent Airaud, Delta Caps Canada Inc.**

## **Résumé**

Depuis bientôt dix ans, les détonateurs électroniques sont disponibles pour qui veut employer des méthodes d'initiation avancées et appliquer les théories promues par les ingénieurs et les professeurs pour réduire les nuisances des tirs comme les vibrations ou les projections et/ou optimiser les résultats des tirs en terme de fragmentation ou de dilution. De nombreuses études de cas démontrent également que le coût global du minage tend à baisser avec l'utilisation des détonateurs électroniques. Les ingénieurs et plus spécifiquement les boutefeux sont réellement les utilisateurs et doivent être avant tout persuadés que les détonateurs électroniques sont faciles à utiliser.

Cet article traite des détonateurs électroniques et de la notion de facilité de leur utilisation. L'auteur traite d'abord de la notion générale ainsi que de la perception qu'en ont les gens. Puis, des exemples de nouvelles technologies comme, l'automobile, la photographie ou l'informatique sont abordés pour remarquer comment leur utilisation a progressé pendant le temps en terme de fonctionnalités et d'utilisateurs.

Dans le domaine du minage et de l'initiation, chaque étape de la vie d'un détonateur est analysée et l'auteur précise en quoi les détonateurs électroniques facilitent la vie des utilisateurs. Enfin, une tentative de quantification de la facilité est apportée.

## **Introduction**

Pour toutes les industries, plusieurs facteurs doivent être étudiés pour accepter l'introduction d'une nouvelle technologie. Les plus communs concernent l'impact économique et l'accroissement de la sécurité. Puis d'autres notions interviennent en fonction des priorités de l'industrie en question. L'une d'elle concerne la facilité d'utilisation d'une nouvelle technologie. Cette notion est intimement liée à la fiabilité et enfin à son adoption... Si une nouvelle technologie n'est pas facile à mettre en oeuvre, il ne pourra jamais être considérée comme fiable et l'acceptation de la nouvelle technologie sera sérieusement compromise.

Dans l'industrie explosive, en 2004, il semble de plus en plus accepté que des détonateurs électroniques sont bel et bien un nouvel outil sûr et efficace et que plus généralement ils permettent d'accroître la sécurité du public et des entreprises. Pour ce qui est de l'aspect économique, les compagnies ayant fait le choix d'utiliser les détonateurs électroniques jour après jour, vérifient que les objectifs de minimiser les coûts globaux du minage sont atteints.

Cet article traite donc des détonateurs électroniques et la notion de facilité d'utilisation. Nous discutons de la notion et comparons dans d'autres domaines comment ont été accueillis des nouvelles technologies majeures. Nous apportons aussi une façon simple de quantifier cette notion abstraite de facilité pour les détonateurs électroniques.

## **Facile : définition selon le dictionnaire et perception commune**

Selon le dictionnaire, le terme « facile » est défini comme : « non difficile, fait ou obtenu sans grands efforts... ». Les synonymes de ce terme sont : simples, sans problèmes, directs, faciles, peu compliqués, peu exigeants, non problématiques, indolores, confortables, sans stress, etc....

Si nous demandons maintenant comment les gens perçoivent et définissent qu'une chose est facile ou pas, les réponses peuvent être : "C'est facile parce tout le monde peut l'utiliser." "C'est simplement accessible." "Pas besoin de gros muscles pour l'utiliser." "Pas besoin d'être Einstein pour l'utiliser." "Vous ne devez pas trop réfléchir pour l'utiliser." "Il est facile parce que rapide à utiliser." "Quand vous lancez l'exécution, vous avez le temps de discuter avec votre camarade ou boire votre boisson préférée." "Les utilisateurs d'un système travaillent encore pendant que vous êtes déjà au repos." "C'est si facile que vous pouvez l'utiliser même dans le noir." "Vous pouvez l'utiliser même dans des conditions difficiles comme lors de températures froides avec des gants ». « Même avec des gros doigts, c'est facilement utilisable. » « Vous n'avez rien à faire, l'intelligence du système travaille pour vous. », etc....

