

**Procédé de détermination de localisation d'un détonateur d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques, procédé de programmation d'un plan de tir et système de mise à feu correspondant.**

- 5 L'invention concerne un procédé de détermination de localisation d'un détonateur d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques.  
Elle concerne aussi un procédé de programmation d'un plan de tir.  
Elle concerne également un système de mise à feu comportant un réseau sans fil de détonateurs électroniques.
- 10 Un détonateur comporte par exemple ici une charge, notamment une charge pyrotechnique, et un module de communication, par exemple un module de communication bidirectionnelle.  
Un réseau sans fil de détonateurs électroniques désigne ici un ensemble de détonateurs qui ne sont pas reliés par des fils électriques les uns aux autres ou à une
- 15 unité externe, telle par exemple un concentrateur réseau.  
Un concentrateur réseau désigne un équipement électronique configuré pour coordonner des communications radio entre différents modules de communication. Il gère un protocole.  
L'invention trouve son application dans le domaine de l'initiation pyrotechnique, dans
- 20 tout secteur où un réseau d'au moins un détonateur électronique doit traditionnellement être mis en œuvre.  
Des exemples typiques d'utilisation concernent l'exploitation des mines, carrières, l'exploration sismique, ou le secteur du bâtiment et des travaux publics.  
Lors de l'installation d'un système de mise à feu sur un terrain ou site de travaux,
- 25 chaque détonateur électronique d'un réseau d'au moins un détonateur électronique est mis en place à un emplacement aménagé pour le recevoir.  
Un tel emplacement est par exemple un trou foré, dans un sol ou une paroi notamment.
- En pratique, un opérateur positionne un détonateur électronique dans l'emplacement
- 30 prévu à cet effet.  
Afin de mettre en œuvre une mise à feu d'un réseau de plusieurs détonateurs électroniques, il est utile de connaître la position de chaque détonateur électronique.  
Connaître la position de chaque détonateur est principalement nécessaire afin de programmer un retard de mise à feu associé à au moins l'un des détonateurs et ainsi
- 35 établir la séquence de tir.

- Pour connaître la position des détonateurs électroniques dans un site de travaux, les coordonnées géographiques de chaque détonateur électronique peuvent être récoltées, par exemple par un dispositif récepteur GPS. Un dispositif GPS peut être implanté sur les détonateurs et/ou sur un outil de programmation, comme par exemple
- 5 une console de programmation. S'il est implanté sur l'outil de programmation, c'est la position de l'opérateur, ayant l'outil de programmation en main, qui fait foi, c'est-à-dire qui est assimilée à la position du détonateur concerné. Toutefois, la présence d'un dispositif récepteur GPS associé à chaque détonateur électronique et/ou à l'outil de programmation pour récolter des coordonnées géographiques de détonateurs
- 10 électroniques peut engendrer des frais importants, et/ou des temps importants de présence de l'opérateur sur le terrain pour mettre en œuvre cette récolte. De plus, un positionnement absolu n'est pas requis pour des opérations de tir ; une topologie relative des détonateurs est souvent suffisante.
- Par ailleurs, un tel système de mise à feu avec GPS est difficilement utilisé, voire ne
- 15 peut pas être utilisé, sur certains terrains, comme les terrains souterrains. Le bon fonctionnement de ce type de système de mise à feu est en outre tributaire de la disponibilité (réception) des satellites dédiés au système de géolocalisation utilisé. La présente invention a pour but de résoudre au moins en partie les inconvénients précités menant en outre à d'autres avantages.
- 20 A cet effet, est proposé, selon un premier aspect, un procédé de détermination de localisation d'un détonateur d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques, le procédé comportant :
- Une étape d'émission d'un signal par le détonateur, dit détonateur émetteur ;
  - Une étape de réception du signal par au moins un autre détonateur du réseau,

25 dit détonateur récepteur, différent du détonateur émetteur ;

  - Une étape de calcul d'une distance entre le détonateur émetteur et le détonateur récepteur en fonction d'une puissance du signal qui a été reçu par le détonateur récepteur.
- Ainsi, un détonateur, par exemple au moins un module de communication du
- 30 détonateur, qu'il soit en surface ou dans un trou, communique avec au moins un autre détonateur du réseau, par exemple avec un module de communication de l'autre détonateur.
- Le signal émis par le détonateur émetteur comporte par exemple un signal électromagnétique, par exemple un signal lumineux ou un signal radio, ou un signal
- 35 mécanique, ou un signal acoustique, comme par exemple un signal par ultrason.

