

DESCRIPTION

TITRE : Détonateur électronique mono-condensateur et système de mise à feu de tels détonateurs électroniques mono-condensateur.

5

La présente invention concerne un détonateur électronique mono-condensateur et un système de mise à feu de tels détonateurs électroniques mono-condensateur.

10 La présente invention s'applique de manière générale au domaine des mines et carrières et aux chantiers de travaux publics mettant en œuvre des détonateurs électroniques programmables et mis à feu à distance selon un plan de tir prédéterminé.

15 Les détonateurs électroniques sont utilisés pour initier un explosif. Un détonateur électronique comprend ainsi un moyen d'initiation de l'explosif, formé par exemple d'une tête d'amorce, relié à des moyens électroniques de commande. Le détonateur électronique comprend également des moyens de connexion à une source d'énergie externe pour alimenter en énergie le détonateur électronique.

20 Les moyens électroniques de commande intègrent à titre principal une fonction de retard à la mise à feu. Ainsi, un décompte temporel est mis en œuvre à réception par le détonateur électronique d'un ordre de mise à feu, la mise à feu du moyen d'initiation de l'explosif étant déclenchée à la fin du décompte temporel. Les moyens électroniques de commande doivent pouvoir fonctionner en autonomie, sans apport d'énergie au détonateur électronique, une fois l'ordre de mise à feu reçu.

A cet effet, un détonateur électronique intègre un ou deux condensateurs de stockage d'énergie.

30 Dans les modes de réalisation dans lesquels le détonateur électronique comprend deux condensateurs de stockage d'énergie, un premier condensateur de stockage d'énergie est adapté à stocker l'énergie nécessaire à l'alimentation des moyens électroniques de commande, notamment pour la mise

en œuvre du décompte d'un retard, et un second condensateur est adapté à stocker l'énergie nécessaire à la mise à feu du moyen d'initiation de l'explosif.

Dans les modes de réalisation dans lesquels le détonateur électronique comprend un unique condensateur de stockage d'énergie, celui-ci
5 est adapté, dans un premier temps, à alimenter en énergie les moyens électroniques de commande et, dans un second temps, à alimenter le moyen d'initiation de l'explosif lors de la mise à feu du détonateur électronique.

Le coût moindre d'un détonateur électronique à un seul condensateur (ci-après détonateur électronique mono-condensateur) est un avantage évident.

10 Toutefois, les détonateurs électroniques à deux condensateurs de stockage d'énergie sont de fonctionnement plus sûr pour les opérateurs que les détonateurs électroniques mono-condensateur.

En effet, dans son principe, un détonateur électronique à deux condensateurs autorise le chargement du premier condensateur de stockage
15 d'énergie dédié à l'alimentation des moyens électroniques de commande lorsque le détonateur électronique est connecté à une source d'énergie externe, par exemple par des fils conducteurs.

Le second condensateur de stockage d'énergie dédié à la mise à feu du moyen d'initiation de l'explosif ne se charge en énergie qu'à réception d'un
20 ordre de charge, reçu avant l'envoi et la réception d'un ordre de mise à feu.

Ce fonctionnement du détonateur électronique à deux condensateurs est donc sécurisé, évitant une mise à feu accidentelle du moyen d'initiation de l'explosif avant le lancement d'un tir.

Dans un détonateur électronique mono-condensateur, l'unique
25 condensateur de stockage d'énergie se charge dès que le détonateur électronique est raccordé par des moyens de connexion à une source d'énergie externe.

L'énergie ou une partie de l'énergie nécessaire à l'alimentation du moyen d'initiation de l'explosif lors d'une mise à feu du détonateur électronique
30 mono-condensateur est donc chargée dans le détonateur électronique mono-condensateur dès son raccordement à une source d'énergie externe.

Si par accident, un interrupteur de tir situé entre le moyen d'initiation de l'explosif et le condensateur de stockage d'énergie se ferme, une mise à feu accidentelle peut se produire.

Afin de garantir un niveau de sûreté fiable pour les opérateurs lors de
5 la manipulation des détonateurs électroniques mono-condensateur, ces derniers sont mis en œuvre par des équipements (console de programmation, console de tir) qui sont adaptés à limiter la tension électrique qui peut être délivrée sur les lignes de connexion des détonateurs électroniques mono-condensateur.

Ainsi, la source d'énergie externe présente toujours une tension
10 électrique inférieure à une valeur de tension de non mise à feu du moyen d'initiation de l'explosif intégré dans chaque détonateur électronique mono-condensateur.

La tension de non mise à feu correspond à une valeur de tension en dessous de laquelle il ne peut absolument pas y avoir une mise à feu du moyen
15 d'initiation de l'explosif.

En sélectionnant une valeur de tension de non mise à feu du moyen d'initiation de l'explosif, on garantit que la tension électrique de la source d'énergie externe est toujours suffisamment inférieure à la tension de mise à feu, dite tension de tout feu.

20 La tension de tout feu correspond à la tension au-dessus de laquelle il y a systématiquement une mise à feu du moyen d'initiation de l'explosif.

Un tel détonateur électronique mono-condensateur présente un très bon niveau de sûreté lorsqu'il est mis en œuvre avec les équipements dédiés.

Toutefois, ce niveau de sécurité peut être dégradé et inférieur à celui
25 procuré par un détonateur électronique à deux condensateurs si le détonateur électronique mono-condensateur est raccordé à une source de tension électrique et des équipements autres que ceux fournis et préconisés par le système de mise à feu.

La présente invention a pour but de résoudre au moins l'un des
30 inconvénients précités et de proposer un détonateur électronique mono-condensateur avec un niveau de sûreté amélioré.