En fait, la définition selon le dictionnaire et la perception commune reste évasive et la facilité est seulement une notion qui peut être discutée que relativement à la chose en question et que pour un groupe de personnes. Citons certains exemples :

Dans la vie générale, le fait de respirer semble être l'action la plus facile à réaliser: Nous ne devons pas y penser et même les nouveaux nés, homme ou animal, peuvent et doivent le faire au commencement de leurs vies... Cet exemple est certainement le plus universel mais il n'est pas nécessaire de respecter cette universalité pour qualifier une action facile ou non à réaliser. La perception du facile peut être partagée seulement par un groupe restreint de personnes et elle peut également varier avec l'expérience. Arrêtons nous sur ce sentiment étrange mais très agréable de surmonter une tâche difficile et dire "C'est facile!"... Par exemple, vous jouez au golf et vous logez à chaque coup la balle dans le trou à 6 pieds du trou, vous vous sortez facilement de n'importe quel bunker ou vous maîtrisez puissance et précision lors de vos coups d'approche. Vous jouez et gagnez régulièrement à des jeux de carte considérés comme compliqué comme le poker menteur, le bridge... Vous jouez aux échecs et vous présentez 1,300 LO ou plus ... Atteindre ces plateaux exige de la pratique et encore de la pratique, mais quand la pratique est derrière vous, ce sentiment est palpable et vraiment agréable ... Si agréable que vous pouvez déclarer "C'est facile!"

Pour chaque nouvelle technologie maintenant entrée dans notre vie courante, le facteur temps est essentiel et a permis de finalement admettre que cette nouvelle technologie est facile à utiliser. Par exemple, les premiers utilisateurs d'automobiles n'ont pas eu beaucoup d'amusement avec cette nouvelle invention... Est-ce aujourd'hui imaginable de démarrer un moteur à la main? Est-ce imaginable aujourd'hui d'être au volant d'une voiture sans toit et d'être exposé au froid, la poussière, la boue et la pluie? Est-ce imaginable de rouler seulement sur 45 Km et d'être obligé de ravitailler en carburant?

Bien sûr que non, tout le monde peut dorénavant apprécier le démarrage électronique parfois même à distance, être confortablement installés dans un intérieur confortable et chaud et pouvoir conduire 750 Km et plus sans nécessiter de s'arrêter à une station service...

Dans le domaine de la photographie, est-ce imaginable de demander au sujet que vous voulez photographier de rester immobile et d'attendre plusieurs heures avant de jouir du résultat? Est-ce imaginable d'avoir seulement des photos en noir et blanc? Est-ce imaginable de transporter des appareils photos de plusieurs kilogrammes? Bien sûr que non, dorénavant vous pouvez apprécier la photographie avec un appareil de 200 grammes, développer des photos couleurs de 3 millions de pixels et les transférer sur le papier en moins de 5 minutes...

Beaucoup d'autres nouvelles technologies pourraient être prises en exemple ici comme, l'imprimerie, la radio, le téléphone, les armes à feu, etc.... Dans chaque cas, le temps est un facteur crucial et positif pour faire accepter la nouvelle technologie. D'abord, le temps permet d'améliorer le système avec l'action commune entre les inventeurs et les premiers utilisateurs qui jouent un rôle de *leaders*. Les inventeurs reçoivent les réactions des premiers utilisateurs et incluent les toutes nouvelles avancées techniques dans leur nouvelle technologie. Quant à eux, les *leaders* acceptent les risques associés, mais sont généralement bien servis en retour que ce soit en termes financiers ou en terme d'image dans l'industrie. Ils donnent l'impression de dominer leur domaine et son avenir. D'un deuxième côté, le temps qui passe, donne inévitablement la chance à plus en plus d'utilisateurs d'essayer et d'adhérer à la nouvelle technologie.

L'histoire nous apprend qu'il n'est pas imaginable de sacrifier une nouvelle technologie qui semble au premier abord peu facile à utiliser...

### **Détonateurs électroniques : le nouveau système d'initiation**

Le détonateur électronique est la plus récente technologie dans le domaine de l'initiation. Chaque constructeur engagé dans la conception d'un détonateur électronique s'est employé à aboutir à un système aussi simple que possible et ensuite capitaliser sur ce point autant que possible. Des voies différentes ont été sélectionnées pour pousser cette idée de facilité. Nous pouvons mentionner par exemple des systèmes à assistance vocale, des fonctions d'identification ou programmation automatiques ou encore utiliser une marque commerciale très évocatrice...

Comment faire adhérer un bouteuf à l'idée d'utiliser une technologie de l'information sur le terrain, alors que celui-ci peut ne pas se sentir à l'aise d'employer un simple ordinateur ou une imprimante dans un environnement peu agressif d'un bureau?

Dans le domaine de l'informatique, les logiciels et les ordinateurs sont de plus en plus faciles à utiliser depuis que l'Intuitivité, la Convivialité et le *Plug-and-Play* ont fait leur preuve... Cependant une impression persiste et veut que tant qu'aucun problème arrive tout est parfait et la nouvelle technologie semble faciliter les tâches, mais dès lors qu'une erreur (un bug) se manifeste, tout est remis en question. Sans une formation complète dans le domaine, comment peut on maîtriser tous les aspects d'une technologie?

