

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ EMBASE DE PROJECTION POUR TORCHE PYROTHECHNIQUE, DISPOSITIF POUR L'ENSEMENCEMENT D'UNE CELLULE NUAGEUSE, ELEMENT DE GUIDAGE ET SYSTEMES ASSOCIES.

②② Date de dépôt : 06.06.17.

③③ Priorité :

⑥① Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SELERYS Société par actions simplifiée* — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.12.18 Bulletin 18/49.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 20.09.19 Bulletin 19/38.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : CARDI PHILIPPE.

⑦③ Titulaire(s) : *SELERYS Société par actions simplifiée*.

⑦④ Mandataire(s) : MED'INVENT CONSULTING.



**Embase de projection pour torche pyrotechnique,
dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse,
élément de guidage et systèmes associés**

L'invention concerne le domaine des dispositifs en application avec la prévention et/ou la perturbation des équilibres météorologiques et microphysiques. De tels dispositifs sont utilisés pour tous types d'usage et
5 préférentiellement mais non limitativement, pour assurer des fonctions d'ensemencement d'une cellule nuageuse, également connues sous la dénomination anglo-saxonne « *cloud seeding* ».

Dans la suite du document, l'invention sera décrite
10 préférentiellement mais non limitativement dans le cadre de la prévention contre la grêle, c'est-à-dire dans le cadre d'actions ayant pour objectif de réduire ou d'avorter les phénomènes de génération de grêle sur des territoires non ou moins sensibles que d'autres, tels des
15 zones cultivées par exemple.

A l'heure actuelle, le réchauffement climatique, ou plus généralement les changements climatiques sont au cœur de nombreuses discussions. De tels changements
20 climatiques concernent notamment, mais non limitativement, le domaine agricole qui souffre particulièrement de changements météorologiques imprévisibles. Dans certains territoires, tels que l'Afrique ou l'Asie, les ressources en eaux ont considérablement
25 diminué ces dernières années. En outre, les difficultés d'approvisionnement en eau ont aggravé la situation. Par ailleurs, sur d'autres territoires, comme par exemple en Europe, des exploitants, tels que certains agriculteurs, souffrent de chutes de grêles imprévisibles sur leurs

exploitations, lesdites chutes pouvant entraîner des dégâts considérables, voire compromettre de futures récoltes. Il en va de même pour la neige qui parfois s'abat au printemps de façon inattendue, détruisant tout
5 ou partie des cultures en pleine floraison ou fructification.

La plupart des phénomènes météorologiques, tels qu'à titre d'exemples non limitatifs, la pluie, la grêle ou la neige, sont généralement dues à des phénomènes de
10 surfusion de l'eau au sein de cellules nuageuses ou plus généralement au sein de l'atmosphère. Une cellule nuageuse est initialement et essentiellement constituée de gouttelettes d'eau liquide en suspension dans l'atmosphère. En effet, le soleil, de par son
15 irradiation, vaporise les ressources en eau liquide. L'air chaud ainsi formé et présent dans l'atmosphère renferme par conséquent de la vapeur d'eau qui, de par sa faible densité, s'élève en altitude. Lors de son ascension, la pression diminue et l'air chaud
20 précédemment formé se refroidit. Au fur et à mesure, ledit air se condense en gouttelettes autour de fines particules présentes dans l'atmosphère et s'agglomère pour former une cellule nuageuse. Celle-ci se déplace et peut entraîner la formation de pluie, de neige ou encore
25 de grêle. Lorsqu'une cellule nuageuse atteint une zone ou région où règne une température comprise, par exemple, entre 0 et - 35°C, des cristaux de glace se forment dans la cellule nuageuse à partir de noyaux glaçogènes, également connus sous le terme « noyaux de congélation ».

30 Les gouttelettes d'eau présentes au sein de la cellule nuageuse avoisinent lesdits cristaux de glace. De telles gouttelettes d'eau migrent alors vers lesdits cristaux de

glace. Ces derniers accroissent leurs tailles jusqu'à devenir des flocons de neige au sein de la cellule nuageuse. Selon la température extérieure au sol, de tels flocons de neige, lorsqu'ils sont précipités, se transformeront en pluie, en été par exemple, ou resteront à l'état de neige, en hiver par exemple. La formation de la grêle provient quant à elle du processus de croissance des cristaux de glace en présence de courants ascendants ou courants d'air chaud suffisamment forts pour que ces derniers maintiennent les cristaux en suspension dans la cellule nuageuse. De telles cellules nuageuses sont qualifiées de « cumulonimbus ». Ainsi, en présence de courants ascendants, les gouttelettes d'eau surfondues sont poussées vers la région la plus haute de la cellule nuageuse, par conséquent la plus froide, où se trouvent les cristaux de glace. Lesdites gouttelettes se mêlent alors auxdits cristaux et forment des grêlons. Lesdits grêlons peuvent à leur tour être emportés par des courants ascendants. D'autres cristaux de glace viennent alors s'agglomérer aux grêlons et entraînent alors un accroissement de la taille des grêlons. Lorsque la taille ne permet plus aux grêlons d'être contenus au sein de la cellule nuageuse, lesdits grêlons sont précipités vers le sol.

25

A la vue des dégâts importants que peut engendrer une averse de pluie, de neige ou encore de grêle, différents chercheurs ont tenté de trouver des méthodes ou procédés destinés à perturber les équilibres microphysiques, afin d'influer sur les processus de formation des précipitations et ainsi modifier le climat.

30

Une première technique relativement ancienne, puisque remontant à la fin du dix-neuvième siècle, a conduit à la réalisation d'un canon anti-grêle. Le principe d'un tel système a d'abord consisté à exploiter la fumée projetée par le tir d'un canon. Les premières expériences tendaient à démontrer que les particules de fumée servaient de noyaux de condensation pour former des gouttelettes. D'autres personnes ont considéré une deuxième hypothèse fondée sur l'effet d'un tourbillon ascendant dans un nuage créant une perturbation dans la formation de grêlons. Une troisième hypothèse plus récente, avantageusement illustrée par la figure 1, consiste à admettre qu'une partie des ondes de choc générées par le tir d'un canon se propagerait dans une cellule nuageuse cible 1, provoquant alors une réaction en chaîne de micro explosions déstabilisant les cristaux en formation à la suite d'un mélange de polarités dans la cellule nuageuse assortie d'une fragmentation des embryons de grêle. De tels canons étaient alimentés en poudre à canon ou encore en gaz explosif, tel que l'acétylène, pour en accroître la fréquence de tirs. A cette heure, aucune preuve visant à démontrer l'efficacité de telles solutions n'a pu être apportée.

Une deuxième technique a été imaginée, s'inscrivant en rupture avec le précédent canon anti-grêle, car une telle deuxième technique ne produit pas nécessairement de fumée ou d'ondes de choc. Il s'agit de méthodes connues sous le nom de méthodes d'ensemencement. A titre d'exemples non limitatifs, de telles méthodes permettent d'accroître la condensation de la vapeur d'eau en eau liquide disponible dans une cellule nuageuse. Ainsi, il

est possible d'augmenter ou de diminuer la taille et le nombre de gouttelettes présentes au sein de ladite cellule nuageuse. De telles méthodes peuvent provoquer des précipitations ou, en variante, des chutes de grêle sur commande. Pour ce faire, des particules, éventuellement artificielles, ou substances actives, également connues sous la dénomination de « noyaux de congélation artificiels », sont introduites au sein d'une cellule nuageuse afin d'altérer, de perturber, voire même de modifier les échanges entre les différents états de l'eau, par exemple, en accélérant la croissance de certaines gouttelettes ou la solidification desdites gouttelettes en cristaux de glace. Dans tout le document, on utilisera indistinctement les expressions « agent », « particule » ou « substance active » pour définir des éléments physico-chimiques responsables de l'ensemencement. Lesdites particules ou substances actives ont préférentiellement une forte affinité avec l'eau. En outre, selon le type d'action ou l'altitude souhaitée, éventuellement en fonction des conditions locales, différentes natures de substances actives peuvent être employées. Généralement, pour des zones froides, telles que par exemple les zones situées à plus de trois mille mètres d'altitude, de telles particules peuvent être avantageusement mais non limitativement constituées de noyaux glaçogènes, tels que l'iodure d'argent ou encore l'iodure de cuivre. L'emploi d'iodure d'argent est particulièrement intéressant et par conséquent préféré, puisqu'il s'agit d'une particule particulièrement efficace dès -5°C en faibles quantités. En variante ou en complément, d'autres chercheurs préconisent, pour des zones dites chaudes par exemple,

des sels hygroscopiques, sous la forme par exemple de sels de sodium, de calcium ou de magnésium, voire des alginates. En variante, de telles particules peuvent encore consister en des matériaux réfrigérants, tels que
5 de la neige carbonique qui agissent aux alentours de -35°C, permettant ainsi la cristallisation de l'eau en surfusion et procurant ainsi un effet similaire ou identique au iodure d'argent. Par ailleurs, de tels matériaux réfrigérants peuvent être, en variante ou en
10 complément, du propane ou de l'azote liquide. Préférentiellement mais non limitativement, de telles particules sont généralement diffusées au moyen d'aérosols. La présence de courants ascendants au sein de la cellule nuageuse peut grandement augmenter
15 l'efficacité des particules ou agents pour l'ensemencement. En effet, les courants ascendants entraînent et aspirent les particules afin que ces dernières se dispersent au sein d'une cellule nuageuse, atteignant l'eau en surfusion et rencontrant les cristaux
20 de glace ou grêlons.

Afin de s'assurer d'une bonne diffusion de telles particules quelle que soit leur composition, différentes techniques et systèmes peuvent être utilisés. Les figures
25 2, 3A et 3B présentent respectivement des premiers et deuxièmes modes de réalisation de dispositifs connus pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse.

Tout d'abord, l'ensemencement d'une cellule nuageuse peut être effectué par voie aérienne, au moyen par
30 exemple d'un appareil aérien. Ce premier mode de réalisation est décrit en lien avec la figure 2. Un appareil aérien peut consister avantageusement en un

avion 2 adapté pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse 1. Des dispositifs pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse 1 sous la forme de diffuseurs, non représentés sur la figure 2, de particules 3 peuvent
5 avantageusement équiper un tel appareil aérien, lesdits diffuseurs étant, par exemple, positionnés au niveau des ailes lorsque l'appareil aérien est l'avion 2. Le pilote, non représenté sur la figure 2, d'un tel avion peut délivrer sur demande des particules à la base d'une
10 cellule nuageuse 1 ou sur le flanc de ladite cellule nuageuse 1. Une telle manœuvre peut s'avérer délicate compte tenu de courants d'air ou de turbulences intenses. De tels ensemencements requièrent donc des pilotes expérimentés et chevronnés. Lorsqu'il est nécessaire de
15 traiter simultanément plusieurs cellules nuageuses, plusieurs appareils aériens sont requis, accroissant considérablement le coût d'une telle solution. Par ailleurs, de tels appareils aériens ne peuvent circuler librement : ils doivent se conformer et respecter des
20 règles de circulation aérienne en vigueur dans les territoires survolés, notamment selon des tranches horaires de vol précises. Aussi, de telles opérations engendrent des contraintes techniques, et par voie de conséquence une expertise impérieuse, donc des coûts
25 financiers importants, pour une efficacité aléatoire.

Pour tenter de réduire les coûts d'un ensemencement d'une cellule nuageuse, d'autres dispositifs ont été spécialement conçus sous la forme de fusées, de type « paragrêle » dans le cadre de la prévention contre la
30 grêle, communément qualifiées de « fusées à explosif ». De telles fusées peuvent éventuellement être lancées depuis le sol. En variante, de telles fusées peuvent être

avantageusement installées sur des appareils aériens, tels que celui décrit en lien avec la figure 2, avantageusement au dessus ou en dessous des ailes de l'avion 2 par exemple. Durant l'envol des appareils
5 aériens, lesdites fusées sont par la suite propulsées, telles un missile, au cœur d'une cellule nuageuse. L'efficacité desdites fusées peut toutefois dépendre de la présence de courants ascendants, pouvant compromettre la propagation des particules au sein de la cellule
10 nuageuse. L'emploi, pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse d'une ou plusieurs fusées pyrotechniques, présente d'autres inconvénients. D'une part, il existe plusieurs dangers liés à l'emploi d'engins explosifs, notamment de par la présence conjointe d'un moteur de
15 fusée et d'une charge explosive accompagnée d'un détonateur, requérant dans de nombreuses situations l'application de normes pyrotechniques strictes. Par ailleurs, lorsque de telles fusées sont lancées depuis un appareil aérien ou des territoires concernés par un
20 trafic aérien, il est nécessaire de veiller au respect de règles de circulation aérienne en vigueur. Une tentative d'ensemencement peut être ainsi retardée ou ajournée, rendant in fine très difficile une telle exploitation. Outre les problématiques normatives et sécuritaires, les
25 tirs de fusées n'assurent pas toujours une propagation adéquate et écologique des particules au sein d'une cellule cible. L'efficacité desdites fusées est donc faible, car il est impossible de piloter, c'est-à-dire de modifier, la trajectoire d'une fusée, une fois que celle-
30 ci a été lancée.