A cet effet, la présente invention concerne, selon un premier aspect, un détonateur électronique mono-condensateur, comprenant un moyen d'initiation d'explosif, des moyens électroniques de commande, un unique condensateur de stockage d'énergie adapté à alimenter en énergie lesdits
5 moyens électroniques de commande et ledit moyen d'initiation d'explosif lors d'une mise à feu dudit détonateur électronique mono-condensateur, et des moyens de connexion à une source d'énergie pour alimenter en énergie ledit unique condensateur de stockage d'énergie.

Selon l'invention, le détonateur électronique mono-condensateur
10 comporte en outre des moyens d'écèlement de la tension appliquée aux bornes dudit unique condensateur de stockage d'énergie, lesdits moyens d'écèlement ayant une valeur seuil d'écèlement inférieure à une valeur de tension de non mise à feu dudit moyen d'initiation d'explosif, lesdits moyens d'écèlement étant commandés par lesdits moyens électroniques de commande entre une position
15 activée, dans laquelle lesdits moyens d'écèlement limitent ladite tension à une valeur inférieure à ladite valeur seuil d'écèlement, et une position désactivée, dans laquelle lesdits moyens d'écèlement sont inactifs.

Ainsi, la tension aux bornes de l'unique condensateur de stockage d'énergie peut être limitée par défaut au niveau du détonateur électronique lui-même : quelle que soit la tension appliquée aux moyens de connexion du
20 détonateur électronique, la tension aux bornes du condensateur de stockage d'énergie reste inférieure à la valeur de tension de non mise à feu du moyen d'initiation d'explosif du détonateur électronique.

La non mise à feu accidentelle du détonateur électronique est
25 procurée par la conception même du détonateur électronique mono-condensateur, et n'est pas dépendante des équipements auxquels il est raccordé lors de son utilisation.

La présente invention concerne également, selon un second aspect, un détonateur électronique mono-condensateur, comprenant un moyen
30 d'initiation d'explosif, des moyens électroniques de commande, un unique condensateur de stockage d'énergie adapté à alimenter en énergie lesdits moyens électroniques de commande et ledit moyen d'initiation d'explosif lors

d'une mise à feu dudit détonateur électronique mono-condensateur, et des moyens de connexion à une source d'énergie pour alimenter en énergie ledit unique condensateur de stockage d'énergie.

Selon l'invention, le détonateur électronique mono-condensateur
5 comprend en outre des moyens de régulation de tension connectés auxdits moyens de connexion à une source d'énergie, lesdits moyens de régulation de tension étant commandés par lesdits moyens électroniques de commande entre au moins une position haute tension, dans laquelle la tension de sortie des
10 moyens de régulation de tension est supérieure à une valeur de tension de non mise à feu dudit moyen d'initiation d'explosif, et une position basse tension, dans laquelle la tension de sortie des moyens de régulation de tension est inférieure à ladite valeur de tension de non mise à feu dudit moyen d'initiation d'explosif.

Ainsi, la tension aux bornes de l'unique condensateur de stockage
15 d'énergie peut être limitée par défaut au niveau du détonateur électronique lui-même : quelle que soit la tension appliquée aux moyens de connexion du détonateur électronique, la tension aux bornes du condensateur de stockage d'énergie reste inférieure à la valeur de tension de non mise à feu du moyen d'initiation d'explosif du détonateur électronique.

20 La non mise à feu accidentelle du détonateur électronique est procurée par la conception même du détonateur électronique mono-condensateur, et n'est pas dépendante des équipements auxquels il est raccordé lors de son utilisation.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le détonateur électronique
25 mono-condensateur comprend des moyens de régulation de tension tels que décrits ci-dessus connectés entre les moyens de connexion à une source d'énergie et des moyens d'écrtage tels que décrit ci-dessus.

La combinaison des moyens de régulation de tension et des moyens d'écrtage renforce encore la sécurité du détonateur électronique mono-
30 condensateur, par conception même.

Selon un mode de réalisation alternatif de l'invention, lesdits moyens d'écrêtage sont connectés entre les moyens de connexion à une source d'énergie et lesdits moyens de régulation de tension.

Dans un mode de réalisation pratique, lesdits moyens électroniques de commande sont configurés pour commander à la fois lesdits moyens d'écrêtage dans ladite position activée et lesdits moyens de régulation de tension dans ladite position basse tension.

Les deux moyens de protection, moyens d'écrêtage et moyens de régulation de tension, sont ainsi actifs en même temps.

De manière avantageuse, à la mise sous tension des moyens électroniques de commande, lesdits moyens électroniques de commande sont configurés pour commander lesdits moyens d'écrêtage dans ladite position activée et/ou lesdits moyens de régulation de tension dans ladite position basse tension.

Quelle que soit la tension appliquée sur la ligne de bus ou ligne d'alimentation à laquelle est connecté le détonateur électronique mono-condensateur, la tension aux bornes du condensateur de stockage d'énergie est inférieure à la valeur de tension de non mise à feu dudit moyen d'initiation d'explosif.

En pratique, et afin d'améliorer encore la sécurité en fonctionnement du détonateur électronique mono-condensateur, lorsque lesdits moyens électroniques de commande détectent un arrêt d'alimentation en énergie dudit détonateur électronique mono-condensateur pendant une période prédéfinie, lesdits moyens électroniques de commande sont configurés pour commander lesdits moyens d'écrêtage dans ladite position activée et/ou lesdits moyens de régulation de tension dans ladite position basse tension.