Il peut s'agir d'un signal lumineux si tous les détonateurs de l'ensemble comportent un module en surface.

L'étape de calcul d'une distance entre le détonateur émetteur et le détonateur récepteur peut comporter une étape d'estimation de la distance, ou même d'estimation  
5 d'un ordre de grandeur de la distance entre le détonateur émetteur et le détonateur récepteur.

En fonction des situations, une détermination précise de la distance, i.e. une détermination au centimètre près, peut être superflue.

La mise en œuvre d'un tel procédé permet ainsi d'éviter qu'un opérateur ait besoin de  
10 se déplacer parmi les détonateurs du réseau pour identifier leur position, et ainsi permettre leur programmation.

En effet, il s'agit généralement d'opérateurs différents qui installent un détonateur et le programment.

Grace à un tel procédé, dès lors que le détonateur est déployé et mis en place, que  
15 l'au moins un détonateur comporte un module en surface ou en fond de trou, la programmation peut alors être transparente pour un opérateur devant l'assurer.

En effet, un détonateur émetteur envoie un signal, comme par exemple une onde radio. Au moins un autre détonateur, i.e. un détonateur récepteur, reçoit le signal.  
En fonction de la puissance du signal reçu par le détonateur récepteur, il est alors  
20 possible de déterminer la distance entre le détonateur émetteur et le détonateur récepteur.

L'affaiblissement du signal est ainsi utilisé pour déterminer les distances de chaque détonateur par rapport à d'autres détonateurs du réseau.

Par exemple, les étapes du procédé sont mises en œuvre pour chacun des  
25 détonateurs du réseau sans fil de détonateurs.

C'est-à-dire que chacun des détonateurs du réseau se trouve être, à son tour, un détonateur récepteur.

Ainsi, un même détonateur peut être émetteur et récepteur, selon un état du procédé.

Par triangulation, il est possible de connaître la position de chaque détonateur par  
30 rapport à des détonateurs voisins dans le réseau de détonateurs.

Par exemple, le réseau comporte au moins trois détonateurs, parmi lesquels deux détonateurs sont des détonateurs émetteurs, qui sont configurés pour émettre chacun un signal, et un détonateur, distinct des deux détonateurs émetteurs, est un détonateur récepteur, qui est configuré pour recevoir le signal émis par chacun des détonateurs  
35 émetteurs.

Dans un exemple de mise en œuvre, le procédé comporte une étape de comparaison du signal reçu avec un signal théorique.

Dans un exemple de mise en œuvre particulier, le signal théorique, avec lequel le signal reçu est comparé, est le signal émis.

- 5 Par exemple, le procédé peut comporter une étape de comparaison d'au moins une valeur de la puissance du signal reçu par le détonateur récepteur avec une valeur de puissance théorique du signal émis par le détonateur émetteur.

- Par exemple, connaissant un taux de perte de puissance par mètre de distance entre l'émetteur et le récepteur dans le milieu environnant (par exemple en dB/m (décibel par mètre)), il est ainsi possible de déterminer une position relative entre l'émetteur et le récepteur.
- 10

Dans un exemple de mise en œuvre, le signal émis par le détonateur émetteur comporte une séquence d'identification du détonateur émetteur émettant le signal.

- En particulier, le signal reçu par le détonateur récepteur comporte la séquence d'identification du détonateur émetteur ayant émis le signal.
- 15

Un tel procédé permet en outre d'éviter un ajout de composant dans un détonateur puisque chaque détonateur est généralement déjà configuré pour communiquer avec un concentrateur réseau, par signal radio ou optique par exemple.

- Dès que l'un des détonateurs du réseau est mis en fonctionnement, il rentre alors dans le procédé de détermination de sa localisation.
- 20

Par exemple, le procédé comporte, antérieurement à l'étape d'émission d'un signal, une étape de placement de chaque détonateur du réseau à un emplacement théorique.