Eventuellement, en variante, des appareils aériens peuvent être équipés de perches et de torches à sels

hygroscopiques, non représentées sur la figure 2, également qualifiés de « fusées à torche et parachute ». De telles fusées présentent des inconvénients similaires à ceux des fusées précédemment décrites, notamment en

5 matière de normes sécuritaires.

Face aux inconvénients que présentent les dispositifs pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse en lien avec des appareils aériens et/ou de fusées, tels

10 que celui décrit en lien avec la figure 2, d'autres chercheurs préconisent l'emploi de dispositifs terrestres pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, sous la forme de brûleurs au sol, également connus sous les termes de « générateurs à vortex » ou « générateurs de

15 particules glaçogènes ». De tels dispositifs terrestres connus pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse sont décrits en lien avec les figures 3A et 3B. Un tel dispositif terrestre ou générateur à vortex 4, spécialement adapté pour l'ensemencement d'une cellule

20 nuageuse 1, comprend une bouteille 5 d'air comprimé, un réservoir 6 comportant une solution contenant de l'acétone et de l'iodure d'argent, ledit réservoir 6 étant en communication fluide avec la bouteille 5 d'air comprimé au moyen d'un ou plusieurs conduits et/ou

25 de vannes adaptées pour régler la pression de l'air comprimé régnant dans lesdits conduits. Le dispositif terrestre 4 comporte en outre une chambre de combustion 7 comprenant une cheminée cylindrique 7c à la base de laquelle est positionné un brûleur 7b. La chambre de

30 combustion 7 coopère par ailleurs avec le réservoir 6 de solution d'acétone et d'iodure d'argent. Le principe de fonctionnement d'un tel dispositif terrestre 4 est le

suivant : la solution d'acétone et d'iodure d'argent est mise sous pression au moyen de l'air comprimé contenu dans la bouteille 5 et d'un détendeur au sein du réservoir 6. Par la suite, ladite solution d'acétone et d'iodure d'argent est vaporisée, puis pulvérisée au sein de la chambre de combustion 7, grâce à un gicleur, non représenté sur les figures 3A et 3B, et enfin enflammée par le brûleur 7b pour s'élever dans l'atmosphère et permettre ensuite l'ensemencement de la cellule nuageuse 1.

Toutefois, ces dispositifs terrestres présentent également un certain nombre d'inconvénients. Tout d'abord, un tel dispositif étant positionné au sol, la diffusion des particules, telles que l'iodure d'argent, pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, est soumise à d'importantes contraintes et obstacles présents à la surface de la terre, comme par exemple, des arbres ou encore des bâtiments, altérant ou empêchant ainsi la diffusion des particules au sein des cellules nuageuses. En outre, une telle diffusion de particules est bien souvent imprécise, à l'instar des canons anti-grêle, puisque les dispositifs terrestres se trouvent généralement être positionnés de manière statique, à une distance relativement élevée des cellules nuageuses que l'on cherche à ensemer, de l'ordre de plusieurs centaines à plusieurs milliers de mètres. La présence de courants d'air ou de vents peut alors dévier la trajectoire des particules, obérer tout chance d'ensemencement et par ailleurs entraîner une contamination des environnements situés à proximité desdits dispositifs terrestres par les particules ainsi diffusées. En outre, du fait de sa présence au sol et de

son encombrement, il est bien souvent impossible de déplacer rapidement un tel dispositif terrestre, au gré de la formation ou des déplacements d'une cellule nuageuse. Enfin, le processus opératoire imposé par
5 l'emploi d'un tel dispositif terrestre soulève bon nombre d'inconvénients. Actuellement, les dispositifs terrestres connus sont dépourvus de moyen de suivi de trajectoire et/ou de diffusion des particules. Il n'est donc pas possible de vérifier si, de manière non limitative,
10 lesdites particules se sont élevées dans l'atmosphère et si elles se sont dispersées correctement au sein des cellules nuageuses à ensemercer. On ne peut donc pas estimer l'efficacité de l'utilisation d'un tel dispositif.

15

Alternativement, pour permettre la prévention de la grêle et tenter de remédier aux différents inconvénients mentionnés précédemment d'autres vecteurs de diffusion ont été conçus. A titre d'exemples, comme le décrivent
20 les figures 4A, 4B et 4C, des vecteurs de diffusion 10 d'une substance active AS peuvent comporter des moyens aérostatiques. Il s'agit, par exemple, de ballons 11 chargés de véhiculer directement, comme le décrit la figure 4A, ou indirectement au moyen d'un réceptacle 12
25 comme l'indique la figure 4B, ladite substance active AS. Celle-ci peut ainsi être libérée dans une cellule nuageuse 1 comme l'indique la figure 4C, provoquant une averse de pluie P. Ce type de solution est particulièrement avantageuse, car peu onéreuse et
30 écologique. Toutefois, elle peut se révéler parfois imprécise car les ballons peuvent être déviés de leurs trajectoires respectives sous l'effet de vents violents,

notamment de courants descendants. Aussi, la détermination du lieu optimal de lancer de tels ballons peut être particulièrement complexe à mettre en œuvre, notamment lorsque l'ensemencement doit être réalisé
5 rapidement sur une courte fenêtre de temps, pour tenter de maximiser le succès de l'opération anti-grêle. Au final, il n'existe donc pas de solutions efficaces pour remédier rapidement aux inconvénients proposés par les dispositifs connus pour lutter contre la grêle, par
10 ensemencement ou propagation d'ondes, voire de fumée.

L'invention permet de répondre à tout ou partie des inconvénients soulevés par les solutions connues.

Parmi les nombreux avantages apportés par un
15 dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse selon l'invention, nous pouvons mentionner que celui-ci :

- offre un processus d'ensemencement plus précis par l'emploi d'un dispositif projetant un vecteur de diffusion d'une substance active au
20 sein de cellule nuageuse dont la trajectoire et la dispersion peuvent être maîtrisées ;
- propose un dispositif simple, éventuellement mobile ;
- garantit une action ciblée, par un
25 ensemencement plus proche de la cellule nuageuse à traiter, évitant toute contamination de l'environnement proche ;
- s'affranchit des problématiques normatives et des contraintes sécuritaires d'ores et déjà
30 évoquées et induites par les solutions actuellement employées, en supprimant notamment tout risque durant le transport.

A cette fin, il est notamment prévu une embase de projection pour torche pyrotechnique. Afin d'assurer la projection d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, une embase de projection conforme à l'invention comporte une partie proximale conçue pour coopérer selon une liaison mécanique encastrement avec une torche pyrotechnique et pour obstruer une ouverture pratiquée en une extrémité d'un élément de guidage d'un appareil de projection. Une telle embase de projection conforme à l'invention comprend également une partie distale conçue pour coopérer selon une liaison mécanique encastrement avec un moyen de fixation présent au sein de l'élément de guidage dudit appareil de projection.

Pour garantir une projection avantageusement rapide et contrôlée, afin de permettre finalement une diffusion d'une substance active selon une trajectoire maîtrisée, même en présence de courants descendants ou ascendants, une embase de projection conforme à l'invention peut comporter un fusible mécanique, ledit fusible comprenant une portion centrale dont la limite d'élasticité est inférieure à celles des autres éléments composant l'embase, ladite portion étant agencée pour rompre soudainement lorsqu'une contrainte mécanique déterminée est appliquée à ladite portion.

Selon un deuxième objet, l'invention concerne un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse comportant une torche pyrotechnique contenant une substance active et comprenant un détonateur, ledit dispositif comportant en outre des moyens déclencheurs conçus pour provoquer un actionnement du détonateur et

ainsi une diffusion la substance active par la torche, lesdits moyens déclencheurs coopérant avec le détonateur de ladite torche. Avantageusement, la torche d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse
5 conforme à l'invention coopère solidairement avec la partie proximale d'une embase de projection conforme au premier objet de l'invention.

Préférentiellement mais non limitativement, pour faciliter la fabrication d'un dispositif pour
10 l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, la torche et l'embase peut former une seule et même entité physique.

En variante ou en complément, afin d'assurer l'intégrité de la substance active AS avant sa diffusion
15 et une trajectoire optimale d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, ce dernier peut comprendre un élément de carénage coopérant solidairement avec la torche ou constituant avec ladite torche une même entité physique,
20 dont l'enveloppe extérieure est agencée pour améliorer l'aérodynamisme de ladite torche.

Afin d'assurer un ensemencement optimal d'une cellule nuageuse, de manière préférée mais non limitative, la substance active d'un dispositif pour l'ensemencement
25 d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut être principalement constituée d'iodure d'argent ou de sel hygroscopique.

Pour garantir le suivi de trajectoire d'un dispositif pour l'ensemencement conforme à l'invention, la torche
30 pyrotechnique de ce dernier peut également comporter des particules marqueurs de propagation détectables par tout moyen d'analyse adapté.

Selon une première variante de réalisation, le détonateur de la torche d'un dispositif conforme à l'invention peut être à commande mécanique et les moyens déclencheurs peuvent comprendre un percuteur.

5

Selon une deuxième variante de réalisation, le détonateur de la torche d'un dispositif conforme à l'invention peut être à commande pyrotechnique et les moyens déclencheurs peuvent comprendre un inflammateur sous la forme d'une mèche retard.

10

Selon une troisième variante de réalisation, les moyens déclencheurs d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peuvent comporter une unité de traitement, ladite unité de traitement étant agencée pour élaborer et générer une commande d'actionnement à destination du détonateur de la torche pyrotechnique selon un événement déclencheur déterminé. Selon cet exemple de réalisation, le détonateur d'un tel dispositif peut être à commande électrique et apte à interpréter les commandes générées par les moyens déclencheurs.

15

20

Préférentiellement mais non limitativement, les moyens déclencheurs d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peuvent en outre comporter un capteur coopérant avec ladite unité de traitement et délivrant à ladite unité de traitement une mesure d'une grandeur physique représentative de l'altitude ou de la vitesse et/ou l'accélération de la torche. Ladite unité de traitement des moyens déclencheurs peut être alors agencée pour comparer la mesure de la grandeur physique à un seuil prédéterminé et l'événement déclencheur peut consister en une comparaison

25

30

attestant une mesure de ladite grandeur physique sensiblement égale audit seuil déterminé.

Préférentiellement, le capteur des moyens déclencheurs d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse peut comporter un altimètre, un
5 accéléromètre et/ou un gyroscope.

En variante ou en complément, l'unité de traitement moyens déclencheurs d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut être
10 agencée pour mouvoir un compteur et comparer la valeur dudit compteur à la valeur d'un seuil et l'événement déclencheur peut alors consister en une comparaison attestant une valeur dudit compteur égale audit seuil déterminé.

15 Afin d'assurer le suivi de l'ensemencement d'une cellule nuageuse, un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut comporter un deuxième capteur coopérant avec l'unité de traitement, ledit deuxième capteur étant apte à détecter
20 les particules marqueurs de propagation selon un moyen d'analyse adapté.

Selon un troisième objet, l'invention concerne un appareil de projection pneumatique conçu pour projeter un
25 dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention. Pour ce faire, un appareil de projection conforme à l'invention comporte un élément de guidage présentant une lumière, ladite lumière étant agencée pour accueillir la torche dudit dispositif pour
30 l'ensemencement et ayant une section sensiblement identique à la plus grande section de la paroi externe dudit dispositif, ledit élément de guidage comportant ou

coopérant solidairement avec un moyen de fixation. Pour garantir une projection avantageusement rapide et contrôlée d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, afin de
5 permettre finalement une diffusion d'une substance active selon une trajectoire maîtrisée, même en présence de courants descendants ou ascendants, le moyen de fixation d'un appareil de projection conforme à l'invention est agencé pour coopérer avec la partie distale d'une embase
10 conforme au premier objet de l'invention.

En variante ou en complément, le moyen de fixation d'un appareil de projection conforme à l'invention peut coopérer avec l'embase au moyen d'une interface comportant un fusible mécanique, ledit fusible comprenant
15 une portion agencée pour rompre soudainement lorsqu'une contrainte mécanique déterminée est appliquée à ladite portion.

Afin d'optimiser l'alimentation d'un appareil de projection conforme à l'invention, ce dernier peut en
20 outre comporter une chambre sous pression, ladite chambre coopérant solidairement avec une des extrémités de l'élément de guidage.

Selon un quatrième objet, l'invention concerne un
25 système pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse. Un tel système pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, comportant :

- un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme au deuxième objet de
30 l'invention ;

- un appareil de projection conforme au troisième objet de l'invention agencé pour accueillir ledit dispositif ;
- un réservoir de gaz agencé pour alimenter en gaz et mettre sous pression l'appareil de projection, ledit réservoir coopérant fluidiquement avec ledit appareil de projection.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent parmi lesquelles :

- les figures 1, 2, 3A, 3B, 4A, 4B et 4C, précédemment décrites, illustrent des vues détaillées de dispositifs anti-grêle connus ;
- les figures 5A et 5B présentent respectivement des premier et deuxième modes de réalisation d'un système pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention ;
- la figure 6 présente une vue schématique d'un mode de réalisation non limitatif d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention ;
- la figure 7 illustre schématiquement un exemple non limitatif de moyens déclencheurs d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention.

Les figures 5A et 5B présentent respectivement des premier et deuxième modes de réalisation d'un système pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention.