Le boute feu n'est pas un ingénieur en informatique et il n'a pas à le devenir... Par contre, il se doit de maîtriser ses détonateurs et l'art du minage. Pour maîtriser des détonateurs électroniques, il devra être, et sera, formé pour obtenir 100 % des commandes du système. C'est alors qu'il deviendra pleinement confiant avec le système. Après les *Webmaster*, voici venir une nouvelle génération de boute feu haute technologie : les *Blastmaster*...

### **Détonateurs électroniques et facilité**

Comme tous systèmes d'initiation, les détonateurs électroniques ont une vie depuis leur acquisition par l'ingénieur ou le boute feu jusqu'à leur utilisation. Ils doivent être expédiés, stockés puis enfin utilisés sur le site. Sur le site, ils doivent être distribués au droit des trous, associés avec un *primer*, vérifiés, connectés et enfin identifiés, puis programmés avant d'être initiés.

Tout d'abord, revenons sur la principale qualité du détonateur électronique et comparé aux systèmes d'initiation standard. Les détonateurs électroniques sont plus précis que les systèmes précédents. Est-il plus facile de travailler avec un détonateur précis? Oui si vous considérez que vous avez beaucoup plus de choix pour achever votre but technique à savoir améliorer les vibrations, la fragmentation ou la dilution, etc. Non si vous considérez que le nombre de solutions maintenant offertes pour concevoir une séquence de tirs a considérablement augmenté et que vous êtes confronté maintenant à en choisir seulement une. Généralement, l'exactitude est un facteur qui facilite l'atteinte de tout objectif. Un rendez-vous se révèlera moins stressant si vous savez être au bon endroit et au bon moment aidé par une montre précise et des directions précises. Dans le domaine des explosifs, ce sont les ondes de choc qui doivent être à l'endroit exact et au temps exact pour atteindre des objectifs de fragmentation ou de vibration...

L'expédition peut être considérée comme moins dangereuse si des détonateurs électroniques sont impliqués puisque des détonateurs électroniques doivent être programmés avec un exploseur dédié et équipé du bon protocole de communication. Les détonateurs électroniques volés trouveront beaucoup moins d'utilisateurs mal intentionnés capables de les amorcer.

Pour des raisons de sécurité le stockage et la maintenance des inventaires exacts des détonateurs se révèlent comme une tâche fastidieuse. Est-il plus facile de gérer des inventaires de détonateurs électroniques? Non si vous considérez des détonateurs préprogrammés en usine. Oui si vous considérez des détonateurs programmables. Comme chaque détonateur est identique et sans retard, vous devez seulement gérer l'inventaire pour des longueurs de fil si le système de détonateur électronique considéré présente des connecteurs incorporés. Double Oui si vous considérez le détonateur électronique programmable sans connecteurs incorporés. Pour ces derniers, vous êtes autorisés à couper le fil à la longueur souhaitée et n'avez donc pas à inventorier plusieurs longueurs de fil.

Pour le concepteur d'un plan de tir, les détonateurs électroniques ouvrent de nouvelles portes. En raison de la possibilité infinie d'arranger une séquence d'un tir avec des

détonateurs électroniques, de plus en plus de logiciels sont disponibles sur le marché pour aider le travail. Toutefois, une certaine restriction concerne les détonateurs électriques ou électroniques portant sur le nombre maximal de détonateurs par détonation. En raison de la résistance électrique des fils, les systèmes de détonateurs électroniques présentent une limitation généralement de l'ordre de 1,000 unités par tir de quoi satisfaire tout de même à une grande majorité de plans de tir.

Pour le bouteufu, une nouvelle information est disponible pour vérifier tout défaut de détonateurs ou pour détecter l'absence ou la présence en extra d'un détonateur. En raison des capacités de mémoire électroniques, il est possible de tenir des enregistrements sur la détonation de tous les retards. En plus, il est possible de développer une banque de données de séquence de tirs et reproduire jour après jour la même séquence de détonation telle qu'enregistrée la fois précédente si un même modèle de foration est réitéré tir après tir.

Sur le site maintenant, la première tâche pour le bouteufu est de déballer les détonateurs et de les placer au droit des trous. Pour des détonateurs électroniques non programmables, il faut opérer cette action avec la même vigilance que pour des systèmes d'initiation Nonel ou électriques. Pour le détonateur électronique et programmable, l'ordre ne dépend pas de la distribution puisque le délai provient du retard qui est assigné à chaque détonateur électronique.