Selon un mode de réalisation, lorsque lesdits moyens électroniques de commande reçoivent une commande dédiée avant la mise à feu dudit détonateur électronique mono-condensateur, lesdits moyens électroniques de commande sont configurés pour commander lesdits moyens d'écrêtage dans ladite position désactivée et/ou lesdits moyens de régulation de tension dans ladite position haute tension.

A la réception d'une commande dédiée avant la mise à feu, le condensateur de stockage d'énergie peut être chargé par une source d'énergie à une tension suffisante pour permettre ensuite la mise à feu du moyen d'initiation d'explosif.

5 En pratique, la commande dédiée peut être une commande de charge du condensateur de stockage d'énergie.

Alternativement, la commande dédiée peut être une commande de désactivation des moyens de protection, c'est-à-dire les moyens d'écrêtage et les moyens de régulation de tension, une commande de charge du condensateur
10 de stockage d'énergie étant réceptionnée ultérieurement par le détonateur électronique mono-condensateur.

Les moyens électroniques de commande peuvent désactiver les deux moyens de protection, c'est-à-dire les moyens d'écrêtage et les moyens de régulation de tension, à réception par le détonateur électronique mono-
15 condensateur d'une unique commande dédiée avant la mise à feu ou d'une commande de mise à feu.

Alternativement, les moyens électroniques de commande peuvent désactiver un seul des deux moyens de protection, c'est-à-dire les moyens d'écrêtage ou les moyens de régulation de tension, à réception par le détonateur
20 électronique mono-condensateur d'une commande dédiée avant la mise à feu.

La commande dédiée peut-être une commande de charge du condensateur de stockage d'énergie ou une commande spécifique de désactivation d'un des deux moyens de protection.

En pratique, les moyens électroniques de commande peuvent
25 désactiver un premier moyen de protection, par exemple les moyens d'écrêtage, à réception d'une première commande de désactivation, puis un second moyen de protection, par exemple les moyens de régulation de tension, à réception d'une seconde commande de désactivation. Bien entendu, l'ordre de désactivation des deux moyens de protection peut être inversé.

30 La désactivation des deux moyens de protection requière alors la réception successive par le détonateur électrique mono-condensateur de deux commandes dédiées avant la mise à feu.

L'invention concerne également, selon un troisième aspect, un système de mise à feu d'un ou plusieurs détonateurs électroniques mono-condensateur conforme à l'invention.

Le système de mise à feu comprend une console de tir adaptée à émettre, à destination desdits moyens électroniques de commande d'un ou plusieurs détonateurs électroniques mono-condensateur, une commande de commutation desdits moyens d'écrêtage de ladite position activée vers ladite position désactivée et/ou une commande de commutation desdits moyens de régulation de tension de ladite position basse tension vers ladite position haute tension.

Avantageusement, ladite console de tir est adaptée à émettre séparément ladite commande de commutation desdits moyens d'écrêtage de ladite position activée vers ladite position désactivée et ladite commande de commutation desdits moyens de régulation de tension de ladite position basse tension vers ladite position haute tension.

Cette commande séparée des moyens d'écrêtage et des moyens de régulation de tension permet d'augmenter le niveau de sécurité en cas de défaillance de l'une ou l'autre des deux commandes de commutation.

Avantageusement, lesdits moyens électroniques de commande sont adaptés, à réception d'une première commande de commutation desdits moyens d'écrêtage de ladite position activée vers ladite position désactivée, respectivement desdits moyens de régulation de tension de ladite position basse tension vers ladite position haute tension, à annuler ladite première commande de commutation en l'absence de réception dans un délai prédéterminé d'une seconde commande de commutation desdits moyens de régulation de tension de ladite position basse tension vers ladite position haute tension, respectivement desdits moyens d'écrêtage de ladite position activée vers ladite position désactivée.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après.

Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non-limitatifs :

- la figure 1 représente un schéma de principe d'un détonateur électronique mono-condensateur selon un mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 2 représente un schéma de principe d'un système de mise à feu selon un mode de réalisation de l'invention.

5

On va décrire tout d'abord en référence à la figure 1 un détonateur électronique mono-condensateur selon un mode de réalisation de l'invention.

Classiquement, un détonateur électronique utilisé dans les mines, les carrières et les travaux publics pour initier de l'explosif.

10 De manière usuelle, un tel détonateur électronique est utilisable dans un plan de tir avec de nombreux autres détonateurs électroniques. Dans son principe général, un détonateur électronique comprend un moyen d'initiation d'explosif, appelé ci-après de manière non-limitative tête d'amorce, relié à un circuit électronique de commande. Le circuit électronique de commande de
15 chaque détonateur électronique intègre une fonction de retard à la mise à feu, permettant de déclencher la mise à feu de chaque détonateur électronique après un décompte d'un retard préprogrammé. Ce fonctionnement des détonateurs électroniques est connu et n'a pas besoin d'être décrit en détails dans la présente description.

20 Comme illustré schématiquement à la figure 1, un détonateur électronique mono-condensateur 10 comprend une tête d'amorce 11 reliée à un circuit électronique de commande alimenté en courant électrique.

Le détonateur électronique mono-condensateur 10 comprend des moyens de connexion 13 à une source d'énergie 12 pour alimenter en énergie le
25 circuit électronique de commande. Les moyens de connexion 13 comprennent par exemple des fils conducteurs et un boîtier de connexion (non représenté) permettant de relier le détonateur électronique mono-condensateur 10 à la source d'énergie 12, via une ligne d'alimentation électrique par exemple.

La source d'énergie 12 peut être formée d'une batterie électrique par
30 exemple.