Au sens de l'invention et dans tout le document, on entend par « cellule nuageuse » tout amas ou masse de fines gouttelettes d'eau liquide ou vaporisée en suspension dans l'atmosphère, lesdites gouttelettes étant éventuellement maintenues en suspension du fait de la présence de courants ascendants. En effet, lorsque la taille desdites gouttelettes n'excède pas quelques microns, lesdites gouttelettes peuvent être maintenues en suspension naturellement.

Afin de réaliser l'ensemencement d'une telle cellule nuageuse, c'est-à-dire de perturber les équilibres microphysiques au sein de la cellule, des particules ou substances actives, également connues sous la dénomination de « noyaux de congélation artificiels » lorsque la ou les substances actives agissent en zone froide, sont introduites au sein de ladite cellule nuageuse afin d'altérer, de perturber, voire même de modifier les échanges entre les différents états de l'eau, par exemple, en accélérant la croissance de certaines gouttelettes ou la solidification desdites gouttelettes en cristaux de glace. Comme précisé précédemment, dans tout le document, on utilisera indistinctement les expressions « charge active », « particule artificielle » ou « substance active » pour définir un agent responsable de l'ensemencement d'une cellule nuageuse.

Selon des modes de réalisation non limitatifs décrits en lien avec les figures 5A et 5B, un système pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention comporte un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse et un appareil

de projection agencé pour accueillir et projeter ledit dispositif. Un tel appareil de projection 30 est avantageusement qualifié de pneumatique, puisque son fonctionnement se base sur le principe de l'énergie pneumatique. En effet, au sein d'un tel appareil de projection 30, un gaz comprimé est employé comme vecteur de transport et de stockage d'énergie. Ledit appareil de projection 30, à l'instar de tout autre système pneumatique, fonctionne au moyen d'une différence de pression, également qualifié de gradient, entre deux zones ou enceintes distinctes, une telle différence de pression créant alors une force de compression, ladite force entraînant elle-même un mouvement. Un tel dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse et un tel appareil de projection 30 conformes à l'invention seront décrits plus précisément dans la suite du document.

Afin d'assurer un fonctionnement optimal dudit appareil de projection 30, un système 100 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention comporte également un réservoir 40 de gaz agencé pour alimenter en gaz et mettre sous pression l'appareil 30 de projection, ledit réservoir 40 coopérant fluidiquement avec ledit appareil de projection 30. Le réservoir 40 est ainsi en communication fluide avec l'appareil 30 de projection au moyen d'un ou plusieurs conduits et/ou d'une ou plusieurs vannes adaptées pour régler la pression de l'air comprimé ou de tout autre gaz employé dans le système régnant dans lesdits conduits. En variante ou en complément, lorsqu'un appareil de projection 30 conforme à l'invention comprend une chambre sous pression 33, comme l'indique la figure

5B, ledit système 100 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse peut également comprendre des moyens de réglage de la pression du gaz contenu dans la chambre, tels qu'à titre d'exemples non limitatifs un ou plusieurs capteurs
5 ou sondes de pression, comme un manomètre. Par ailleurs, le gaz employé au sein d'un système 100 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut consister en différentes compositions, contenant, par exemple, de l'air comprimé, de l'hélium ou
10 de tout autre gaz chimiquement neutre ou non explosif, c'est-à-dire tout gaz dont la composition garantit tout absence de réaction chimique entre le gaz et un mélange pyrotechnique contenu au sein d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à
15 l'invention. L'invention ne saurait toutefois être limitée à l'emploi d'un gaz ou d'une composition spécifique. Le choix d'une composition particulière de gaz au regard d'une autre composition pourra dépendre, avantageusement mais non limitativement, de l'altitude,
20 de la trajectoire qu'un dispositif conforme à l'invention doit atteindre pour ensemençer une cellule nuageuse de manière précise et pertinente ou pour réduire encore des coûts d'investissement d'une installation.

25 La figure 6 présente une vue schématique d'un mode de réalisation non limitatif d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention

30 Un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention comporte avantageusement une torche pyrotechnique 21 contenant une substance active AS. Une telle torche pyrotechnique 21 contient

également un mélange pyrotechnique, non représenté sur la figure 6, également qualifié de charge explosive, permettant la combustion d'une telle torche et finalement la dispersion de la substance active AS. Afin de contenir les substance active AS et mélange pyrotechnique, ladite torche 21 comprend avantageusement un contenant, c'est-à-dire tout élément, objet ou entité physique permettant d'accueillir ou de recevoir ladite substance active AS et/ou le mélange pyrotechnique ou la charge explosive, garantissant in fine le transport et/ou l'acheminement de la substance active AS et/ou le mélange pyrotechnique ou charge explosive jusqu'à une destination idéale prédéterminée pour assurer la fonction d'ensemencement. Un tel contenant, pouvant être également qualifié d'enveloppe, est avantageusement étanche, voire même hermétique, afin de préserver l'intégrité de la substance active AS en prévenant notamment toute réaction chimique inopinée entre la substance active AS et l'environnement ambiant autour dudit dispositif avant projection d'un tel dispositif, et de permettre finalement une application optimale des méthodes d'ensemencement. La délivrance d'une substance active AS intègre peut ainsi être efficacement acheminée à une altitude prédéterminée ou le long d'une trajectoire établie. Pour ce faire, le matériau constituant principalement le contenant, de par sa composition et/ou ses propriétés physicochimiques, peut avantageusement assurer l'étanchéité, voire même l'hermétisme dudit contenant. Préférentiellement mais non limitativement, afin de faciliter la fabrication d'une telle torche 21, un tel contenant peut se présenter sous la forme d'un tube. Toutefois, l'invention ne saurait être limitée à ce seul agencement de contenant, ledit

contenant pouvant être adapté en fonction de l'appareil de projection 30 au sein duquel il est accueilli. Par ailleurs, la délivrance de la substance active AS peut être effectuée selon différentes techniques. Parmi ces

5 différentes techniques, on distingue notamment et principalement deux méthodes : une diffusion progressive et éventuellement contrôlée, ou une diffusion soudaine et instantanée. L'emploi d'une torche pyrotechnique permet notamment la diffusion maîtrisée et optimale d'une

10 substance active AS, nécessaire à l'ensemencement d'une cellule nuageuse conformément à l'invention. Elle présente également de grands avantages d'un point de vue écologique, puisqu'une fois l'ensemencement réalisé, la torche pyrotechnique est pratiquement entièrement

15 consommée, ne laissant ainsi que très peu de résidus. L'invention ne saurait toutefois être limitée à l'emploi d'une telle torche et pourrait en variante employer d'autres types de moyens de diffusion, tels qu'à titre d'exemple non limitatif, un système sous la forme d'un

20 diffuseur de type spray en lieu et place de la torche pyrotechnique. Un tel diffuseur pourra alors directement coopérer mécaniquement, pyrotechniquement ou électriquement avec les moyens déclencheurs d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse

25 conforme à l'invention, lesdits moyens déclencheurs étant agencés de par leur structure et leur mode de fonctionnement pour assurer une telle coopération. Au sens du présent document, le terme de « torche pyrotechnique » sera donc interprété de manière extensive

30 pour désigner également de tels autres systèmes ou diffuseurs d'une substance active AS.

Par ailleurs, la torche pyrotechnique 21 d'un tel dispositif 20 comprend un détonateur, non représenté sur la figure 6. Au sens de l'invention et dans tout le document, on entend par « détonateur », toute pièce ou
5 tout élément conçu pour la mise en feu d'un mélange explosif contenu au sein de la torche pyrotechnique et destiné à provoquer la détonation dudit mélange. Un tel détonateur peut présenter différentes typologies, telles que par exemple un détonateur pyrotechnique, mécanique
10 électrique, électronique ou encore chimique, et pourra être activé ou actionné de différentes manières. Pour ce faire, afin d'actionner ou d'activer un tel détonateur et de finalement maîtriser la délivrance d'une substance active AS à une altitude sélectionnée et/ou selon une
15 trajectoire déterminée, en fonction notamment de la position de la cellule nuageuse à ensemercer et de l'application, un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut comporter en outre des moyens déclencheurs conçus pour
20 provoquer un actionnement du détonateur et ainsi une diffusion la substance active AS par la torche 21, lesdits moyens déclencheurs coopérant avec le détonateur de ladite torche 21. De tels moyens déclencheurs permettent à un utilisateur d'un dispositif 20 conforme à
25 l'invention d'actionner, en temps voulu et selon une trajectoire prédéterminée, la délivrance de la substance active AS et in fine d'assurer un ensemencement plus efficace, en garantissant un ciblage précis, voire optimal, de la cellule nuageuse à ensemercer. Trois
30 exemples non limitatifs de moyens déclencheurs d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse seront décrits ultérieurement dans la suite du document.

La coopération entre les moyens déclencheurs et le détonateur peut être assurée par tout élément capable d'associer et/ou de mettre en communication lesdits moyens. La coopération entre un tel détonateur et de tels
5 moyens déclencheurs dépend avantageusement des natures et/ou des structures respectives desdits détonateur et moyens déclencheurs. A titre d'exemples non limitatifs, une telle coopération peut être avantageusement matérialisée par une liaison mécanique adaptée. En
10 variante, de tels moyens déclencheurs et un tel détonateur peuvent coopérer à l'aide de moyens de communication adaptés, permettant notamment une communication électrique, magnétique ou électromagnétique. L'invention ne saurait ainsi être
15 limitée à la nature du ou des éléments qui garantissent une telle coopération ou même des natures physiques respectives des moyens déclencheurs et/ou du détonateur.

Comme précisé précédemment, un système 100 pour
20 l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention comporte un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse et un appareil 30 de projection agencé pour accueillir et projeter ledit dispositif. Pour assurer une coopération avec un appareil
25 de projection distinct et garantir une projection d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, la torche 21 de ce dernier coopère solidairement avec la partie proximale 28 d'une embase 25. Au sens de l'invention et dans tout le
30 document, on entend par « embase » toute pièce ou tout élément, éventuellement renflé, servant d'appui et/ou de support à la torche pyrotechnique 21. A titre d'exemple

avantageux non limitatif décrit en lien avec la figure 6, une telle coopération entre une torche 21 et une embase 25 peut être matérialisée par une liaison mécanique de type encastrement, avantageusement permanente ou réversible. Une telle liaison encastrement peut être réalisée par tous moyens de fixation adaptés, lesdites torche 21 et embase 25 étant mutuellement agencées pour assurer leur assemblage. A titre d'exemple non limitatif, ladite torche 21 peut comprendre une ou plusieurs tiges filetées, par exemple une ou plusieurs vis, conçues pour être accueillies au sein d'un ou plusieurs trous taraudés correspondants, avantageusement pratiqués dans l'embase 25. L'invention ne saurait toutefois être limitée à ce seul exemple de réalisation. En variante, l'invention prévoit que la torche 21 et l'embase 25 d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention puissent former ou consister en une seule et même entité physique. Un tel agencement permet notamment de diminuer le nombre d'éléments composant le dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, la torche 21 et l'embase 25 étant d'un seul tenant et éventuellement fabriquées dans un même matériau, de simplifier la fabrication et/ou l'installation dudit dispositif 20 et in fine de diminuer les coûts de fabrication et/ou d'installation.

Ainsi, selon un autre objet, l'invention concerne également une embase 25 de projection pour torche pyrotechnique 21. Selon un mode de réalisation non limitatif décrit notamment en lien avec les figures 5A, 5B et 6, afin d'assurer le fonctionnement d'un système pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à

l'invention, plus particulièrement la projection ou propulsion d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, une telle embase comporte une partie proximale 27 conçue pour coopérer
5 selon une liaison mécanique encastrement avec une torche pyrotechnique. Comme d'ores et déjà mentionné, une telle liaison encastrement peut être réalisée par tous moyens de fixation adaptés, lesdites torche 21 et la partie proximale 27 de ladite embase 25 étant mutuellement
10 agencées pour assurer leur assemblage. En complément, selon la figure 6, la partie proximale 27 peut présenter une surface sensiblement plane, afin de faciliter la coopération de l'embase avec la torche d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à
15 l'invention. En variante ou en complément, la partie proximale 27 de l'embase peut également présenter une forme de jupe, afin d'assurer l'étanchéité durant la projection d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, lors de la
20 projection de ce dernier à l'intérieur d'un élément de guidage d'un appareil de projection.

En outre, la partie proximale 27 de l'embase 25 est également conçue pour obstruer une ouverture pratiquée en une extrémité 33 d'un élément de guidage 31 d'un appareil
25 de projection 30. Une telle obstruction permet avantageusement de créer, au sein d'un élément de guidage 31 d'un appareil de projection 32, à l'intérieur duquel un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, une enceinte 31c1 étanche, dont la pression
30 peut avantageusement être déterminée et maîtrisée. Nous verrons plus loin que c'est sous l'effet d'une libération soudaine de la pression contenue au sein d'une telle

enceinte et que le dispositif 20 est projeté. Pour obstruer ladite ouverture pratiquée dans l'élément de guidage, la partie proximale 27 d'une embase 25 conforme à l'invention présente des dimensions, notamment une
5 section, sensiblement égales à celle de la paroi intérieure d'un élément de guidage 31 dudit appareil de projection au sein duquel sont accueillis ladite embase 25 et ledit dispositif 20 d'ensemencement d'une cellule nuageuse avec lequel coopère une telle embase. En
10 complément, l'invention prévoit que l'embase 25 puisse coopérer avec un joint d'étanchéité 29, permettant de réduire, voire encore d'empêcher toute éventuelle fuite de gaz au sein de l'appareil de projection et ainsi accroître l'efficacité de ce dernier. Selon la figure 6,
15 un tel joint d'étanchéité 29 peut avantageusement être agencé pour épouser la paroi interne d'un élément de guidage dudit appareil de projection, c'est-à-dire, par exemple, être circulaire et torique.