- Par exemple, le procédé comporte une étape de mise en fonctionnement de chaque détonateur, par exemple d'au moins un module de communication de chaque détonateur, par exemple une étape de mise sous tension.
- 25

Par exemple, le procédé comporte une étape de communication entre le détonateur émetteur et le concentrateur réseau.

- Dans un exemple de mise en œuvre du procédé, le signal émis par le détonateur émetteur comporte un signal de communication du détonateur émetteur avec le concentrateur réseau.
- 30

Par exemple, l'étape de communication entre le détonateur émetteur et le concentrateur réseau comporte l'étape d'émission d'un signal par le détonateur émetteur.

Dans un exemple de mise en œuvre, le détonateur récepteur capte le signal de communication entre le détonateur émetteur et le concentrateur réseau.

Dans un exemple de mise en œuvre, chaque détonateur du réseau reçoit également les communications émises entre d'autres détonateurs du réseau et le concentrateur

5 réseau.

Autrement dit, chaque détonateur du réseau capte, intercepte, les communications envoyées entre les autres détonateurs du réseau et le concentrateur réseau.

Les signaux sont traités, analysés, dans une unité de calcul.

Dans un exemple de mise en œuvre, l'unité de calcul se trouve dans le détonateur

10 récepteur.

Dans un exemple de mise en œuvre, les signaux sont traités de façon externe ; l'unité de calcul se trouve alors dans une unité différente de tout détonateur, dite unité externe, par exemple dans le concentrateur réseau, ou dans toute autre unité électronique.

15 Une telle étape de détermination de la localisation de chaque détonateur mise en œuvre de façon externe permet d'éviter de disposer d'une puissance de calcul ou d'une mémoire supplémentaires dans le détonateur-même ; toutes les informations peuvent être envoyées en bloc ou au fur et à mesure à l'unité externe.

Par exemple, le procédé peut ensuite comporter une étape de transmission, par le  
20 détonateur récepteur, d'au moins une information représentative du signal reçu, à l'unité externe.

L'au moins une information représentative du signal reçu peut comporter une intégralité du signal reçu.

Par exemple, l'unité externe peut recevoir l'au moins une information représentative du  
25 signal reçu de chacun des détonateurs du réseau, et met alors en œuvre l'étape de calcul d'après toutes les informations reçues.

Selon un exemple de mise en œuvre, l'au moins une information représentative comporte l'au moins une valeur de la puissance du signal reçu par le détonateur récepteur.

30 Selon un exemple de mise en œuvre, l'au moins une information représentative comporte la séquence d'identification du détonateur émetteur.

Selon un exemple de mise en œuvre, l'étape de transmission comporte une sous-étape d'envoi d'une séquence d'identification du détonateur récepteur, par exemple à l'unité externe.

Dans un exemple de mise en œuvre intéressant, l'unité externe est le concentrateur réseau.

Par exemple, un algorithme de localisation de chacun des détonateurs du réseau est implémenté dans le détonateur récepteur ou dans l'unité externe, par exemple dans le

5 concentrateur réseau.

Ainsi, par exemple, l'étape de comparaison peut être mise en œuvre par le détonateur récepteur, ou par l'unité externe.

L'étape de calcul de la distance peut être mise en œuvre par le détonateur récepteur, ou par l'unité externe.

10 Chaque détonateur récepteur peut ne transmettre que la valeur de puissance reçue associée à la séquence d'identification de l'émetteur, ainsi que la séquence d'identification du détonateur récepteur qui a transmis ces informations.

Seule la puissance de signal reçue est utile pour calculer la distance entre l'émetteur et le récepteur ; mais la séquence d'identification de l'émetteur et la séquence

15 d'identification du récepteur sont intéressantes pour identifier un lien entre l'émetteur et le récepteur concernés parmi l'ensemble des couples émetteur-récepteur des détonateurs du réseau à cartographier, notamment si les traitements sont mis en œuvre dans une unité externe au réseau, par exemple par le concentrateur réseau.

Par exemple, le procédé comporte une étape d'enregistrement, par le détonateur récepteur, de l'au moins une information représentative du signal reçu.