Pour la préparation de l'amorce, nous devons considérer les détonateurs électroniques de même taille que les détonateurs standards, et les détonateurs électroniques de taille différente. Pour la grande partie de détonateurs électroniques, la taille est la même que les détonateurs standards. Pour ceux qui présentent une taille spécifique, des amorces dédiées doivent être fournies par le fabriquant ou bien utiliser des cartouches de dynamite ou d'émulsion sensibles aux #8.

Avant chaque tir électronique, l'Institut des Fabricants d'Explosifs américain (IME) recommande de vérifier l'intégrité de chaque détonateur. Par conséquent, chaque détonateur doit être bien connecté et être pleinement intègre avant d'initier le tir. Comparativement aux systèmes d'initiation standard, c'est une tâche supplémentaire mais qui permet d'avoir un retour d'information automatique concernant l'intégrité de chaque détonateur et par la même occasion de s'assurer que tous les détonateurs sont bien connectés tels que le plan de tir l'exige.

La connection des détonateurs est considérée comme une phase essentielle pour toute nature de système. Toutefois, son importance diffère d'un système à l'autre. Le système Nonel présente un système de crochet reconnu comme très facile à utiliser... Certains systèmes de détonateurs électroniques présentent des connecteurs incorporés d'autres sont à manipuler avec un ensemble de connecteurs et de pinces type électricien. Avec le système Nonel, le bouteufu doit être vigilant lors de la connection parce que la séquence de tir y est directement liée. Particulièrement si le plan de foration n'est pas carré, le schéma de connection peut être compliqué et parfois on se doit d'utiliser des détonateurs supplémentaires en surface seulement pour ajuster des retards. Avec les systèmes

Électrique ou Électronique, le boute feu doit être plus vigilant encore au câblage, parce que l'information envoyée à chaque détonateur empruntera ce réseau. Dans le cas de l'électronique, un réseau imparfait ou blessé équivaut à l'absence pure et simple de détonation! D'autre part, la majorité des systèmes d'initiation électriques ou électroniques utilisent le principe d'un bus sur lequel viennent se connecter les détonateurs sans ordre de placement particulier. Toutefois, pour certains d'entre eux, un certain ordre doit être impérativement respecté mais le chemin de câblage peut être grandement simplifié puisque encore une fois non dépendant de la séquence de mise à feu.

Avec la fonctionnalité de communication par radio, le déploiement d'un long réseau filaire entre la position de tir et la zone de minage disparaît. Pour les grandes mines, la distance entre les deux zones peut atteindre un ou deux kilomètres et entretenir une ligne électrique principale sur un telle distance peut être la source dépenses en matériel et en temps. On peut supposer que tous les systèmes de détonateurs électroniques intégreront dans un futur proche cette fonctionnalité.

Une autre phase clef pour achever une détonation électronique consiste en l'identification et la programmation de chaque détonateur électronique. Pour les systèmes non programmables ou pour les systèmes électroniques avec identification automatique, cette phase est très simple et ne requiert pas beaucoup de temps. Pour les autres systèmes électroniques, le délai nécessaire à l'identification et la programmation de chaque détonateur et la difficulté de garantir l'absence d'erreurs augmentent proportionnellement avec le nombre de détonateurs mis en œuvre.

Finalement, la détonation doit être commandée par l'utilisation d'un exploseur. Les exploseurs associés aux systèmes de détonateur électroniques sont bien entendu plus complexes et sophistiqués que les exploseurs standards. Ces derniers sont des exploseurs à commande unique, sauf pour les tirs électriques séquentiels. Pour les systèmes électroniques, les exploseurs ou les accessoires nécessaires à l'identification ou la programmation des détonateurs nécessitent un clavier avec un minimum de touches numériques. Pour mémoire, les claviers avec moins de 10 touches sont un rêve pour le constructeur et les utilisateurs puisqu'en cas de nombreuses commandes disponibles, ils obligent à ce que l'utilisateur se familiarise avec plusieurs combinaisons de touches... C'est donc encore un défi pour les concepteurs de créer des systèmes de commande qui d'une part offrent un nombre suffisant de fonctions pratiques pour l'opérateur tout en se gardant de créer des tableaux de commandes d'apparence trop complexes...