Le détonateur électronique mono-condensateur 10 comprend en entrée du circuit électronique de commande des moyens de filtration et de

redressage du courant 14. Ces moyens de filtration et de redressage du courant 14 sont usuels et permettent une alimentation en courant continu du circuit électronique de commande du détonateur électronique mono-condensateur 10.

Ainsi, le circuit électronique de commande peut être alimenté en
5 courant continu par les fils conducteurs des moyens de connexion 13 à une source d'énergie 12, formée d'une alimentation externe en courant alternatif.

Toutefois, le circuit électronique de commande doit pouvoir
fonctionner en autonomie, sans apport d'énergie électrique par les moyens de
connexion 13 à la source d'énergie 12, notamment lorsqu'un ordre de mise à feu
10 est réceptionné par le détonateur électronique mono-condensateur 10.

A cet effet, des moyens de stockage d'énergie sont prévus dans le
détonateur électronique mono-condensateur 10.

Tel qu'illustré à la figure 1, un unique condensateur de stockage
d'énergie 15 est prévu dans le détonateur électronique mono-condensateur 10.
15 Ce condensateur de stockage d'énergie 15 est adapté à alimenter en énergie le
circuit électronique de commande, et en particulier des moyens électroniques de
commande 16, et la tête d'amorce 11 lors d'une mise à feu du détonateur
électronique mono-condensateur 10.

Ainsi, le condensateur de stockage d'énergie 15 permet d'alimenter
20 en autonomie dans un premier temps les moyens électroniques de commande
16 pendant le décompte du retard associé au détonateur électronique mono-
condensateur 10, et dans un second temps, la tête d'amorce 11 pour la mise à
feu.

Dès que le détonateur électronique mono-condensateur 10 est
25 raccordé électriquement à la source d'énergie 12, le condensateur de stockage
d'énergie 15 se charge.

Ainsi, l'énergie, ou au moins une partie de l'énergie en fonction de
l'amplitude de la tension appliquée aux fils conducteurs des moyens de
connexion 13, nécessaire à la mise à feu de la tête d'amorce 11 est chargée et
30 stockée dans le condensateur de stockage d'énergie 15 du détonateur
électronique mono-condensateur 10.

Le détonateur électronique mono-condensateur 10 comprend en outre un interrupteur de tir 17 monté entre le condensateur de stockage d'énergie 15 et la tête d'amorce 11. Classiquement, lorsqu'un ordre de mise à feu adressé par une console de tir est réceptionné par le détonateur électronique mono-condensateur 10, les moyens électroniques de commande 16 commande la fermeture de l'interrupteur de tir 17 et ainsi la mise à feu de la tête d'amorce 11 alimentée par le condensateur de stockage d'énergie 15.

Toutefois, afin de garantir la sécurité d'utilisation, le détonateur électronique mono-condensateur 10 comporte des moyens de protection afin d'éviter que le condensateur de stockage d'énergie 15 soit chargé d'une énergie électrique suffisante pour la mise à feu de la tête d'amorce 11 tant qu'une commande spécifique de mise à feu n'a pas été adressée et réceptionnée par le détonateur électronique mono-condensateur 10.

Dans l'exemple de réalisation de la figure 1, les moyens de protection comprennent d'une part des moyens d'écèlement 18 de la tension aux bornes du condensateur de stockage d'énergie 15 et d'autre part, des moyens de régulation de tension 19 connectés aux moyens de connexion 13 à la source d'énergie 12.

Les moyens d'écèlement 18 ont une valeur seuil d'écèlement U_s inférieure à une valeur de tension de non mise à feu U_a de la tête d'amorce 11.

Les moyens d'écèlement 18 sont commandés par les moyens électroniques de commande 16 entre une position activée, dans laquelle les moyens d'écèlement 18 limitent la tension à une valeur inférieure à la valeur seuil d'écèlement U_s , et une position désactivée, dans laquelle les moyens d'écèlement 18 sont inactifs.

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 1, les moyens d'écèlement 18 sont montés en parallèle du condensateur de stockage d'énergie 15. Lorsque les moyens d'écèlement 18 sont activés, la tension de charge du condensateur de stockage d'énergie 15 reste inférieure à la valeur seuil d'écèlement U_s , et donc à la tension de non mise à feu U_a de la tête d'amorce 11.

En cas de fermeture accidentelle de l'interrupteur de tir 17, la tension de charge du condensateur de stockage d'énergie 15 n'est pas suffisante pour entraîner la mise à feu de la tête d'amorce 11.

Les moyens d'écrtage 18 peuvent être formés de manière connue pour l'homme du métier d'une ou plusieurs diodes, et par exemple d'une diode Zener.

Les moyens de régulation de tension 19 sont commandés par les
5 moyens électroniques de commande 16 entre une position haute tension, dans laquelle la tension de sortie des moyens de régulation de tension 19 est supérieure à la valeur de tension de non mise à feu U_a de la tête d'amorce 11, et une position basse tension, dans laquelle la tension de sortie des moyens de régulation de tension 19 est inférieure à la valeur de tension de non mise à feu
10 U_a de la tête d'amorce 11.

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 1, les moyens de régulation de tension 19 sont montés en série avec le condensateur de stockage d'énergie 15. Lorsque les moyens de régulation de tension 19 sont en position basse tension, la tension de charge du condensateur de stockage d'énergie 15
15 reste inférieure à la valeur de la tension de non mise à feu U_a de la tête d'amorce 11.