20 Par exemple, l'enregistrement est au moins temporaire, par exemple jusqu'à ce que l'au moins une information ait été transmise à l'unité externe.

Dans un exemple particulier, l'au moins une information représentative du signal reçu qui est enregistrée est la puissance du signal reçu.

25 Par exemple, le procédé comporte une étape de commande de transmission de l'au moins une information représentative du signal reçu par le détonateur récepteur à l'unité externe.

Une telle étape de commande est par exemple initiée par l'unité externe.

Par exemple, si une étape de commande de transmission est mise en œuvre, par

30 exemple suite à une requête de l'unité externe, le procédé comporte l'étape de transmission d'au moins une information représentative du signal reçu par le détonateur récepteur, laquelle inclut éventuellement la sous-étape d'envoi d'une séquence d'identification du détonateur récepteur.

Le détonateur récepteur peut toutefois traiter au moins une information représentative du signal reçu lui-même, en fonction de la puissance du signal reçu, et transmettre à l'unité externe la valeur de distance calculée.

- 5 Par exemple, le détonateur récepteur peut mettre en œuvre l'étape de calcul de la distance entre le détonateur émetteur et le détonateur récepteur en fonction de la puissance du signal reçu, lui-même, et transmettre à l'unité externe la valeur de distance calculée.

- 10 Eventuellement, la transmission de la valeur calculée peut alors être accompagnée de la séquence d'identification du détonateur émetteur, voire aussi de la séquence d'identification du détonateur récepteur.

L'unité externe reçoit alors par exemple des informations représentatives du signal reçu pour chaque détonateur récepteur de l'ensemble (c'est-à-dire chacun des détonateurs de l'ensemble, en tant que récepteur).

Les informations sont ainsi centralisées.

- 15 Au moins une partie des calculs, voire l'ensemble des calculs, est alors effectuée par un équipement autre que les détonateurs.

- 20 Une fois la topologie de l'ensemble connue, i.e. la localisation de chacun des détonateurs du réseau de détonateurs, une opération de programmation est facilement mise en œuvre, par exemple de manière traditionnelle, par exemple manuelle ou automatisée.

Un procédé tel que décrit ci-dessus permet de connaître au moins une topologie relative des détonateurs d'un réseau de détonateurs.

Connaître la topologie relative est suffisante dans certains cas.

- 25 Sinon, afin de déterminer une topologie absolue, le procédé comporte par exemple une étape d'identification de la position absolue d'au moins un premier élément du système de mise à feu.

Le système de mise à feu comporte ici au moins le réseau de détonateurs, et de préférence une unité externe, par exemple au moins le concentrateur réseau, voire en outre un relai de communication, et/ou une console de tir.

- 30 Un élément du système de mise à feu est donc par exemple un des détonateurs du réseau, ou l'unité externe au réseau, par exemple le concentrateur réseau, ou le relai de communication, ou encore la console de tir.

Connaître la position absolue d'un seul élément permet au moins d'ancrer la topologie du réseau dans un repère connu.

Par exemple, le procédé comporte en outre une étape d'identification de la position absolue d'au moins un deuxième élément du système de mise à feu, le deuxième élément étant différent du premier élément.

Il est alors possible de connaître la position absolue du réseau, car la position absolue d'un premier élément et d'un deuxième élément permet de connaître une orientation du réseau au sol par exemple (rotation autour d'un axe « z »).

Est également proposé, selon un autre aspect, un procédé de programmation d'un plan de tir, comportant :

- Les étapes d'un procédé de détermination de localisation d'un détonateur d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques, comportant tout ou partie des caractéristiques décrites précédemment ; et
- Une étape de programmation d'un retard de mise à feu associé au détonateur en fonction de sa localisation.

Est également proposé, selon un autre aspect, un système de mise à feu configuré pour mettre en œuvre un procédé de détermination de localisation d'un détonateur tel que décrit précédemment.

Par exemple, un tel système de mise à feu comporte un réseau sans fil de détonateurs électroniques, chaque détonateur du réseau comportant un émetteur configuré pour émettre un signal, et au moins un récepteur configuré pour recevoir un signal émis par un autre détonateur du réseau, le système étant en outre configuré pour calculer une distance en fonction d'une puissance d'un signal reçu par le détonateur.