Egalement, selon les figures 5A, 5B et 6, une embase
20 25 pour torche pyrotechnique 21 comporte une partie distale 28 conçue pour coopérer selon une liaison mécanique adaptée avec un moyen de fixation 32 présent au sein de l'élément de guidage 31 dudit appareil de projection 30. Une telle partie distale 28 garantit une
25 liaison encastrement d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, lorsque celui-ci est accueilli au sein de l'élément de guidage préalablement à la projection. A titre d'exemple non limitatif, une telle liaison mécanique peut avantageusement réversible.
30 Toutefois, l'invention ne saurait être limitée à ce seul type de liaison. Une telle liaison encastrement peut être réalisée par tous moyens de fixation adaptés, ledit moyen

de fixation 32 et la partie distale 28 de ladite embase 25 étant mutuellement agencées pour assurer leur assemblage. A titre d'exemple non limitatif, une telle partie distale 27 peut avantageusement être dotée d'un système d'accroche de type raccord pneumatique verrouillable. En variante, ledit moyen de fixation 32 peut comprendre une ou plusieurs tiges filetées, par exemple une ou plusieurs vis, conçues pour être accueillies au sein d'un ou plusieurs trous taraudés correspondants, avantageusement pratiqués dans la partie distale 28 de l'embase 25.

Un des buts de l'invention est de proposer un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse dont la projection est avantageusement rapide et contrôlée, afin de permettre finalement une diffusion d'une substance selon une trajectoire maîtrisée, même en présence de courants descendants ou ascendants. Pour ce faire, une embase pour torche pyrotechnique conforme à l'invention peut en outre comporter un fusible mécanique. Au sens de l'invention et dans tout le document, on entend par « fusible mécanique » toute pièce ou tout élément agencé pour rompre lors de la transmission d'une contrainte mécanique importante. Conformément à un mode de réalisation préféré mais non limitatif décrit en lien avec la figure 6, le fusible mécanique 26 d'une embase 25 conforme à l'invention peut comprendre une portion centrale dont la limite d'élasticité est inférieure à celles des autres éléments composant l'embase, ladite portion étant agencée pour rompre soudainement lorsqu'une contrainte mécanique déterminée est appliquée à ladite portion, telle que par exemple une contrainte de

pression. Généralement, tout matériau, et par voie de conséquence, le matériau, de par ses dimensions constituant la portion centrale d'un tel fusible mécanique 26 présente une limite d'élasticité. On définit
5 la « limite d'élasticité » comme la contrainte, c'est-à-dire l'ensemble des forces appliquées au matériau constituant la portion centrale d'un fusible mécanique 26 qui tendent à le déformer, à partir de laquelle le matériau constituant ladite portion centrale se déforme
10 de façon irréversible jusqu'à une rupture éventuelle dudit matériau. La portion centrale d'un tel fusible mécanique subit alors une déformation plastique jusqu'à obtenir une fissure sur la surface de la portion. Du fait d'une forte tension présente à la surface du matériau,
15 ladite fissure, par la suite lorsqu'elle a atteint sa vitesse limite, se multiplie en plusieurs fractures et se propage sur l'ensemble de la surface de la portion centrale. Finalement, la portion centrale du fusible mécanique 26 d'une embase conforme à l'invention, ladite
20 embase coopérant avantageusement avec un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, va se rompre soudainement provoquant la projection ou propulsion d'un tel dispositif à destination de la cellule nuageuse à traiter.

25 Avant une mise en communication en gaz du réservoir et de l'appareil de projection 30, ledit réservoir étant avantageusement conçu pour alimenter ledit appareil de projection en gaz, la pression de gaz à l'intérieur de l'élément de guidage est sensiblement égale de part et
30 d'autre de l'embase. Lorsque le réservoir alimente en gaz l'élément de guidage, tel que décrit notamment en lien avec les figures 5A et 5B, la présence ou quantité de

molécules de gaz au sein de l'enceinte 31c1 augmente du fait de la présence de l'embase 25 obstruant ou rendant l'enceinte 31c1 hermétique ou étanche. Or, l'embase 25 permettant la création d'une enceinte 31c1 étanche au sein de l'élément de guidage, la quantité de molécules de gaz reste invariante dans la deuxième enceinte 31c2 de l'élément de guidage, une telle deuxième enceinte présentant une ouverture, au travers de laquelle s'échappe le gaz dès que l'embase n'obstrue plus ladite ouverture lors de la rupture soudaine du fusible mécanique, projetant un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention. En effet, les collisions des molécules de gaz au sein de l'enceinte 31c1 étant de plus en plus importantes, le matériau composant l'élément de guidage étant rigide et le fusible mécanique présentant la limite d'élasticité la plus faible, ce dernier rompt soudainement en premier de par la contrainte mécanique appliquée par la pression, permettant ainsi la libération des molécules de gaz et finalement la projection dudit dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse. En conséquence, différents critères peuvent permettre le contrôle d'une telle projection et par voie de conséquence, de la diffusion de la substance active, ainsi que de l'ensemencement d'une cellule nuageuse. Tout d'abord, le matériau constituant principalement le fusible mécanique, plus généralement une embase conforme à l'invention, possède une limite d'élasticité propre. Aussi, selon le matériau sélectionné, notamment sa composition et les dimensions, pour constituer le fusible mécanique et plus généralement l'embase pour torche pyrotechnique, en fonction de l'application désirée et/ou de l'altitude de

la cellule nuageuse à traiter, il est possible de sensiblement contrôler le déclenchement de la délivrance de la substance active en « programmant » sensiblement la pression à laquelle le fusible mécanique cèdera : le
5 dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse sera alors propulsé suivant une trajectoire définie par l'impulsion de ce dernier à la sortie de l'élément de guidage de l'appareil de projection. et finalement la diffusion de la substance active.

10 Par ailleurs, en variante ou en complément, conformément au mode de réalisation non limitatif décrit en lien avec les figures 5A, 5B et 6, un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut comprendre un élément de carénage 22
15 coopérant solidairement avec la torche 21 selon une liaison mécanique adaptée. A titre d'exemple non limitatif, une telle liaison mécanique peut avantageusement être de type encastrement, avantageusement permanente. Une telle liaison
20 encastrement peut être réalisée par tous moyens de fixation adaptés, l'élément de carénage 22 et la torche 21 pyrotechnique étant mutuellement agencés pour assurer leur assemblage. Toutefois, l'invention ne saurait être limitée à ce seul type de liaison ou aux moyens de
25 fixation matérialisant ladite liaison mécanique. En variante, un tel élément de carénage 22 peut constituer avec ladite torche 21 une même entité physique. Ledit élément de carénage 22 d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à
30 l'invention présente une enveloppe extérieure, ladite enveloppe assurant principalement deux fonctions. Tout d'abord, elle garantit la protection des éléments

constituant la torche, plus particulièrement l'intégrité de la substance active AS avant sa diffusion. Ensuite, une telle enveloppe 22 est agencée, au moyen d'un profil particulier ou encore d'un matériau spécifique, de sorte
5 qu'elle améliore l'aérodynamisme dudit dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, plus particulièrement de sa torche.

En variante, un tel fusible mécanique, tel que décrit précédemment, peut coopérer ou être disposé, non
10 pas au niveau de la partie distale de l'embase, mais à celle d'un moyen de fixation 32 compris au sein de l'appareil de projection 30. Dans ce cas, ledit fusible, du moins la partie demeurant en liaison avec le moyen de fixation 32 après la projection du dispositif 20 pour
15 l'ensemencement d'une cellule nuageuse, peut être retiré afin de coopérer avec un nouveau fusible pour une prochaine projection d'un dispositif 20. Une telle coopération peut être assurée au moyen de toute liaison mécanique adaptée, telle que décrite précédemment,
20 matérialisé par un système de vissage ou en variante un raccord pneumatique.

L'emploi d'un fusible mécanique permet notamment une rupture soudaine, nécessaire à la projection d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse
25 conforme à l'invention. Une perte d'étanchéité plus lente réduirait la faculté de projection. Aucune vanne ne semble aujourd'hui en mesure de résister à la pression ou assurer une telle soudaineté. L'invention prévoit ainsi la présence et l'emploi d'un fusible mécanique
30 « structurel ». En variante, si des chercheurs venaient à développer une vanne permettant d'assurer une rupture soudaine, l'invention prévoit qu'une telle vanne pourrait

être employée en lieu et place du fusible décrit précédemment.

Comme précisé précédemment, ladite substance active
5 AS doit avoir préférentiellement une forte affinité avec
l'eau. Selon l'application et la structure du dispositif
20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, ladite
substance active AS peut se présenter sous différentes
formes, généralement solides, telles qu'à titre
10 d'exemples non limitatifs, des cristaux de différentes
tailles ou des poudres. L'emploi d'une substance active
AS sous la forme de poudres se révèle intéressant,
puisque ses délivrance, dispersion et/ou diffusion sont
plus facilement contrôlables et/ou réglables que l'emploi
15 d'une substance active sous une forme liquide, et
qu'aussi la délivrance de la substance active AS puisse
se faire de manière soudaine ou progressive.

Généralement, ladite substance active AS peut être
avantageusement mais non limitativement constituée de
20 noyaux glaçogènes, tels que l'iodure d'argent ou encore
l'iodure de cuivre. Préférentiellement, la substance
active d'un dispositif 20 conforme à l'invention peut
être principalement constituée d'iodure d'argent.
L'emploi d'iodure d'argent est particulièrement
25 intéressant et par conséquent préféré, puisqu'il s'agit
d'une particule particulièrement efficace à -5°C en
faibles quantités. Toutefois, l'iodure d'argent se révèle
dans de nombreux cas toxique et non écologique. En
variante ou en complément, la substance active d'un
30 dispositif 20 conforme à l'invention peut être
principalement constituée de sels hygroscopiques. En
effet, selon l'application recherchée, du fait de la

forte toxicité imposée par l'iodure d'argent, l'utilisation des sels hygroscopiques, sous la forme par exemple de sels de sodium, de calcium ou de magnésium, d'alginate ou encore de matériaux réfrigérants, tels que la neige carbonique, le propane ou l'azote liquide, est préférée.

Par ailleurs, quelle que soit la configuration du dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse selon l'invention, en variante ou en complément, la substance active AS d'un dispositif 20 conforme à l'invention peut être associée à des particules marqueurs M de propagation détectables par tout moyen d'analyse adapté. Ainsi, tel que décrit en lien avec la figure 6, la torche pyrotechnique 21 peut également contenir en son sein des particules marqueurs M de propagation détectables par tout moyen d'analyse adapté. La présence de telles particules marqueurs M est particulièrement astucieuse puisqu'elles permettent à un utilisateur du dispositif, tel qu'un agriculteur ou tout autre opérateur, d'observer la propagation de la substance active et ainsi de mesurer ou d'apprécier l'efficacité du dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse. De telles particules M peuvent avantageusement être analysables par tout moyen d'analyse adapté, tel que, à titre d'exemples non limitatifs, un spectrophotomètre ultraviolet ou un spectromètre infrarouge, par absorption ou par fluorescence. En variante, il pourrait éventuellement être envisagé que les particules M puissent être colorées, afin que celles-ci soient détectables et/ou observables dans le domaine du visible à l'œil nu, voire éventuellement à l'aide d'un système optique de vision grossissant.

Selon un exemple d'application particulièrement apprécié, de telles particules marqueurs M peuvent comprendre des particules, paillettes ou filaments d'aluminium, de plastiques ou de micro verres très réfléchissantes par radar, communément employées au sein
5 des systèmes de contre-mesure de type « CHAFF ».

Comme précédemment mentionné, les moyens déclencheurs d'un dispositif 20 pour l'ensemencement
10 d'une cellule nuageuse conforme à l'invention permettent à un utilisateur de ce dernier d'actionner en temps voulu le détonateur d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention et ainsi de garantir à une localisation prédéterminée la délivrance
15 ou diffusion de la substance active AS selon une trajectoire spécifique, comprise entre une altitude minimale et une altitude maximale, correspondant à la zone d'aspiration de la cellule nuageuse et finalement d'assurer un ensemencement plus efficace, en garantissant
20 un ciblage plus précis, voire optimal, de la cellule nuageuse à ensemenecer. Trois exemples non limitatifs de moyens déclencheurs d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention vont être décrits dans la suite du document.

25 Selon un premier mode de réalisation, non représenté sur les figures, le détonateur de la torche 21 d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut être à commande mécanique, c'est-à-dire être actionnable ou actionné au moyen d'un
30 élément ou d'une pièce mécanique. Selon ce premier mode de réalisation, les moyens déclencheurs sont alors agencés pour produire une ou plusieurs commandes

mécaniques, comme par exemple une force entraînant alors un mouvement et un contact mécanique. A titre d'exemple, de tels moyens déclencheurs peuvent comprendre un système à percussion, tel qu'un percuteur, c'est-à-dire une pièce
5 métallique, éventuellement terminée par une pointe, qui sous l'action d'un ressort préalablement bandé, frappe le détonateur, un tel détonateur consistant généralement en une amorce destinée à enflammer le mélange pyrotechnique responsable de la combustion de la torche 21, déclenchant
10 alors la diffusion de la substance active AS.