Avec des détonateurs électroniques, le boute feu a la possibilité de reporter à l'ingénieur que tous les détonateurs sont effectivement partis puisque les recommandations de l'IME obligent à vérifier l'intégrité des détonateurs avant chaque tir et d'autre part, le système n'accepte pas de procéder au tir sans avoir préalablement conclu à l'intégrité des détonateurs présents. Pour communiquer avec un détonateur électronique, il doit être non seulement connecté au bus mais aussi être intègre au moment du tir. Avec le système Nonel il est possible de récupérer les tubes de choc et de vérifier si la peinture explosive intérieure a été consumée pour prouver que l'information a été transmise par le tube choc.

Pour les détonateurs électriques, la seule chance de détecter un détonateur non explosé est d'entendre sa détonation dans le godet de la pelle ou du chargeur...

### **Comment évaluer quantitativement la notion de facilité pour des détonateurs électroniques**

Est-il possible d'évaluer quantitativement une notion abstraite comme la facilité ? Avec le tableau ci-dessous et la description des actions élémentaires listées ci-dessus, nous pouvons établir une méthode très simple pour répondre à cette question.

La première colonne du tableau décrit brièvement les actions élémentaires.

La deuxième colonne donne une indication sur la personne principalement affectée par cette action, soit l'ingénieur ou le boute feu. L'ingénieur est suggéré par la lettre "I" et le boute feu par la lettre "B".

Les troisième et quatrième colonnes donnent une note respectivement pour les systèmes d'initiation standards (i.e. systèmes électriques ou non-électriques) et pour les systèmes d'initiation électroniques.

La note varie entre 1 et 3 pour les actions concernant l'ingénieur alors qu'elle varie entre 1 et 5 pour celles impliquant principalement le boute feu. La note 1 indique une caractéristique pauvre ou négative et la note 3 ou 5 indiquent des caractéristiques excellentes ou positives. Cette échelle de notation est définie pour donner plus de valeur aux actions du boute feu qui manipule réellement le système jour après jour sur le terrain.

	Principal affecté	Systèmes standards	Systèmes électroniques
Gestion d'inventaires	I	1	2
Conception d'une séquence de tir	I	1	3
Limitation du nombre maximum de détonateur par tir	I	2	1
Distribution des détonateurs sur le terrain	B	1	5
Conception de l'amorce	B	5	4
Identification et programmation de chaque détonateur	B	5	2
Connection des détonateurs	B	5	3
Vérification de l'intégrité de tous les détonateurs	B	1	5
Utilisation de l'exploseur	B	5	1
Assurance de l'initiation des détonateurs	I	1	3
Report et enregistrement	I	1	3

de la séquence réellement utilisée			
Option de tir par radio commande	B	1	5
Total		29	35

Plus le total est élevé plus le système en question facilite l'opération de minage...

Bien sûr, le total final n'est que figuratif. Il engage seulement la personne qui complète le tableau. La note finale peut également varier selon le système électronique considéré. D'autre part, d'autres caractéristiques ou les particularités spéciales apportées par l'un ou l'autre des systèmes de détonateurs électroniques (en positif ou en négatif) peuvent être ajoutées à ce tableau et affiner cette démarche.

Ce tableau laisse place uniquement à des caractéristiques communes ou en devenir à tous les systèmes électroniques actuellement sur le marché. Le total final laisse apparaître un total supérieur pour les systèmes de détonateurs électroniques et suggère que les détonateurs électroniques facilitent la vie des ingénieurs en minage et des boutefeux.

## Conclusion

Cet article traite des détonateurs électroniques sous un aspect peu commun puisqu'ils sont abordés sous l'angle de la facilité. En effet, on peut noter que tous les congrès concernant les pratiques du minage laissent une large place à la nouvelle technologie des systèmes d'initiation. Nombreux sont les interventions pour démontrer que les utilisateurs font de plus en plus confiance aux détonateurs électroniques et que les résultats techniques et économiques sont atteints. Il restait toutefois à éclaircir en quoi les détonateurs électroniques facilitent le travail des boutefeux et des ingénieurs.

Grâce à des exemples tirés d'autres domaines techniques, grâce à l'analyse action après action de l'utilisation des détonateurs puis grâce à l'utilisation d'un tableau pour quantifier chaque action, on peut maintenant démythifier la notion de la facilité et répondre en quoi les détonateurs électroniques peuvent faciliter l'activité du minage.

Nul doute que tout utilisateur de détonateurs électroniques doit commencer par s'investir dans une sérieuse formation, puis la compléter par la pratique pour optimiser et maîtriser parfaitement son art et atteindre un stade où il pourra déclarer que « Les détonateurs électroniques : c'est facile !... »