Par exemple, un élément du système est configuré pour calculer une distance entre un détonateur émetteur et un détonateur récepteur en fonction d'une puissance d'un signal reçu par le détonateur récepteur.

Par exemple, le système de mise à feu comporte en outre une unité externe au réseau de détonateurs.

Autrement dit, l'unité externe est distincte de tout détonateur du réseau.

Un élément du système de mise à feu est donc par exemple un des détonateurs du réseau, ou l'unité externe.

Par exemple, chaque détonateur est en outre configuré pour transmettre au moins une information représentative du signal qu'il a reçu à l'unité externe.

Est également proposée, selon un autre aspect, une utilisation d'un affaiblissement de puissance de signal en fonction d'une distance entre un émetteur et un récepteur pour identifier une localisation d'un détonateur d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques.

Par exemple, une polarisation du signal, et/ou une phase de signal pourraient néanmoins être aussi utilisées pour améliorer la précision de localisation.

Un tel procédé peut ainsi avoir de nombreuses applications, comme par exemple :

- Un positionnement relatif (topologie) : qui est un minimum possiblement obtenu avec un procédé tel que décrit ci-dessus. Les détonateurs peuvent être simplement représentés spatialement sans échelle (représentation en lignes/colonnes). Comme les distances sont mesurées au cours du processus, la topologie peut être mise à l'échelle, et les détonateurs sont alors représentés dans l'espace (carte).
  - Un positionnement absolu : si au moins deux éléments du système (par exemple un détonateur, ou une unité externe) peuvent fournir leur position absolue (par exemple GPS), la topologie complète peut être positionnée dans un cadre de référence absolu. Alternativement, au moins deux éléments du système peuvent être placés chacun à un endroit de référence connu d'un opérateur, et la topologie découverte est alors également positionnée dans un cadre de référence absolu.
- 15 L'invention, selon un exemple de réalisation, sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit, donnée à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :
- la figure 1 représente schématiquement un exemple de réalisation d'un système de mise à feu ;
- 20 la figure 2 est un diagramme bloc illustrant un procédé de localisation d'un détonateur selon un mode de mise en œuvre de l'invention ; et
- la figure 3 est un diagramme bloc illustrant un procédé de programmation d'un plan de tir selon un mode de mise en œuvre de l'invention.
- Les éléments identiques représentés sur les figures précitées sont identifiés par des
- 25 références numériques identiques.
- La figure 1 illustre un système de mise à feu 1 qui est déployé sur un terrain 2.
- Le système de mise à feu 1 comporte principalement un réseau sans fil de détonateurs électroniques 10, et au moins une unité externe 11.
- Un réseau sans fil de détonateurs électroniques désigne ici un ensemble de
- 30 détonateurs électroniques qui ne sont pas reliés par des fils les uns aux autres ou à une unité externe, comme une concentrateur réseau.
- Le réseau sans fil de détonateurs 10 comporte au moins un détonateur électronique 101, et généralement au moins deux détonateurs électroniques 101, par exemple une dizaine voire plusieurs dizaines de détonateurs électroniques.

Chaque détonateur électronique 101 du réseau 10 est mis en place à un emplacement aménagé pour le recevoir sur le terrain 2.

Chaque détonateur 101 comporte par exemple une charge pyrotechnique 102 et un module de communication 103.

- 5 Dans le présent exemple de réalisation, le module de communication 103 est relié à la charge 102 par au moins un câble de connexion électrique.

Le terrain 2 comporte ici des trous 20, au fond desquels la charge 102 est disposée.

Le module de communication 103 est ici disposé en sortie du trou 20, par exemple en surface du terrain 2.

- 10 Selon un autre exemple de réalisation, le module de communication est configuré pour communiquer à travers une paroi ; il peut alors par exemple être disposé au fond du trou, avec la charge 102. Un système comportant un tel détonateur et un « booster » (c'est-à-dire un amplificateur d'explosif) peut être désigné « amorce », ou « primer » selon la terminologie anglo-saxonne usuelle, par opposition à un simple détonateur,
- 15 car il englobe alors également l'amplificateur d'explosif. Une simple ficelle peut être utilisée pour descendre la charge 102, ou éventuellement l'amorce, dans le trou 20 et la maintenir en place.