En cas de fermeture accidentelle de l'interrupteur de tir 17, la tension de charge du condensateur de stockage d'énergie 15 n'est pas suffisante pour entraîner la mise à feu de la tête d'amorce 11.

20 Les moyens de régulation de tension 19 peuvent être formés de manière connue pour l'homme du métier d'un circuit d'un ou plusieurs diodes et transistors.

Dans le mode de réalisation illustrée à la figure 1, les moyens de régulation de tension 19 sont connectés entre les moyens de connexion 13 à la
25 source d'énergie 12 et les moyens d'écrtage 18.

Une résistance 18a est avantageusement montée en série entre les moyens de régulation de tension 19 et les moyens d'écrtage 18 afin de limiter le courant dans le circuit des moyens d'écrtage 18 lorsque les moyens de régulation de tension 19 sont en position haute tension.

30 Les moyens de régulation de tension 19 sont adaptés en position haute tension, soit à délivrer le courant à une tension égale à la tension d'alimentation du détonateur électronique mono-condensateur 10, soit à une

tension régulée, de valeur supérieure à la valeur de tension de tout feu de la tête d'amorce 11 du détonateur électronique mono-condensateur 10.

Le détonateur électronique mono-condensateur 10 comporte ainsi une double protection, visant à éviter toute charge accidentelle du condensateur de stockage d'énergie 15 à une tension suffisante pour la mise à feu de la tête d'amorce.

La tension de non mise à feu U_a correspond à la tension en dessous de laquelle il ne peut pas, de manière certaine, y avoir une mise à feu du moyen d'initiation de l'explosif.

La tension de tout feu correspond au contraire à une valeur de la tension au-dessus de laquelle il y a systématiquement une mise à feu du moyen d'initiation de l'explosif.

Entre ces deux valeurs de tension, la mise à feu est probable.

La détermination de la tension de non mise à feu et de la tension de tout feu dépend de la technologie des filaments mis en œuvre, des compositions pyrotechniques, des substrats, des interfaces entre les différents éléments constituant la tête d'amorce. Les valeurs de ces tensions peuvent être déterminées par des méthodes d'essais statistiques lors du développement et prototypage des détonateurs électroniques mono-condensateur, du type méthode statistique des PROBIT ou méthode d'essais de BRUCETON.

A titre d'exemple non limitatif, la valeur de la tension de non mise à feu U_a est comprise entre 6 et 10 Volt, et par exemple égale à 8 Volt.

La valeur de tension de tout feu de la tête d'amorce 11 est à titre d'exemple non limitatif comprise entre 15 et 17 Volt.

Afin d'assurer cette double protection, les moyens électroniques de commande 16 sont configurés pour commander à la fois les moyens d'écrêtage 18 dans la position activée et les moyens de régulation de tension 19 dans la position basse tension.

Comme cela sera décrit plus en détails ci-après, la commande des moyens d'écrêtage 18 dans la position activée et la commande des moyens de régulation de tension 19 dans la position basse tension sont préférentiellement

simultanées. Elles peuvent également être adressées l'une après l'autre au détonateur électronique mono-condensateur 10.

Bien entendu, le détonateur électronique mono-condensateur 10 pourrait ne comporter qu'un seul moyen de protection, et par exemple
5 uniquement des moyens d'écrêtage 18 ou uniquement des moyens de régulation de tension 19.

Lorsque le détonateur électronique mono-condensateur 10 est raccordé à la source d'énergie 12, c'est-à-dire à la mise sous tension des moyens électroniques de commande 16, les moyens électroniques de commande 16 sont
10 configurés pour commander les moyens d'écrêtage 18 dans la position activée et/ou les moyens de régulation de tension 19 dans la position basse tension.

De préférence, à la mise sous tension du détonateur électronique mono-condensateur 10, les moyens d'écrêtage 18 sont commandés dans la position activée et les moyens de régulation de tension 19 sont commandés dans
15 la position basse tension.

De même, dès que les moyens électroniques de commande 16 détectent un arrêt d'alimentation en énergie du détonateur électronique mono-condensateur 10 pendant une période prédéfinie, les moyens électroniques de commande 16 sont configurés pour commander les moyens d'écrêtage 18 dans
20 la position activée et/ou les moyens de régulation de tension 19 dans la position basse tension.

Ainsi, en cas de perte de tension sur la ligne d'alimentation du détonateur électronique mono-condensateur 10 pendant une période prédéfinie, par exemple de quelques millisecondes, la configuration du détonateur
25 électronique mono-condensateur 10 est réinitialisée au niveau des moyens de protection quel que soit l'état d'avancement de la programmation du détonateur électronique mono-condensateur 10 dans la configuration d'un tir.

De préférence, en cas de perte d'alimentation du détonateur électronique mono-condensateur 10, les moyens d'écrêtage 18 sont commandés
30 dans la position activée et les moyens de régulation de tension 19 sont commandés dans la position basse tension.

Lors de la configuration d'un tir, les moyens électroniques de commande 16 reçoivent une ou plusieurs commandes dédiées avant la mise à feu du détonateur électronique mono-condensateur 10.

5 A réception d'une ou de plusieurs commandes dédiées, les moyens électroniques de commande 16 sont configurés pour commander les moyens d'écrêtage 18 dans la position désactivée et/ou les moyens de régulation de tension 19 dans la position haute tension.

Le détonateur électronique mono-condensateur 10 peut ainsi être commandé pour permettre la charge du condensateur de stockage d'énergie 15
10 à une tension suffisante pour permettre la mise à feu de la tête d'amorce 11.

On va décrire plus en détail en référence à la figure 2 un exemple de mise en œuvre dans un système de mise à feu d'un ou plusieurs détonateurs électroniques mono-condensateur 10 tels que décrits précédemment.