En variante, selon un deuxième mode de réalisation, non représenté sur les figures, le détonateur de la torche d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut être à commande
15 pyrotechnique, c'est-à-dire être actionnable ou actionné au moyen d'un élément ou d'une pièce pyrotechnique. A titre d'exemples non limitatifs, un tel détonateur peut comporter un tube, généralement en aluminium ou en cuivre, contenant notamment des mélanges explosifs
20 primaire et secondaire ainsi qu'un opercule en aluminium. Les moyens déclencheurs comprennent un inflammateur sous la forme d'une mèche retard, également qualifiée de mèche lente. Une fois la mèche retard activée, la flamme véhiculée par cette dernière initie directement le
25 mélange explosif primaire.

En variante, selon un troisième mode de réalisation généralement préféré décrit en lien avec la figure 7, le détonateur de la torche d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à
30 l'invention peut être à commande électrique, c'est-à-dire être actionnable ou actionné au moyen d'un signal électrique déterminé produit par un élément ou objet

électrique ou électronique. Un tel détonateur est alors chargé d'envoyer une impulsion électrique, permettant de faire exploser le mélange explosif et finalement de garantir la diffusion de la substance active AS. Comme
5 d'ores et déjà mentionné, les moyens déclencheurs d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, coopérant avec le détonateur, sont avantageusement agencés pour provoquer la délivrance de la substance active AS à une position et/ou une
10 altitude données. Pour ce faire, selon ce mode avantageux mais non limitatif de réalisation décrit en lien avec la figure 7, de tels moyens déclencheurs 24 consistent en un objet électronique. Un tel objet électronique comporte une unité de traitement 241, sous la forme par exemple
15 d'un ou plusieurs microcontrôleurs ou microprocesseurs. Une telle unité de traitement 241 est avantageusement agencée pour élaborer et générer une commande d'actionnement sous la forme d'un signal électrique déterminé interprétable par un détonateur de la torche
20 pyrotechnique en réponse à un événement déclencheur déterminé, ledit signal électrique étant interprétable par un tel détonateur comme étant une commande d'actionnement de ce dernier.

Selon un premier exemple non limitatif, un tel
25 événement déclencheur peut consister en une comparaison attestant une mesure d'une grandeur physique sensiblement égale à un seuil déterminé. Pour ce faire, les moyens déclencheurs 24, sous la forme d'objet électronique, peuvent comporter un ou plusieurs capteurs de mesure 244
30 coopérant avec ladite unité de traitement 241 et délivrant à celle-ci une mesure d'une grandeur physique GP1 représentative de l'altitude ou de la trajectoire de

la torche 21 d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention. En variante ou en complément, un tel capteur 244 peut mesurer la vitesse ou encore l'accélération d'une telle torche 21. A titre d'exemples non limitatifs, un tel capteur 244 peut consister en un ou plusieurs altimètres, accéléromètres et/ou gyroscopes. Ledit capteur 244 coopère avantageusement avec ladite unité de traitement 241 au moyen de bus de communication internes, représentés en figure 7 par des doubles flèches en trait simple. L'unité de traitement 241 est alors agencée pour comparer la mesure de la grandeur physique GP1 à un seuil prédéterminé. Pour ce faire, les moyens déclencheurs ou l'objet électronique 24 comportent une mémoire de données 242 coopérant avec ladite unité de traitement 241 au moyen de bus de communication internes, représentés en figure 4B par des doubles flèches en trait simple. Avant lancement du dispositif conforme à l'invention, ledit seuil prédéterminé peut être éventuellement inscrit au sein de la mémoire de données 242. Lorsque ladite mesure atteint ledit seuil, l'unité de traitement 21 est agencée pour générer une commande d'actionnement, sous la forme d'un ou plusieurs signaux électriques, à destination du détonateur, requérant le déclenchement contrôlé de la délivrance de la substance active AS. Comme précédemment mentionné, pour ce faire, le détonateur est à commandes électriques et apte à interpréter une commande d'actionnement générée par les moyens déclencheurs 24.

En variante ou en complément, selon un deuxième exemple non limitatif, un tel évènement déclencheur peut consister en une comparaison attestant une valeur d'un compteur égal à un seuil déterminé. L'unité de traitement

241 est agencée pour mouvoir un compteur selon une périodicité donnée d'une unité donnée et comparer la valeur dudit compteur à la valeur d'un seuil déterminé. Le paramétrage de la valeur dudit seuil et/ou de celle de la périodicité de mise à jour dudit compteur permet de programmer l'altitude d'actionnement du détonateur.

En variante ou en complément, afin d'éviter tout déclenchement inopiné de la torche pyrotechnique d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse avant la projection de ce dernier, l'invention prévoit que l'événement déclencheur puisse être généré ou découlé de la coopération entre un élément conducteur extérieur à un tel dispositif 20 avec un deuxième élément conducteur positionné au niveau de l'extrémité de l'élément de guidage d'un appareil de projection 30 par laquelle ledit dispositif 20 sera avantageusement propulsé. Un tel événement déclencheur peut alors consister en un signal électrique, par exemple une mise en court-circuit lors du passage du dispositif 20 en phase de projection. L'unité de traitement 241 des moyens déclencheurs 24 est agencée pour interpréter ledit signal électrique et générer une commande d'actionnement, sous la forme d'un ou plusieurs signaux électriques, à destination du détonateur, requérant le déclenchement de la délivrance de la substance active AS. Comme précédemment mentionné, pour ce faire, le détonateur est à commandes électriques et apte à interpréter une commande d'actionnement générée par les moyens déclencheurs 24. A titre d'exemple non limitatif, un tel deuxième élément conducteur peut consister en une bague conductrice associée à un premier élément sous la forme d'un ou plusieurs borniers ou réciproquement. En variante ou en complément, l'invention

prévoit que l'événement déclencheur puisse être produit en sortie de l'appareil de projection 30 par l'utilisation d'un premier élément et deuxième élément, respectivement disposées en sortie de l'élément de guidage de l'appareil de projection 30 et au niveau du dispositif 20, pour constituer un contacteur magnétique interprétable par l'unité de traitement 241.

En outre, pour que l'objet électronique puisse fonctionner en totale autonomie, ce dernier peut comporter avantageusement une source d'énergie électrique 245, sous la forme d'une ou plusieurs batteries par exemple, voire sous la forme de cellules photovoltaïques positionnées sur le dispositif 20, de source d'énergie éolienne ou encore d'un ou plusieurs condensateurs préalablement chargés et aptes à délivrer l'énergie électrique suffisante pour permettre le fonctionnement de l'objet électronique. La capacité à pouvoir fonctionner d'un objet électronique est directement liée à la capacité énergétique restante et disponible dudit objet électronique.

Par ailleurs, en variante ou en complément, pour permettre une meilleure traçabilité de l'ensemencement d'une telle cellule nuageuse, un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une telle cellule nuageuse conforme à l'invention peut en outre comporter des moyens de suivi, non représentés sur les figures, de trajectoire et/ou de position dudit dispositif, lesdits moyens de suivi coopérant avec la torche pyrotechnique dudit dispositif 20. Pour ce faire, lesdits moyens de suivi, consistant avantageusement en un deuxième objet électronique, comportent non limitativement :

- une unité de traitement ;
- un capteur pour mesurer et collecter une grandeur physique relative à la trajectoire et/ou la position du dispositif coopérant avec ladite unité de traitement ;
- une mémoire de données coopérant avec ladite unité de traitement dans laquelle ladite unité de traitement inscrit la grandeur mesurée et collectée selon une périodicité donnée.

Les unités de traitement respectives des moyens déclencheurs et de suivi consistent avantageusement en une seule et même entité physique 241. Toutefois, les unités de traitement respectives des moyens déclencheurs Par ailleurs, à l'instar des unités de traitement, lesdits moyens déclencheurs et lesdits moyens de suivi peuvent éventuellement être dissociés.

Comme décrit précédemment, de tels moyens de suivi et/ou déclencheurs comportent une unité de traitement 241, sous la forme par exemple d'un microcontrôleur ou microprocesseur. Ledit objet électronique comporte également une mémoire de données 242, éventuellement une mémoire de programmes 246, lesdites mémoires étant éventuellement dissociées. L'unité de traitement 241 coopère avec lesdites mémoires 242 et 246 au moyen de bus de communication internes, représentés en figure 7 par des doubles flèches en trait simple.

Comme d'ores et déjà précisé, l'objet électronique comporte également un ou plusieurs capteurs de mesure 244 coopérant avec ladite unité de traitement 241, le ou lesdits capteurs étant agencés pour mesurer et collecter une grandeur physique GP1 relative à la trajectoire et/ou la position du dispositif 20 à un instant donné ou selon

une périodicité donnée. Un tel capteur 244 peut mesurer et collecter l'accélération, la position, la trajectoire, l'altitude ou encore la vitesse angulaire d'un dispositif 20 conforme à l'invention lors de son déplacement dans l'atmosphère. Pour ce faire, le ou les capteurs 244 peuvent consister un altimètre, un accéléromètre et/ou un gyroscope, lesdits altimètre, accéléromètre et/ou gyroscope coopérant avantageusement avec la torche pyrotechnique selon une liaison mécanique. En variante ou en complément de l'altimètre, de l'accéléromètre et/ou du gyroscope, le ou les capteurs 244 peuvent comprendre une centrale inertielle, comportant généralement trois gyromètres et trois accéléromètres, ou encore un système de géolocalisation de type GPS (« *Global Positioning System* » selon une terminologie anglo-saxonne), ladite centrale et/ou ledit système coopérant avantageusement avec la torche 21 d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention.

Quel que soit le type de grandeur physique GP1 mesurée et collectée, une représentation numérique de celle-ci est in fine inscrite par l'unité de traitement 241 au sein de la mémoire de données 242 selon une périodicité prédéterminée. Une telle périodicité peut être définie préalablement avant le lancement du dispositif 20, automatiquement ou manuellement. A titre d'exemples non limitatifs, une telle périodicité peut être de l'ordre d'une ou plusieurs dizaines de secondes.

Eventuellement, le ou les capteurs 244 des moyens de suivi et/ou déclencheurs d'un dispositif 20 conforme à l'invention peuvent également être aptes à détecter des particules marqueurs M de propagation selon un moyen d'analyse adapté. De tels capteurs 244 peuvent

éventuellement être, à titre d'exemples non limitatifs, fondés sur des détections par micro-ondes, par sondes de conductivité, par lames vibrantes ou encore sur des détections optiques et chimiques. En outre, comme précisé
5 précédemment, de telles particules marqueurs M peuvent avantageusement être tracées par tout moyen d'analyse adapté, tel que, à titre d'exemples non limitatifs, un spectrophotomètre ultraviolet ou un spectromètre infrarouge, par absorption ou par fluorescence. En
10 variante ou en complément, un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut comporter ou coopérer avec un ou plusieurs réflecteurs radars pour suivre la trajectoire dudit dispositif 20.

15

A l'instar de ce qui a été décrit antérieurement, à des fins d'efficacité, le suivi de la position et/ou de la trajectoire d'un dispositif 20 conforme à l'invention peut avantageusement être assuré au moyen
20 d'enregistrements, inscrits par l'unité de traitement 241 au sein de la mémoire de données 242, de représentations numériques de la grandeur physique GP1 relative à la trajectoire et/ou la position dudit dispositif 20, mesurée et collectée selon une périodicité donnée.
25 Lesdites mesures sont, une fois l'ensemencement terminé, collectées et transférées.

En variante, il peut être prévu que le dispositif 20 puisse communiquer et/ou transférer une représentation de la ou les grandeurs physiques GP1 mesurées et collectées
30 en temps réel. Pour ce faire, l'objet électronique matérialisant les moyens déclencheurs et/ou les moyens de suivi peut comporter des moyens de communication 243

coopérant avec l'unité de traitement 241, également au moyen de bus de communication internes. Lesdits moyens de communication 243 peuvent ainsi assurer une communication N, éventuellement filaire ou sans fil, à destination de
5 toute entité électronique distante 50 à portée de communication. De tels moyens de communication 243 peuvent être également de type « longue distance » et permettre à un tel dispositif 20 de pouvoir transmettre à ladite entité distante 50, tout ou partie du contenu de
10 la mémoire de données 242 au travers de messages distribués par un réseau exploitant, par exemple, les technologies GPRS, Sigfox ou satellite, dans le cas où ladite communication se ferait sans fil.

15 Selon un autre objet, l'invention concerne un appareil de projection pneumatique 30 conçu pour projeter un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention. Comme précisé précédemment, un tel appareil de projection 30, à
20 l'instar de tout autre système pneumatique, fonctionne au moyen d'une différence de pression, également qualifié de gradient, entre deux zones ou enceintes distinctes, une telle différence de pression créant alors une force de compression, ladite force entraînant elle-même un
25 mouvement ou une contrainte mécanique, permettant la rupture d'un fusible mécanique comporté par exemple par une embase conforme à l'invention et finalement la projection dudit dispositif 20 conforme à l'invention.