Dans la présente description, le module de communication 103 est un module de communication par signal radio (ce qui permet une communication avec un

- 20 concentrateur réseau par exemple, que le module soit en surface ou dans un trou), mais il pourrait s'agir de tout autre type de communication, par exemple par tout signal électromagnétique, par exemple un signal lumineux, ou par un signal mécanique, par exemple un signal acoustique, comme par exemple un signal par ultrason, en fonction de la disposition du module.

- 25 Le système de mise à feu 1 comporte en outre ici au moins une unité de calcul.

Dans un mode de réalisation particulier, l'unité de calcul est comprise dans l'unité externe 11 comme représenté ici, i.e. distincte d'un détonateur. Elle pourrait néanmoins être intégrée dans un détonateur.

L'unité de calcul du système de mise à feu 1, lorsqu'elle est externe et distincte d'un

- 30 détonateur, est par exemple comprise dans le concentrateur réseau. Elle pourrait autrement être intégrée dans une console de tir par exemple.

Le concentrateur réseau est configuré pour au moins émettre un signal de communication avec un détonateur 101.

Dans le présent exemple, le signal de communication est un signal radio.

- Dans les carrières et les mines, une séquence de tir est nécessaire pour maîtriser l'ordre dans lequel les détonateurs (rangées de trous) sont déclenchés. Dans le cas de l'initiation électronique, il est donc nécessaire d'associer un retard (en millisecondes) de la séquence de mise à feu à chaque détonateur. C'est l'opération de
- 5 programmation.
- Le concentrateur réseau est pour cela configuré pour communiquer avec tous les détonateurs 101.
- Le concentrateur réseau, sur ordre d'une console de tir, peut générer un train de commandes de mise à feu.
- 10 Le concentrateur réseau est notamment configuré pour associer un retard de mise à feu individuellement à chaque détonateur électronique 101, en fonction de sa localisation. Cet ordre de tir commun permet de synchroniser le décompte du retard de mise à feu pour l'ensemble des détonateurs électroniques du réseau. A partir de la réception de l'ordre de tir, chaque détonateur électronique gère le décompte du retard
- 15 de mise à feu spécifique qui lui est associé, ainsi que sa propre mise à feu.
- La console de tir est généralement située à distance du réseau 10 et du concentrateur réseau.
- La console de tir est notamment configurée pour transmettre un ordre de tir, au concentrateur réseau.
- 20 Au moins pour communiquer avec le concentrateur réseau, chaque détonateur 101 du réseau, et en particulier ici le module de communication 103, comporte un émetteur configuré pour émettre un signal, et au moins un récepteur configuré pour recevoir un signal.
- La programmation est une opération de longue durée, qui peut en outre se dérouler
- 25 dans un environnement difficile (température extrême, présence de substance dangereuse, etc.).
- Une opération de programmation d'un détonateur électronique consiste à lui attribuer un retard en fonction de son emplacement sur le terrain.
- L'opération de programmation est ainsi résolue dès que l'emplacement de chaque
- 30 détonateur (généralement identifié par son identifiant unique) est connu.
- Lorsqu'elle est effectuée manuellement, cette opération reste fastidieuse et sujette à des erreurs car elle repose sur l'opérateur qui doit associer le bon retard ou connecter (ou activer) les détonateurs dans le bon ordre.
- Pour rendre l'opération de programmation plus fiable et plus efficace, l'équipement de
- 35 programmation peut être équipé d'un capteur de positionnement (par exemple GNSS)

afin que le bon retard soit automatiquement attribué en fonction de la position déterminée du détonateur. Cette méthodologie présente toujours l'inconvénient de nécessiter un capteur coûteux (GNSS différentiel) pour obtenir la précision nécessaire, avec des temps d'initialisation (recherche des satellites) potentiellement longs, mais  
5 surtout elle dépend toujours d'un signal externe (satellites) qui peut ne pas être disponible (ou suffisamment disponible) ou bien perturbé par des réflexions sur des parois rocheuses en fonction d'un environnement.