Les détonateurs électroniques mono-condensateur 10 sont destinés à
15 être installés chacun dans un trou de mine au front de taille (appelé "face" en terminologie anglo-saxonne).

De manière usuelle, chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 est placé avec une quantité prédéterminé d'explosif dans un trou de mine foré dans une paroi.

20 L'ensemble des détonateurs électroniques mono-condensateur 10 ainsi installés au front de taille sont destinés ensuite à être mis à feu en une seule volée.

Dans ce mode de réalisation, le système de mise à feu comprend un dispositif mobile de test 20 adapté à être connecté à une ligne bus L1.

25 Les détonateurs électroniques mono-condensateur 10 sont également connectés à la ligne bus L1 et ainsi reliés au dispositif mobile de test 20.

Le dispositif mobile de test 20 peut ainsi communiquer avec un ou plusieurs détonateurs électroniques mono-condensateur 10, simultanément ou individuellement, afin de lire des informations ou données mémorisées par les
30 détonateurs électroniques mono-condensateur 10, adresser des informations ou des commandes à ces détonateurs électroniques mono-condensateur 10 et tester leur connexion et leur état de fonctionnement.

Dans certains modes de réalisation, le dispositif mobile de test 20 est également conçu pour programmer les détonateurs électroniques 10, et par exemple programmer un retard de mise à feu (*delay* en terminologie anglo-saxonne).

5 Le dispositif mobile de test 20 comprend de manière classique des moyens de réception 21 et d'envoi 22 permettant de communiquer avec les détonateurs électroniques 10, simultanément ou individuellement.

 Les moyens de réception 21 et d'envoi 22 peuvent être formés d'un émetteur/récepteur bidirectionnel, connus de l'homme du métier dans le domaine
10 de la communication des réseaux filaires.

Bien que dans l'exemple de réalisation illustré à la figure 2, les détonateurs électroniques mono-condensateur 10 et le dispositif mobile de test 20 sont connectés par une liaison filaire au moyen de la ligne bus L1, l'invention n'est pas limitée à ce type de connexion.

15 En particulier, le dispositif mobile de test 20 et les détonateurs électroniques mono-condensateur 10 pourraient communiquer par une liaison sans fil, notamment par liaison radio. Les moyens de réception 21 et d'envoi 22 peuvent alors être formés d'une antenne émettrice/réceptrice bidirectionnelle, connue de l'homme du métier dans le domaine de la communication des réseaux
20 sans fil.

 Le dispositif mobile de test 20 comprend en outre un microprocesseur 23 permettant de mettre en œuvre différents traitements de données, calculs et paramétrages utiles à l'installation des détonateurs électroniques mono-condensateur 10 au front de taille.

25 Le dispositif mobile de test 20 comprend également une mémoire 24 du type mémoire inscriptible EEPROM (acronyme de la terminologie anglo-saxonne "*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*") et des moyens d'affichage formés d'un écran 25 pour communiquer avec l'utilisateur.

 Le système de mise à feu comprend par ailleurs une console de tir 30,
30 formant un dispositif de mise à feu distant, adaptée à communiquer et émettre des commandes à destination des moyens électroniques de commande 16 des détonateurs électroniques mono-condensateur.

La console de tir 30 est destinée à être connectée à distance avec les détonateurs électroniques mono-condensateur 10.

Comme illustré à la figure 2, la console de tir 30 est connectée via une ligne de mise à feu L2, elle-même reliée à la ligne bus L1.

5 La console de tir 30 est destinée à être placée à longue distance du front de taille pour permettre le déclenchement du tir en toute sécurité pour l'opérateur commandant le tir à partir de la console de tir 30.

La console de tir 30 comprend des moyens de réception 31 et des moyens d'envoi 32 permettant une communication bidirectionnelle entre les
10 détonateurs électroniques mono-condensateur 10 et la console de tir 30, simultanément ou individuellement.

Les moyens de réception 31 et d'envoi 32 sont similaires à ceux décrits précédemment en lien avec le dispositif mobile de test 20.

La console de tir 30 comprend en outre un microprocesseur 33
15 permettant de mettre en œuvre différents traitements de données, calculs et paramétrages nécessaires à la mise à feu.

Une mémoire programmable 34 du type mémoire EEPROM est également prévue dans la console de tir 30.

Un écran d'affichage 35 peut également équiper la console de tir 30
20 pour communiquer avec l'opérateur.

Chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 comprend des moyens de communication bidirectionnelle 41 adaptés à la communication du détonateur électronique mono-condensateur 10 avec le dispositif mobile de test 20 et/ou la console de tir 30. Les moyens de communication bidirectionnelle
25 41 des détonateurs électroniques mono-condensateur 10 sont similaires aux moyens de réception 21 et d'envoi 22 décrits précédemment en lien avec le dispositif mobile de test 20 ou aux moyens de réception 31 et d'envoi 32 de la console de tir 30.

Le rôle et le fonctionnement du dispositif mobile de test 20 et de la
30 console de tir 30 sont connus dans leurs principes généraux pour la programmation d'un tir, du temps de retard associé à chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 et la mise à feu proprement dite, seules les

particularités de communication entre la console de tir 30 et les détonateurs électroniques mono-condensateur 10 étant décrites ci-après en détails.

La console de tir 30 est adaptée à adresser à chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 connecté à la ligne de tir L2 une commande
5 de commutation des moyens d'écrêtage 18 de la position activée vers la position désactivée et/ou une commande de commutation des moyens de régulation de tension 19 de la position basse tension vers la position haute tension.