Pour ce faire, selon les figures 5A et 5B, un
30 appareil de projection 30 conforme à l'invention comporte un élément de guidage 31. Un tel élément de guidage 31 présente avantageusement une lumière. Au sens de

l'invention et dans tout le document, on entend par « lumière » tout orifice, toute cavité ou tout évidement central aménagé dans l'élément de guidage afin d'y permettre le passage, voire le maintien, quand bien même

5 temporaire, d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention. Une telle lumière est avantageusement agencée pour accueillir une telle torche. Aussi, les agencements structurels et/ou fonctionnels d'un tel dispositif 20 doivent être en

10 adéquation avec principalement la configuration de la lumière aménagée dans l'appareil de projection 30. Ainsi, la lumière définit avantageusement une section dont les dimensions sont sensiblement identiques à celles de la plus grande section de la paroi externe du dispositif 20

15 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse. Par ailleurs, ladite section peut avantageusement être carrée, circulaire, oblongue ou de toute autre forme susceptible d'être adaptée pour la paroi externe de l'enveloppe d'un dispositif pour l'ensemencement d'une

20 cellule nuageuse inséré au sein d'un tel appareil de projection. A titre d'exemple préféré mais non limitatif, tel que celui décrit en liaison avec les figures 5A et 5B, une telle paroi externe de l'enveloppe d'un tel dispositif 20 peut présenter une section sensiblement

25 circulaire, ledit élément de guidage 31 présentant alors une forme sensiblement cylindrique ou tubique. Ainsi, la lumière peut présenter également une section sensiblement circulaire, similaire à la section la plus grande de la paroi externe du dispositif 20. En outre, un tel élément

30 de guidage 31 doit être avantageusement électriquement neutre, et ce afin d'éviter tout déclenchement inopiné de la torche pyrotechnique 21 d'un dispositif 20 pour

l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, lorsque celui-ci est installé au sein de l'appareil de projection 30. Par ailleurs, les dimensions, plus particulièrement la taille, de l'élément
5 de guidage 31 d'un appareil de projection 30 conforme à l'invention peut influencer sur la libération plus ou moins soudaine d'un dispositif conforme à l'invention. Ainsi, à pression constante, plus l'élément de guidage est court, plus la libération est soudaine, puisque le
10 dispositif projeté est uniquement accéléré dans l'élément de guidage.

Comme mentionné précédemment, un des buts de l'invention est de garantir la projection rapide et maîtrisée d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une
15 cellule nuageuse, afin de permettre finalement une diffusion d'une substance active AS selon une trajectoire contrôlée, même en présence de courants descendants ou ascendants. Pour ce faire, un appareil de projection 30 comprend avantageusement un ou plusieurs moyens de
20 fixation 32 d'un dispositif pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention au sein dudit appareil de projection. Selon un premier exemple de réalisation non limitatif décrit en lien avec les figures 5B, l'élément de guidage 31 d'un appareil 30 conforme à
25 l'invention coopère solidairement avec un moyen de fixation 32 selon une liaison mécanique adaptée. A titre d'exemple non limitatif, une telle liaison mécanique peut avantageusement être de type encastrement, avantageusement permanente. Une telle liaison
30 encastrement peut être réalisée par tous moyens de fixation adaptés, le moyen de fixation 32 et l'élément de guidage 31 étant mutuellement agencés pour assurer leur

assemblage. Toutefois, l'invention ne saurait être limitée à ce seul type de liaison ou aux moyens de fixation matérialisant ladite liaison mécanique. En variante, conformément à un deuxième exemple de réalisation décrit en lien avec la figure 5A, un tel élément de guidage 31 peut comporter le moyen de fixation et constituer avec ledit moyen de fixation 32 une même entité physique.

Par ailleurs, comme précisé précédemment, un tel moyen de fixation 32 est avantageusement agencé pour coopérer avec la partie distale 28 d'une embase 25 conforme à l'invention, afin d'assurer finalement le maintien d'un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention et la projection contrôlée de ce dernier. Selon les figures 5A, 5B et 6, la coopération entre le moyen de fixation 32 et la partie distale d'une embase 25 peut être matérialisée par toute liaison mécanique adaptée. A titre d'exemple non limitatif, une telle liaison mécanique peut avantageusement être de type encastrement, éventuellement permanente. Toutefois, l'invention ne saurait être limitée à ce seul type de liaison. Une telle liaison encastrement peut être réalisée par tous moyens de fixation adaptés, ledit moyen de fixation 32 et la partie distale 28 de ladite embase 25 étant mutuellement agencées pour assurer leur assemblage. A titre d'exemple non limitatif, un tel moyen de fixation peut avantageusement comporter un système d'accroche de type raccord pneumatique verrouillable. En variante, ledit moyen de fixation 32 peut comprendre une ou plusieurs tiges filetées, par exemple une ou plusieurs vis, conçues pour être accueillies au sein d'un ou plusieurs trous

taraudés correspondants, avantageusement pratiqués dans
 la partie distale 28 de l'embase 25. Eventuellement, en
 variante ou en complément, le moyen de fixation 32 peut
 coopérer avec l'embase au moyen d'une interface tierce
 5 comportant un fusible mécanique. A l'instar du fusible
 mécanique présent au sein de l'embase décrite en lien
 avec la figure 6, un tel fusible mécanique peut
 comprendre une portion centrale dont la limite
 d'élasticité est inférieure à celles des autres éléments
 10 composant l'interface, ladite portion étant agencée pour
 rompre soudainement lorsqu'une contrainte mécanique
 déterminée est appliquée à ladite portion, telle qu'une
 contrainte de pression.

Comme d'ores et déjà mentionné, conformément aux
 15 modes de réalisation non limitatifs décrits en lien avec
 les figures 5A et 5B, un appareil 30 de projection
 coopère fluidiquement avec un réservoir 40 de gaz agencé
 pour alimenter en gaz et mettre sous pression l'appareil
 30 de projection, au moyen d'un ou plusieurs conduits
 20 et/ou d'une ou plusieurs vannes adaptées pour régler la
 pression de l'air comprimé régnant dans lesdits conduits.
 Selon un premier mode de réalisation décrit en lien avec
 la figure 5A, un tel réservoir 40 coopère directement
 avec l'élément de guidage 31 dudit appareil 30 de
 25 projection et alimente ainsi sans interruption ledit
 élément de guidage 31, jusqu'à ce que la pression soit
 suffisante au sein de l'enceinte 31c1 de l'élément de
 guidage. Une telle alimentation continue peut, dans
 certains cas, présenter quelques inconvénients, par
 30 exemple en matière d'étanchéité, d'épuisement des
 réserves ou encore de fiabilité de l'alimentation en gaz.
 Pour pallier à de tels inconvénients, selon un deuxième

mode de réalisation décrit en lien avec la figure 5B, un appareil 30 de projection conforme à l'invention peut comporter en outre une chambre 33 sous pression, assurant ainsi la mise sous pression de l'appareil 30 de projection. L'élément de guidage 31 d'un dispositif conforme à l'invention conforme à l'invention coopère solidairement avec une telle chambre 33 selon une liaison mécanique adaptée. A titre d'exemple non limitatif, une telle liaison mécanique peut avantageusement être de type encastrement, avantageusement non permanente, facilitant l'insertion d'un dispositif 20 conforme à l'invention et sa fixation sur le moyen de fixation 32. Ainsi, l'élément de guidage 31 peut être dissociée de la chambre 33, pour « recharger » l'appareil de projection 30, ledit élément 31 étant de nouveau positionné avant la projection dudit dispositif 20. Une telle liaison encastrement peut être réalisée par tous moyens de fixation adaptés, la chambre 33 et l'élément de guidage 31 étant mutuellement agencés pour assurer leur assemblage. Toutefois, l'invention ne saurait être limitée à ce seul type de liaison ou aux moyens de fixation matérialisant ladite liaison mécanique. En variante, afin de faciliter la fabrication d'un appareil de projection 30 selon l'invention, conformément à un deuxième exemple de réalisation décrit en lien avec la figure 5B, une telle chambre 33 peut former et constituer avec l'élément de guidage 31 une même entité physique. Selon ce deuxième mode de configuration, le moyen de fixation 32 compris au sein de l'appareil de projection peut avantageusement être comporté ou coopérer avec une telle chambre 33 sous pression.

Comme mentionné précédemment, l'invention concerne également un système 100 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention, dont deux modes de réalisation non limitatifs sont décrits en lien avec les figures 5A et 5B. Un tel système conforme à l'invention comporte avantageusement un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse selon l'invention et un appareil de projection 30 conforme à l'invention, agencé pour accueillir et pour projeter ledit dispositif 20. Afin d'assurer une meilleure efficacité de l'ensemencement au moyen d'une traçabilité optimisée, ledit système conforme à l'invention peut en comprendre une entité électronique distante 50 apte à communiquer avec ledit dispositif 20 via des moyens de communication 243 présents au sein du dispositif 20. Une telle entité électronique 50 est avantageusement apte à recevoir et décoder toute mesure ou donnée relative à la grandeur physique GP1 transmise par un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention via lesdits moyens de communication dudit dispositif 20. A titre d'exemples non limitatifs, ladite entité électronique distante 50 peut avantageusement consister en un ordinateur, un téléphone intelligent (« *Smartphone* » selon une terminologie anglo-saxonne), une tablette ou tout autre équipement ou objet électronique agencé pour communiquer avec les moyens déclencheurs et/ou de suivi d'un dispositif 20 conforme à l'invention.

Par ailleurs, en variante ou en complément, l'entité électronique 50 d'un système 100 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut être agencée pour lire le contenu de la mémoire de données 242

dudit dispositif 20. Pour ce faire, la mémoire de données 242 d'un dispositif 20 conforme à l'invention peut correspondre physiquement à une ou plusieurs cartes mémoire amovibles, par exemple de type SD (« *Secure Digital* » selon une terminologie anglo-saxonne). Selon cet agencement, l'entité électronique 50 est alors agencée pour lire et accéder au contenu de ladite carte mémoire. Un tel agencement peut résulter du chargement dans une mémoire de programmes 246 de ladite entité électronique 50 d'un produit programme d'ordinateur P idoine.

De la même manière, l'unité de traitement 241 des moyens déclencheurs et/ou des moyens de suivi d'un dispositif 20 conforme à l'invention peut être agencée pour produire une ou plusieurs commandes d'actionnement et/ou de propulsion à partir du chargement dans la mémoire de données 242 ou dans la mémoire de programmes 246, éventuellement dissociée de la mémoire de données, d'un produit programme d'ordinateur P comportant une ou plusieurs instructions de programme qui, lorsqu'elles sont exécutées ou interprétées par ladite unité de traitement, provoquent la mise en œuvre de procédés idoines.

Par ailleurs, préférentiellement mais non limitativement, un système 100 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse conforme à l'invention peut, de manière avantageuse, comporter :

- un appareil de projection 30 dont l'élément de guidage possède une longueur d'environ un mètre et quatre-vingts centimètres;
- un dispositif 20 pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse dont la torche 21 possède un

diamètre d'environ cinquante-cinq millimètres et une masse d'environ trois cent grammes ;

- une pression de projection d'environ trente bars maintenue dans la première enceinte 31c1 de l'élément de guidage 31 dudit appareil de projection 30 pendant environ treize millisecondes.

L'invention a été décrite lors de son utilisation en lien avec des applications d'ensemencement de cellules nuageuses, notamment pour la prévention de la grêle. Elle peut également être mise en œuvre pour agir sur tout type de phénomènes météorologiques, tels que, à titre d'exemples non limitatifs, la suppression des brouillards, l'augmentation des précipitations sous forme de pluie, l'atténuation des cyclones tropicaux, la préservation de la foudre ou encore la lutte contre le gel. En variante, l'invention peut également être employée pour augmenter les précipitations de neiges, par exemple dans les stations de ski ou pour stocker l'eau en hiver sous forme de neige.

Il pourrait également être envisagé que le dispositif 20 conforme à l'invention garantisse d'autres fonctions et/ou applications que celles précédemment décrites et/ou mentionnées, telles qu'à titre d'exemples non limitatif la décontamination ou dépollution de l'eau présente au sein des cellules nuageuses, ou encore la réduction de l'acidité de celle-ci. L'invention ne saurait être limitée à l'application au sein de laquelle le dispositif 20 conforme à l'invention est employé.

Un dispositif 20 conforme à l'invention peut également comporter plusieurs substances actives AS pour

agir dans différentes zones de la cellule nuageuse, selon une ou plusieurs altitudes prédéterminées, en employant une ou plusieurs substances actives adaptées. Une telle diffusion, à différentes étapes, permet notamment de
5 limiter le déclenchement de la diffusion d'une ou plusieurs substances actives dans des zones de faible intérêt.

D'autres modifications peuvent être envisagées sans sortir du cadre de la présente invention défini par les
10 revendications ci-annexées.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (20) pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, comportant une torche pyrotechnique (21) contenant une substance active (AS) et comprenant un détonateur, ledit dispositif (20) comportant en outre des moyens déclencheurs (24) conçus pour provoquer un actionnement du détonateur et ainsi une diffusion de la substance active (AS) par la torche (21), lesdits moyens déclencheurs (24) coopérant avec le détonateur de ladite torche (21), ledit dispositif (20) étant caractérisé en ce que la torche (21) coopère solidairement avec la partie proximale (27) d'une embase (25) de projection, ladite embase (25) comportant :
- une partie proximale (27) conçue pour :
 - coopérer selon une liaison mécanique encastrément avec une torche pyrotechnique (21);
 - obstruer une ouverture pratiquée en une extrémité d'un élément de guidage (31) d'un appareil de projection (30) ;
 - une partie distale (28) conçue pour :
 - coopérer selon une liaison mécanique encastrément avec un moyen de fixation (32) présent au sein de l'élément de guidage (31) dudit appareil de projection (30).