Afin d'obtenir la localisation, au moins relative, de chaque détonateur 101 au sein d'un réseau 10, la présente invention propose donc un procédé basé sur la mesure de  
10 puissance des signaux voisins, par exemple des signaux radio dans la présente description d'un mode de mise en œuvre particulier.

Ce procédé fournit ainsi une solution autonome au problème de localisation. Aucun signal externe additionnel n'est requis, et il ne nécessite pas d'équiper les détonateurs avec du matériel supplémentaire. Il peut ainsi être facilement adaptable à un réseau  
15 sans fil de détonateurs électroniques.

La figure 2 illustre un mode de mise en œuvre particulier du procédé de détermination de localisation d'un détonateur d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques selon l'invention.

Le procédé comporte par exemple des étapes S100 comme suit.

20 Il comporte par exemple une étape S1 de placement de chaque détonateur 101 d'un réseau 10 à un emplacement théorique.

Il comporte ensuite par exemple une étape S10 de mise en fonctionnement de chaque détonateur 101.

Puis il comporte par exemple une étape S21 d'émission d'un signal de communication  
25 par chaque détonateur, le détonateur émettant le signal étant alors désigné détonateur émetteur.

Par exemple, chaque détonateur (plus précisément son module de communication) communique avec au moins un détonateur voisin.

Le signal de communication peut être un signal de communication traditionnel, par  
30 exemple avec un concentrateur réseau, ou un signal indépendant.

Par exemple, le procédé comporte une étape S2 de communication entre le détonateur émetteur et un concentrateur réseau, l'étape S2 de communication comportant l'étape S21 d'émission d'un signal par le détonateur émetteur, le signal émis comportant éventuellement le signal de communication avec le concentrateur réseau.

Chaque détonateur mesure la puissance du signal qu'il a reçu de la part d'au moins un autre détonateur du réseau. Le détonateur recevant le signal est alors désigné détonateur récepteur.

Par exemple, chaque détonateur récepteur mesure ou détermine une valeur « RSSI »

- 5 (Received Signal Strength Indication), c'est-à-dire une mesure de la puissance reçue d'un signal radio, d'au moins un autre détonateur du réseau. Si la puissance d'émission du signal est déjà connue par chaque détonateur en tant que récepteur, il n'est alors pas nécessaire de transmettre cette valeur ; sinon le signal de communication peut véhiculer cette information.

- 10 Selon une option intéressante, le procédé peut comporter une étape de calcul de la distance directement dans le détonateur récepteur ; le cas échéant, l'étape de calcul utilise par exemple l'intensité du signal reçu (mesure RSSI) et la combine avec un modèle théorique d'atténuation.

- 15 Les distances estimées entre détonateurs du réseau (alternativement, une partie ou la totalité des informations, par exemple les informations mesurées des valeurs RSSI) sont envoyées à une unité externe (par exemple pilotant le réseau, par exemple le concentrateur réseau) qui détermine la localisation de chaque détonateur du réseau en recoupant les mesures.

Des algorithmes de résolution de localisation bien connus peuvent être appliqués.

- 20 Un emplacement pour chaque détonateur est ainsi déterminé.

Les localisations peuvent n'être que relatives (topologie du réseau).

Les localisations peuvent être données avec un indice de confiance (probabilité).

Une carte du réseau de détonateurs 10 est ainsi disponible.

- 25 L'unité externe 11, par exemple le concentrateur réseau, si elle est placée à proximité du réseau de détonateurs, peut être utilisée comme « élément voisin » de tous les détonateurs 101 pendant le procédé. Cela permet d'ancrer la topologie relative avec un point de référence, en vue de déterminer une topologie considérée comme absolue.

Ceci est réitéré avec au moins un deuxième élément afin de connaître le positionnement absolu du réseau de détonateurs.

- 30 Le procédé comporte donc également :

- Une étape S3 de réception du signal par au moins un autre détonateur du réseau, dit détonateur récepteur.

- Une étape S5 de calcul d'une distance entre le détonateur émetteur et le détonateur récepteur en fonction d'une puissance du signal qui a été reçu par le détonateur

- 35 récepteur.