Ainsi, les moyens de protection de chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 sont contrôlables à distance par la console de tir 30.

10 En vue de la préparation du tir, et donc du chargement du condensateur de stockage d'énergie 15 de chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 avec une énergie suffisante pour la mise à feu de la tête d'amorce 11, la console de tir 30 permet d'adresser des commandes dédiées aux détonateurs électroniques mono-condensateur 10 pour commuter les moyens
15 d'écrêtage 18 et les moyens de régulation de tension 19 dans un mode d'alimentation à une tension dite de tout feu de la tête d'amorce 11.

De préférence, la console de tir 30 est adaptée à émettre séparément la commande de commutation des moyens d'écrêtage 18 de la position activée vers la position désactivée et la commande de commutation des moyens de
20 régulation de tension 19 de la position basse tension vers la position haute tension.

Deux commandes dédiées séparées sont ainsi adressées à chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 pour contrôler le passage d'un niveau de basse tension à un niveau de haute tension de l'alimentation du
25 détonateur électronique mono-condensateur 10. Cette double commande permet ainsi d'augmenter la sécurité d'utilisation des détonateurs électroniques mono-condensateur 10.

Dans une telle configuration, les moyens électroniques de commande 16 de chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 sont adaptés,
30 après avoir réceptionné une première commande de commutation des moyens d'écrêtage 18 de la position activée vers la position désactivée, à annuler cette première commande de commutation en l'absence de réception, dans un délai

prédéterminé, d'une seconde commande de commutation des moyens de régulation de tension 19 de la position basse tension vers la position haute tension.

De manière analogue, les moyens électroniques de commande 16 de
5 chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 sont adaptés, après avoir réceptionné une première commande de commutation des moyens de régulation de tension 19 de la position basse tension vers la position haute tension, à annuler cette première commande de commutation en l'absence de réception, dans un délai prédéterminé, d'une seconde commande de
10 commutation des moyens d'écrêtage 18 de la position activée vers la position désactivée.

Ainsi, au-delà du délai prédéterminé de réception d'une seconde commande de commutation, le détonateur électronique mono-condensateur 10 est reconfiguré en position de sécurité, les moyens de protection étant de
15 nouveau tous les deux adaptés à alimenter le condensateur de stockage d'énergie 15 à un niveau de tension inférieur à la valeur de la tension de non mise à feu de la tête d'amorce 11.

En pratique, la console de tir 30 peut ne comporter qu'une seule touche de commande pour l'envoi de la première commande de commutation et
20 de la seconde commande de commutation aux détonateurs électroniques mono-condensateur 10. Ce double envoi de commandes de commutation améliore ainsi la sécurité d'utilisation des détonateurs électroniques mono-condensateur 10 sans complexifier l'utilisation pour l'opérateur de la console de tir 30.

25 Bien entendu, ce mode de fonctionnement de la console de tir 30 n'est pas limitatif. La console de tir 30 peut aussi être adaptée à émettre simultanément, dans une même commande dédiée, la commande de commutation des moyens d'écrêtage 18 de la position activée vers la position désactivée et la commande de commutation des moyens de régulation de tension
30 19 de la position basse tension vers la position haute tension.

Ces commandes dédiées de commutation, adressées par la console de tir 30 pour désactiver les moyens de protection de chaque détonateur

électronique mono-condensateur 10, sont envoyées uniquement par la console de tir 30, en toute fin de procédure de programmation du tir, et juste avant l'envoi d'une commande de mise à feu de l'ensemble des détonateurs électroniques mono-condensateur 10.

5 Ainsi, ces commandes dédiées de commutation pour désactiver les moyens de protection de chaque détonateur électronique mono-condensateur 10 ne peuvent pas être envoyées par le dispositif mobile de test 20.

 En revanche, le dispositif mobile de test 20 ou la console de tir 30 peuvent adresser une unique commande dédiée pour activer les moyens de
10 protection de chaque détonateur électronique mono-condensateur 10, c'est-à-dire pour commander les moyens d'écrêtage 18 dans la position activée et les moyens de régulation de tension 19 dans la position basse tension.

 Ainsi, les détonateurs électroniques mono-condensateur 10 intègrent des moyens de protection en tension, permettant de protéger l'opérateur au
15 moment de la connexion des détonateurs électroniques mono-condensateur 10 à la ligne bus L1 et pendant toute la phase de programmation et de test des détonateurs électroniques mono-condensateur 10.

 En particulier, le dispositif mobile de test 20 peut être utilisé en toute sécurité au front de taille, même si la tension délivrée par le dispositif mobile de
20 test 20 est supérieure à la valeur de la tension de non mise à feu de la tête d'amorce 11 des détonateurs électroniques mono-condensateur 10. En effet, il est parfois utile que le dispositif mobile de test 20 délivre une tension importante afin de pouvoir adresser des réseaux de nombreux détonateurs électroniques mono-condensateur 10 connectés simultanément sur une même ligne bus L1.

25 Un tel détonateur électronique mono-condensateur 10 permet ainsi, en comparaison avec un détonateur électronique à deux condensateurs, d'être plus économique, grâce à la mise en œuvre d'un seul condensateur de stockage d'énergie 15, tout en garantissant un niveau de sécurité d'utilisation élevé, qui ne dépend par des équipements auxquels il est raccordé.

30 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits ci-dessus.

En particulier, les moyens d'écrtage (18) peuvent également être connectés entre les moyens de connexion (13) à la source d'énergie (12) et les moyens de régulation de tension (19).