2. Dispositif (20) selon la revendication précédente, pour lequel la torche (21) et l'embase (25) forment une seule et même entité physique.
- 5 3. Dispositif (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un élément de carénage (22) coopérant solidairement avec la torche (21) ou constituant avec ladite torche (21) une même entité physique, dont l'enveloppe extérieure est
10 agencée pour améliorer l'aérodynamisme de ladite torche (21).
4. Dispositif (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour lequel la substance
15 active (AS) est principalement constituée d'iodure d'argent ou de sel hygroscopique.
5. Dispositif (20) selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour lequel la torche
20 pyrotechnique (21) comporte également des particules marqueurs (M) de propagation détectables par tout moyen d'analyse adapté.
6. Dispositif (20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, pour lequel le détonateur de
25 la torche est à commande mécanique et les moyens déclencheurs comprennent un percuteur.
7. Dispositif (20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, pour lequel le détonateur de
30

la torche est à commande pyrotechnique et les moyens déclencheurs comprennent un inflammateur sous la forme d'une mèche retard.

5 8. Dispositif (20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, pour lequel :

- 10 - les moyens déclencheurs (24) comportent une unité de traitement (241), ladite unité de traitement (241) étant agencée pour élaborer et générer une commande d'actionnement à destination du détonateur de la torche pyrotechnique selon un événement déclencheur déterminé ;
- 15 - le détonateur est à commande électrique et apte à interpréter les commandes générées par les moyens déclencheurs.

9. Dispositif (20) selon la revendication 8, pour lequel:

- 20 - les moyens déclencheurs (24) comportent en outre un capteur (244) coopérant avec ladite unité de traitement (241) et délivrant à ladite unité de traitement (241) une mesure d'une grandeur physique (GP1) représentative de l'altitude ou de la vitesse et/ou l'accélération de la torche (21) ;
- 25 - ladite unité de traitement (21) est agencée pour comparer la mesure de la grandeur physique (GP1) à un seuil prédéterminé ;

- l'événement déclencheur consiste en une comparaison attestant une mesure de ladite grandeur physique (GP1) sensiblement égale audit seuil déterminé.

5

10. Dispositif (20) selon la revendication 9, pour lequel le capteur (244) comporte un altimètre, un accéléromètre et/ou un gyroscope.

10 11. Dispositif (20) selon la revendication 8, pour lequel :

- l'unité de traitement (241) est agencée pour mouvoir un compteur et comparer la valeur dudit compteur à la valeur d'un seuil déterminé ;
- l'événement déclencheur consiste en une comparaison attestant une valeur dudit compteur égale audit seuil déterminé.

15

20 12. Dispositif (20) selon les revendications 5 et 8 à 11, comportant un deuxième capteur coopérant avec l'unité de traitement (241), ledit deuxième capteur étant apte à détecter les particules marqueurs de propagation selon un moyen d'analyse adapté.

25

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour lequel l'embase (25) comporte un fusible mécanique (26), ledit fusible (26) comprenant une portion centrale dont la

30

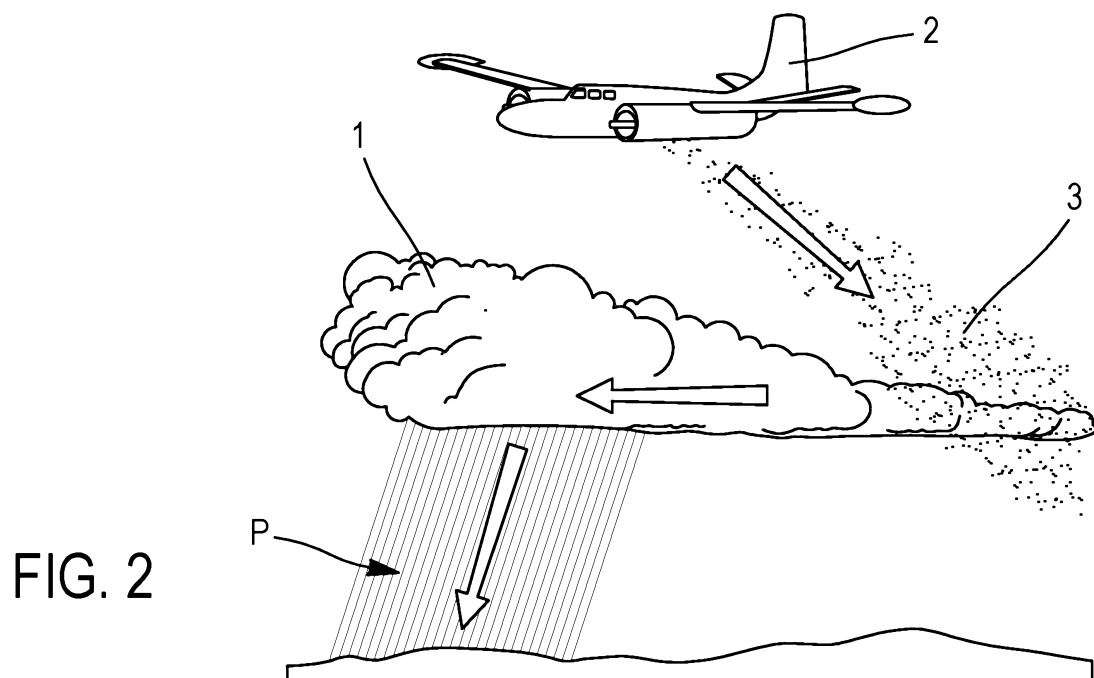
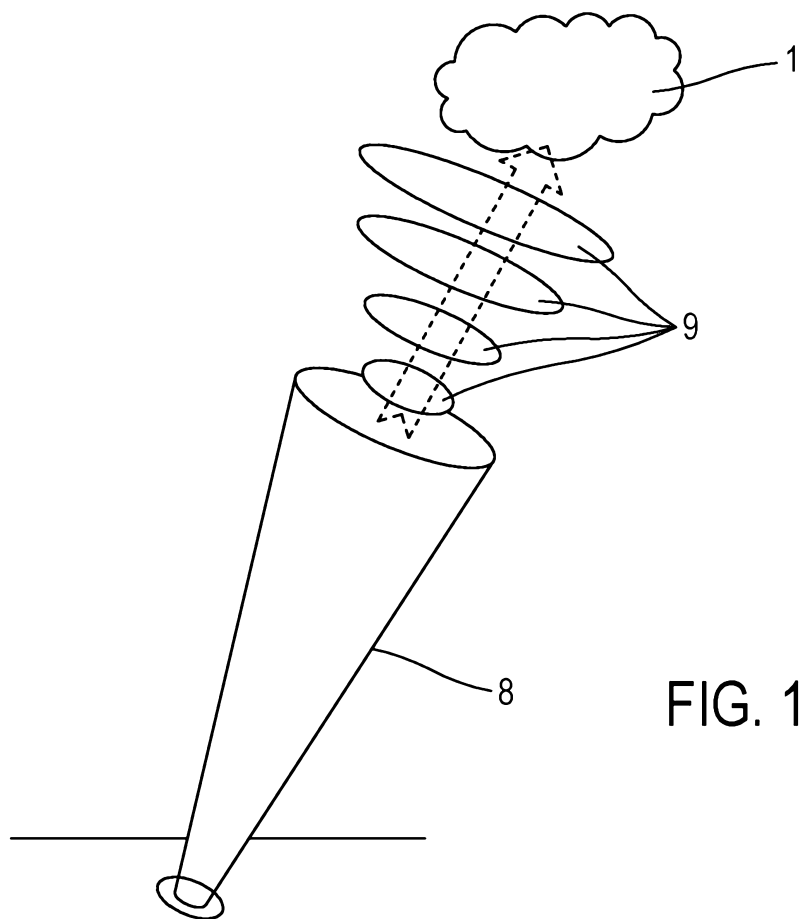
limite d'élasticité est inférieure à celles des autres éléments composant l'embase (25), ladite portion étant agencée pour rompre soudainement lorsqu'une contrainte mécanique déterminée est appliquée à ladite portion.

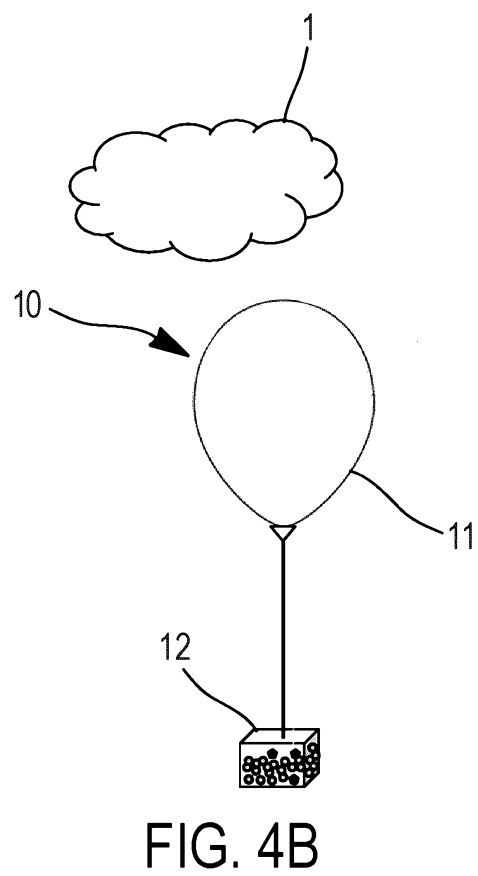
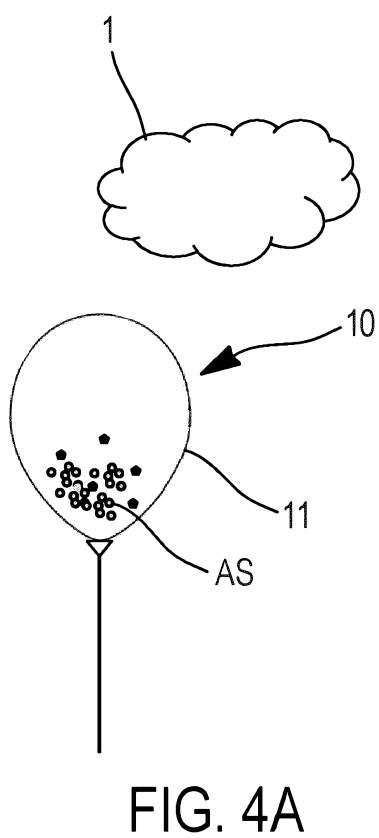
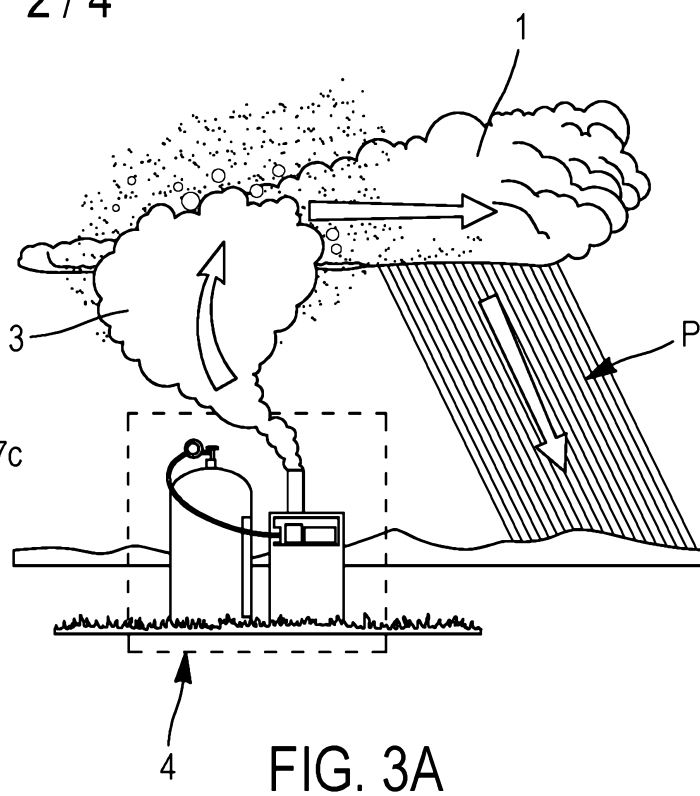
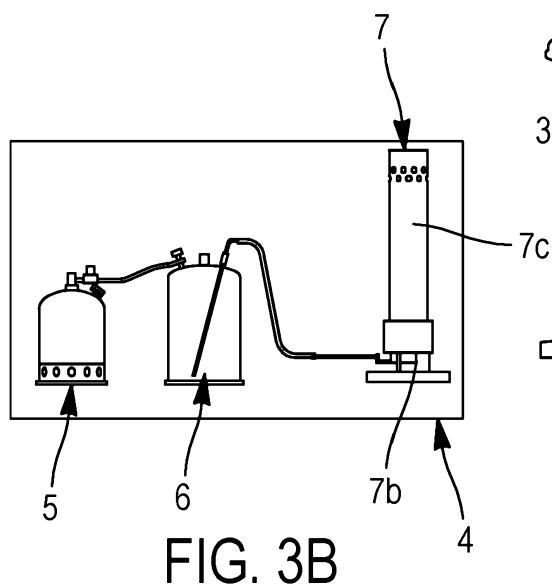
14. Appareil de projection (30) pneumatique conçu pour projeter un dispositif (20) pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte un élément de guidage (31) présentant une lumière, ladite lumière étant agencée pour accueillir la torche (21) dudit dispositif (20) pour l'ensemencement et ayant une section sensiblement identique à la plus grande section de la paroi externe dudit dispositif (20), ledit élément de guidage (31) comportant ou coopérant solidairement avec un moyen de fixation (32), ledit moyen de fixation (32) étant agencé pour coopérer avec la partie distale (28) de ladite embase de projection (25) .