Dans un exemple de mise en œuvre, le procédé peut comporter une étape S4 de transmission, par le détonateur récepteur, d'au moins une information représentative du signal reçu par le détonateur récepteur, à une unité externe 11, qui est par exemple le concentrateur réseau.

- 5 L'étape S4 de transmission peut comporter une sous-étape S41 d'envoi d'une séquence d'identification du détonateur récepteur, à l'unité externe 11.
- Le procédé peut aussi comporter une étape S6 d'identification de la position absolue d'au moins un premier élément, et de préférence également d'au moins un deuxième élément, d'un système de mise à feu qui comporte au moins le réseau de détonateurs.

- 10 La figure 3 illustre un mode de mise en œuvre particulier d'un procédé de programmation d'un plan de tir selon l'invention.

Le procédé comporte par exemple des étapes comme suit :

- Au moins certaines des étapes S100 d'un procédé de détermination de localisation d'un détonateur d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques, par exemple telles que décrites en lien avec la figure 2 ; et
- 15 - Une étape S101 de programmation d'un retard de mise à feu associé au détonateur en fonction de sa localisation.

## REVENDICATIONS

- 5 1. Procédé de détermination de localisation d'un détonateur (101) d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques (10), le procédé comportant :
- Une étape (S21) d'émission d'un signal par le détonateur, dit détonateur émetteur ;
  - Une étape (S3) de réception du signal par au moins un autre détonateur du
- 10 réseau, dit détonateur récepteur ;
- Une étape (S5) de calcul d'une distance entre le détonateur émetteur et le détonateur récepteur en fonction d'une puissance du signal qui a été reçu par le détonateur récepteur.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, comportant une étape (S6) d'identification de la position absolue d'au moins un premier élément et d'au moins un deuxième élément d'un système de mise à feu (1), le système de mise à feu (1) comportant au moins le réseau de détonateurs (10).
- 20 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, comportant, antérieurement à l'étape d'émission d'un signal, une étape (S1) de placement de chaque détonateur (101) du réseau (10) à un emplacement théorique, et une étape (S10) de mise en fonctionnement de chaque détonateur.
- 25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant une étape (S2) de communication entre le détonateur émetteur et un concentrateur réseau, l'étape (S2) de communication comportant l'étape (S21) d'émission d'un signal par le détonateur émetteur, le signal émis par le détonateur émetteur comportant un signal de communication du détonateur émetteur avec le concentrateur réseau.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le signal émis par le détonateur émetteur comporte une séquence d'identification du détonateur émetteur émettant le signal.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le signal reçu par le détonateur récepteur comporte la séquence d'identification du détonateur émetteur ayant émis le signal.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comportant une  
5 étape (S4) de transmission, par le détonateur récepteur, d'au moins une information représentative du signal reçu par le détonateur récepteur, à une unité externe (11).
8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel l'unité externe (11) est un concentrateur réseau.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, dans lequel l'étape  
10 (S4) de transmission comporte une sous-étape (S41) d'envoi d'une séquence d'identification du détonateur récepteur, à l'unité externe (11).
10. Procédé de programmation d'un plan de tir, comportant :  
- Les étapes (S100) d'un procédé de détermination de localisation d'un détonateur d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques selon l'une quelconque  
15 des revendications 1 à 9 ; et  
- Une étape (S101) de programmation d'un retard de mise à feu associé au détonateur en fonction de sa localisation.
11. Système de mise à feu (1) comportant un réseau sans fil de détonateurs électronique (10), chaque détonateur (101) du réseau (10) comportant un émetteur  
20 configuré pour émettre un signal, et au moins un récepteur configuré pour recevoir un signal émis par un autre détonateur du réseau (10), le système étant en outre configuré pour calculer une distance en fonction d'une puissance d'un signal reçu par le détonateur.
12. Système (1) selon la revendication 11, comportant une unité externe au réseau  
25 (10) de détonateurs, et dans lequel chaque détonateur (101) est en outre configuré pour transmettre une information représentative du signal reçu à l'unité externe (11).
13. Utilisation d'un affaiblissement de puissance de signal en fonction d'une distance entre un émetteur et un récepteur pour identifier une localisation d'un détonateur (101) d'un réseau sans fil de détonateurs électroniques (10).