REVENDICATIONS

1. Détonateur électronique mono-condensateur, comprenant un
5 moyen d'initiation d'explosif (11), des moyens électroniques de commande (16),
un unique condensateur de stockage d'énergie (15) adapté à alimenter en
énergie lesdits moyens électroniques de commande (16) et ledit moyen
d'initiation d'explosif (11) lors d'une mise à feu dudit détonateur électronique
mono-condensateur (10), et des moyens de connexion (13) à une source
10 d'énergie (12) pour alimenter en énergie ledit unique condensateur de stockage
d'énergie (15), caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens
d'écèlement (18) de la tension aux bornes dudit unique condensateur de
stockage d'énergie (15), lesdits moyens d'écèlement (18) ayant une valeur seuil
d'écèlement (U_s) inférieure à une valeur de tension de non mise à feu (U_a) dudit
15 moyen d'initiation d'explosif (11), lesdits moyens d'écèlement (18) étant
commandés par lesdits moyens électroniques de commande (16) entre une
position activée, dans laquelle lesdits moyens d'écèlement (18) limitent ladite
tension à une valeur inférieure à ladite valeur seuil d'écèlement (U_s), et une
position désactivée, dans laquelle lesdits moyens d'écèlement (18) sont inactifs.

20

2. Détonateur électronique mono-condensateur, comprenant un
moyen d'initiation d'explosif (11), des moyens électroniques de commande (16),
un unique condensateur de stockage d'énergie (15) adapté à alimenter en
énergie lesdits moyens électroniques de commande (16) et ledit moyen
25 d'initiation d'explosif (11) lors d'une mise à feu dudit détonateur électronique
mono-condensateur (10), et des moyens de connexion (13) à une source
d'énergie (12) pour alimenter en énergie ledit unique condensateur de stockage
d'énergie (15), caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de
régulation de tension (19) connectés auxdits moyens de connexion (13) à une
30 source d'énergie (12), lesdits moyens de régulation de tension (19) étant
commandés par lesdits moyens électroniques de commande (16) entre au
moins une position haute tension, dans laquelle la tension de sortie des moyens

de régulation de tension (19) est supérieure à une valeur de tension de non mise à feu (U_a) dudit moyen d'initiation d'explosif (11), et une position basse tension, dans laquelle la tension de sortie des moyens de régulation de tension (19) est inférieure à ladite valeur de tension de non mise à feu (U_a) dudit moyen d'initiation d'explosif (11).

3. Détonateur électronique mono-condensateur conforme aux revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de régulation de tension (19) sont connectés entre les moyens de connexion (13) à une source d'énergie (12) et lesdits moyens d'écrêtage (18).

4. Détonateur électronique mono-condensateur selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens électroniques de commande (16) sont configurés pour commander à la fois lesdits moyens d'écrêtage (18) dans ladite position activée et lesdits moyens de régulation de tension (19) dans ladite position basse tension.

5. Détonateur électronique mono-condensateur conforme à l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'à la mise sous tension des moyens électroniques de commande (16), lesdits moyens électroniques de commande (16) sont configurés pour commander lesdits moyens d'écrêtage (18) dans ladite position activée et/ou lesdits moyens de régulation de tension (19) dans ladite position basse tension.

6. Détonateur électronique mono-condensateur conforme à l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que lorsque lesdits moyens électroniques de commande (16) détectent un arrêt d'alimentation en énergie dudit détonateur électronique mono-condensateur (10) pendant une période prédéfinie, lesdits moyens électroniques de commande (16) sont configurés pour commander lesdits moyens d'écrêtage (18) dans ladite position activée et/ou lesdits moyens de régulation de tension (19) dans ladite position basse tension.

7. Détonateur électronique mono-condensateur conforme à l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que lorsque lesdits moyens électroniques de commande (16) reçoivent une commande dédiée avant la mise à feu dudit détonateur électronique mono-condensateur (10), lesdits moyens électroniques de commande (16) sont configurés pour commander lesdits moyens d'écrêtage (18) dans ladite position désactivée et/ou lesdits moyens de régulation de tension (19) dans ladite position haute tension.
8. Système de mise à feu d'un ou plusieurs détonateurs électroniques mono-condensateur (10) conforme à l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend une console de tir (30) adaptée à émettre, à destination desdits moyens électroniques de commande (16) d'un ou plusieurs détonateurs électroniques mono-condensateur (10), une commande de commutation desdits moyens d'écrêtage (18) de ladite position activée vers ladite position désactivée et/ou une commande de commutation desdits moyens de régulation de tension (19) de ladite position basse tension vers ladite position haute tension.
9. Système de mise à feu conforme à la revendication 8, caractérisé en ce que ladite console de tir (30) est adaptée à émettre séparément ladite commande de commutation desdits moyens d'écrêtage (18) de ladite position activée vers ladite position désactivée et ladite commande de commutation desdits moyens de régulation de tension (19) de ladite position basse tension vers ladite position haute tension.
10. Système de mise à feu conforme à la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits moyens électroniques de commande (16) sont adaptés, à réception d'une première commande de commutation desdits moyens d'écrêtage (18) de ladite position activée vers ladite position désactivée, respectivement desdits moyens de régulation de tension (19) de ladite position basse tension vers ladite position haute tension, à annuler ladite première commande de commutation en l'absence de réception dans un délai

prédéterminé d'une seconde commande de commutation desdits moyens de régulation de tension (19) de ladite position basse tension vers ladite position haute tension, respectivement desdits moyens d'écrtage (18) de ladite position activée vers ladite position désactivée.