15. Appareil de projection (30) selon la revendication précédente, pour lequel le moyen de fixation (32) coopère avec l'embase (25) au moyen d'une interface comportant un fusible mécanique, ledit fusible comprenant une portion agencée pour rompre soudainement lorsqu'une contrainte mécanique déterminée est appliquée à ladite portion.

16. Appareil de projection (30) selon les revendications 14 ou 15, comportant en outre une chambre (33) sous pression, ladite chambre (33) coopérant solidairement avec une des extrémités de l'élément de guidage (31).

17. Système (100) pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse, comportant :
- un dispositif (20) pour l'ensemencement d'une cellule nuageuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 ;
 - un appareil de projection (30) selon l'une quelconque des revendications 14 à 16 agencé pour accueillir ledit dispositif (20);
 - un réservoir (40) de gaz agencé pour alimenter en gaz et mettre sous pression l'appareil de projection (30), ledit réservoir (40) coopérant fluidiquement avec ledit appareil de projection (30).





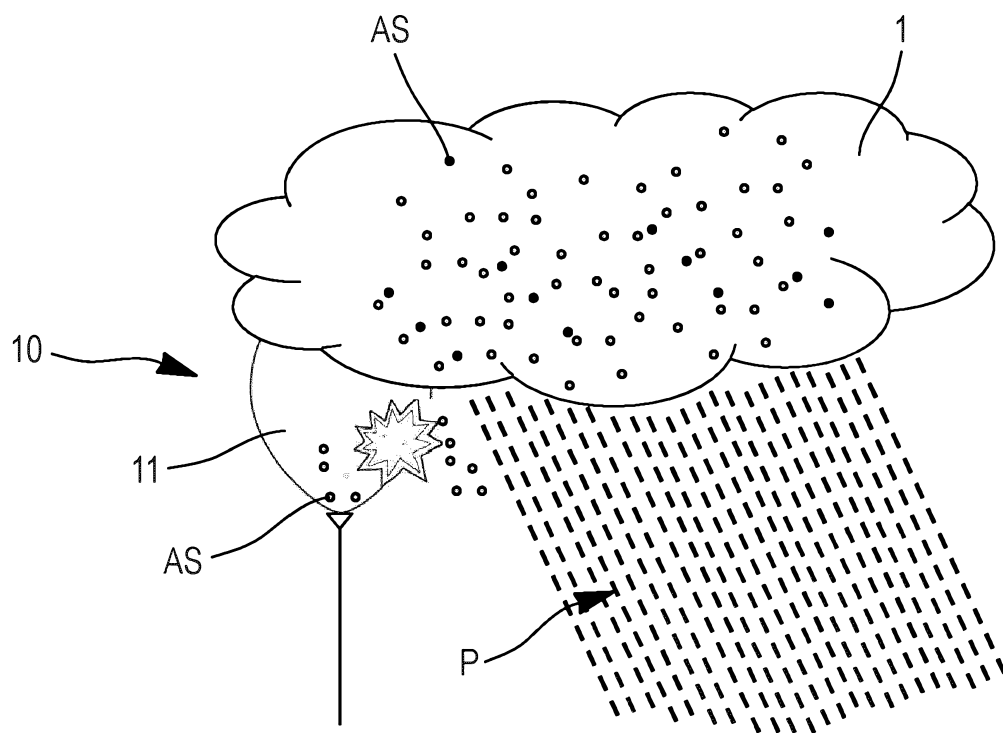


FIG. 4C

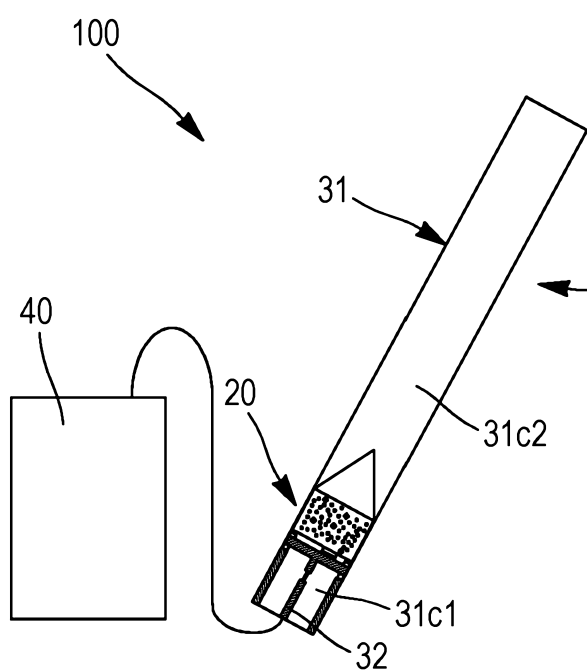


FIG. 5A

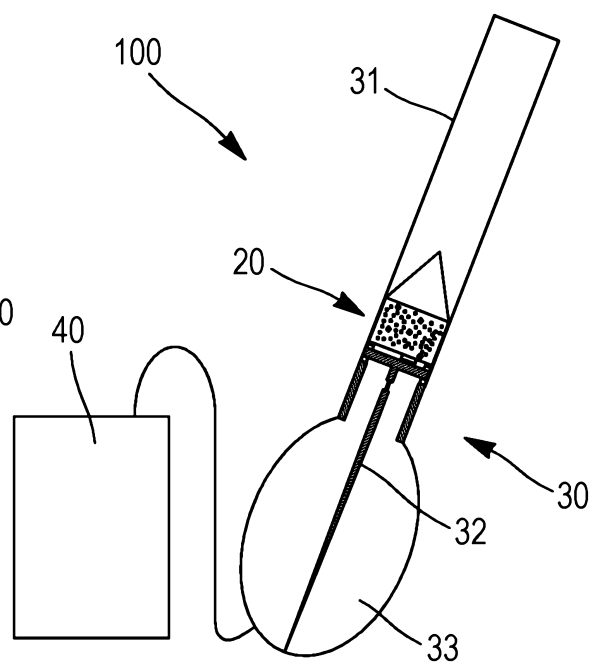


FIG. 5B

FIG. 6

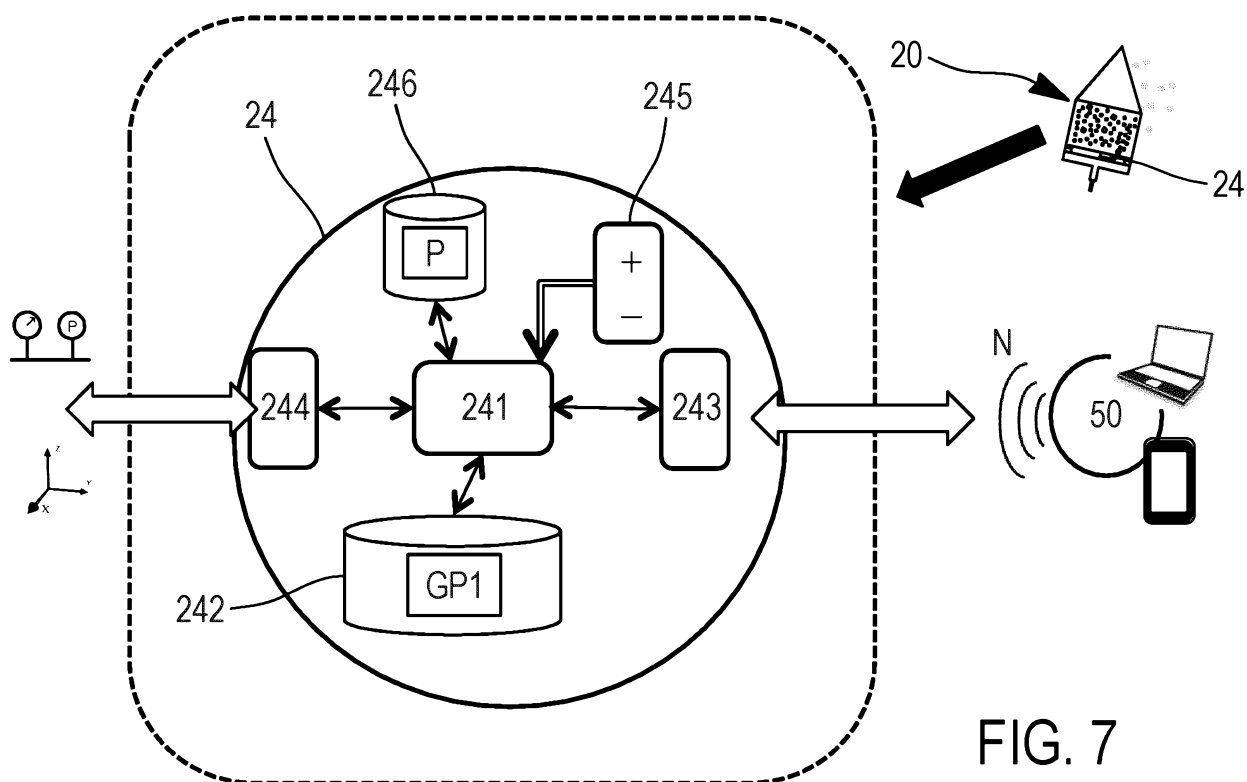
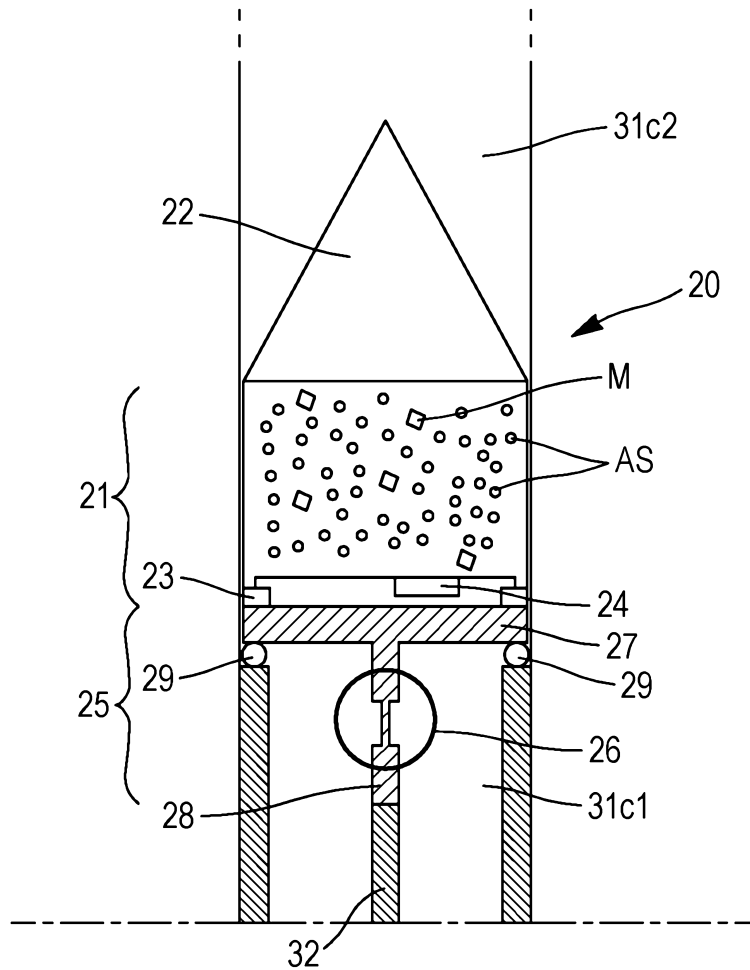


FIG. 7

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

WO 2009/095539 A1 (PATRIA LAND & ARMAMENT OY [FI]; REUNAMAEMI KARI [FI]) 6 août 2009 (2009-08-06)

US 3 362 915 A (FRANK MICEK) 9 janvier 1968 (1968-01-09)

WO 2013/078485 A1 (ECOSERV REMOTE OBSERVATION CT CO LTD [AM]; ARAKELYAN ARTASHES [AM]; HA) 6 juin 2013 (2013-06-06)

US 990 121 A (DRAKE FRANKLIN J [US]) 18 avril 1911 (1911-04-18)

CH 608 936 A5 (RIECKH BRUEDER AUTOWASCHBETRIE [AT]) 15 février 1979 (1979-02-15)

EP 2 465 339 A1 (PROTECCION ANTI GRANIZO S L SOC [ES]) 20 juin 2012 (2012-06-20)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT