

<b>Zeitschrift:</b>	Revue Militaire Suisse
<b>Herausgeber:</b>	Association de la Revue Militaire Suisse
<b>Band:</b>	86 (1941)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	De l'emploi du lance-mines dans le déclenchement artificiel des avalanches
<b>Autor:</b>	Gaberell, Paul
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-342035">https://doi.org/10.5169/seals-342035</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## De l'emploi du lance-mines dans le déclenchement artificiel des avalanches

---

Le déclenchement artificiel des avalanches, travail de caractère préventif, a déjà retenu l'attention des milieux civils et militaires.

En période de paix et au point de vue touristique, il faut non seulement maintenir praticables les routes et voies ferrées de montagne, mais il faut encore qu'elles le soient sans danger. Dans ce but, un gros effort a été fait dans notre pays pour construire des ouvrages d'art protégeant avec efficacité les voies de communication conduisant à nos stations de sport. Néanmoins, ces ouvrages fixes ne sont pas encore assez nombreux. Là où ils font défaut, on recourt aux différents moyens qui permettent de déclencher artificiellement les masses de neige présentant un danger pour la circulation. Le lance-mines est le moyen le plus employé.

Au point de vue militaire, celui qui nous intéresse ici, le nettoyage de pentes recouvertes de neige a plusieurs buts.

Il faut, d'une part, permettre à nos propres troupes d'atteindre un point donné. L'itinéraire pour y arriver passe soit au travers soit au pied de couloirs offrant un danger d'avalanches (fig. 1). Si, au point de vue tactique, on dispose d'un temps suffisant pour écarter ce danger, ce sera le plus souvent un lance-mines qui sera chargé de cette mission.

D'autre part, et les exemples de la guerre en montagne ne

manquent pas, on pourra contrecarrer avec succès l'intention de l'ennemi d'occuper tel point élevé avant que nos troupes y

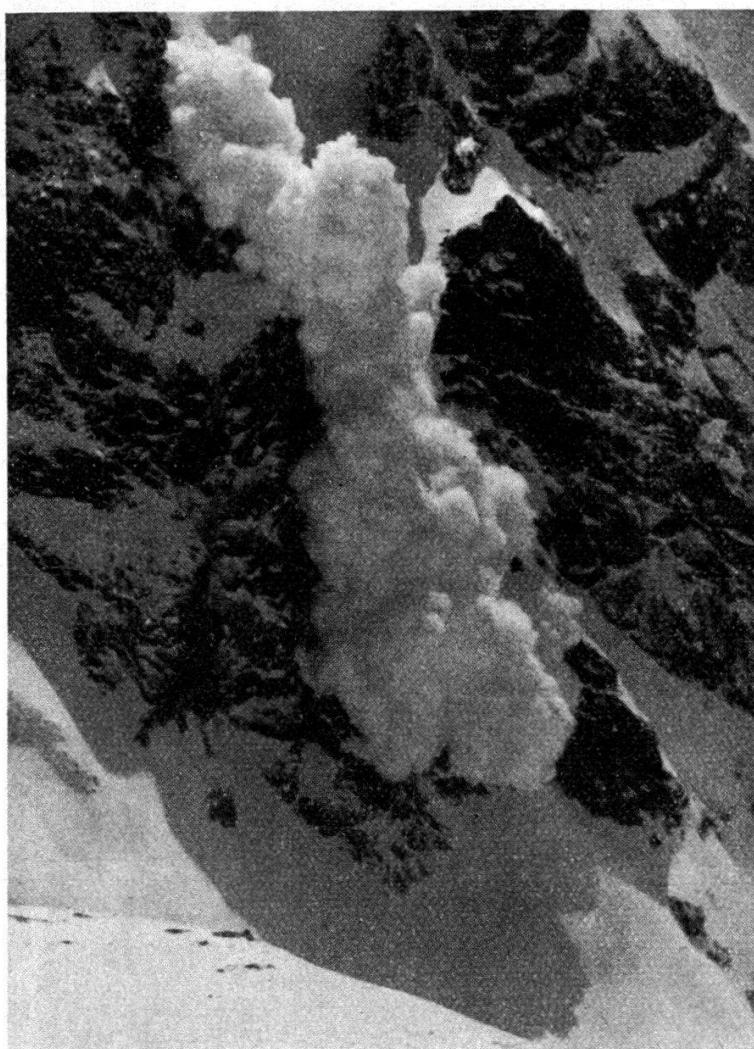


FIG. 1. — Avalanche déclenchée en haute montagne par un coup de lance-mines.  
Nettoyage d'un couloir au pied duquel passe un cheminement  
d'une grande importance stratégique.

soient elles-mêmes installées. Plus, on pourra même causer de lourdes pertes à celui-ci en déclenchant un tir au moment où il se trouvera engagé sur la pente dangereuse conduisant à l'objectif fixé.

On voit donc toute l'importance que peut revêtir une telle action.

La question tactique mise de côté, il est indispensable, pour effectuer avec succès un tir de ce genre, d'avoir une connaissance approfondie de nombreuses questions relevant de l'étude de la neige, de la formation des avalanches, de la technique de tir en montagne en général et de celle se rapportant au déclenchement des avalanches en particulier. Nous allons essayer d'en exposer l'essentiel pour ceux de nos camarades qui n'ont pas eu le privilège de suivre un cours d'avalanches d'armée.

#### L'ÉTUDE DE LA NEIGE.

Il n'est pas possible de parler de la neige sans faire intervenir à tout moment la question météorologique, celle-ci conditionnant l'état de celle-là.

Chacun sait que le flocon de neige est formé de cristaux de glace de forme hexagonale se joignant les uns aux autres dans leur chute. Suivant les conditions météorologiques qui règnent à proximité du sol au moment d'une chute de neige, celle-ci sera de qualité différente. Par basse température, elle sera poudreuse, offrant peu de résistance au pied ou au ski, tandis qu'elle sera soufflée, comprimée, si, en plus, il fait du vent. L'action du vent peut également transformer la neige poudreuse déjà tombée en neige comprimée. Par contre, par une température voisine de 0° centigrade, la neige sera collante, humide. Il est évident que de la qualité de la neige dépend son poids et que ces deux éléments entrent pour une grande part dans la formation et le déclenchement naturel ou artificiel des avalanches. Disons seulement qu'un mètre cube de neige poudreuse pèse de 50 à 100 kg., que la neige folle, — la plus légère — pèse de 25 à 50 kg., que la soufflée atteint, suivant la compression produite par le vent, de 100 à 500 kg. et que la plus lourde, la neige collante, peut accuser lorsque son degré d'humidité est élevé, un poids de 700 kg.

La métamorphose des cristaux de glace se produit peu après leur arrivée au sol. Si, lors de leur formation dans l'air, ils ont une surface relativement grande par rapport à leur volume, ils deviennent peu à peu arrondis, donnant pour finir à la vieille neige un aspect granuleux.

La transformation de la neige est grandement influencée par la température. Lorsque celle-ci est voisine de 0°, la métamorphose et par conséquent le tassemement d'une couche de neige s'effectuent beaucoup plus rapidement qu'à basse température.

La couverture de neige est formée de plusieurs couches tombant successivement au cours d'un hiver (ou pendant toute l'année dans les hautes altitudes), dans des conditions météorologiques différentes. De ce fait, cette couverture n'est pas homogène. Afin d'en connaître la composition, on procède à l'étude de sa résistance au battage, opération qui permet d'en dresser le profil stratigraphique. Pour ce faire, on place sur la neige une sonde graduée munie d'une pointe conique. Ce tube s'enfonce verticalement dans la couche de neige, par son propre poids, puis en laissant tomber le long d'une tige conductrice fixée au sommet de la sonde et d'une hauteur variant entre 10 et 60 cm. un poids d'un kilogramme ; une fois que l'enfoncement de la sonde est rendu plus difficile et devient inférieur à 1 cm. on remplace le poids d'un kg. par celui de trois kg. et on continue jusqu'à ce qu'on arrive au sol. Chaque opération est notée dans un protocole avec toutes les indications nécessaires (hauteur de chute du poids, hauteur d'enfoncement de la sonde, etc.), qui permettront de calculer la résistance de la neige au battage, en kilogrammes. Cette résistance représentée par  $W$  dans la formule ci-dessous est déduite du théorème suivant : le travail extérieur est égal au produit de la résistance de la neige multipliée par la hauteur d'enfoncement de la sondé, d'où la formule

$$Rh + (R + Q) \Delta = W \Delta$$

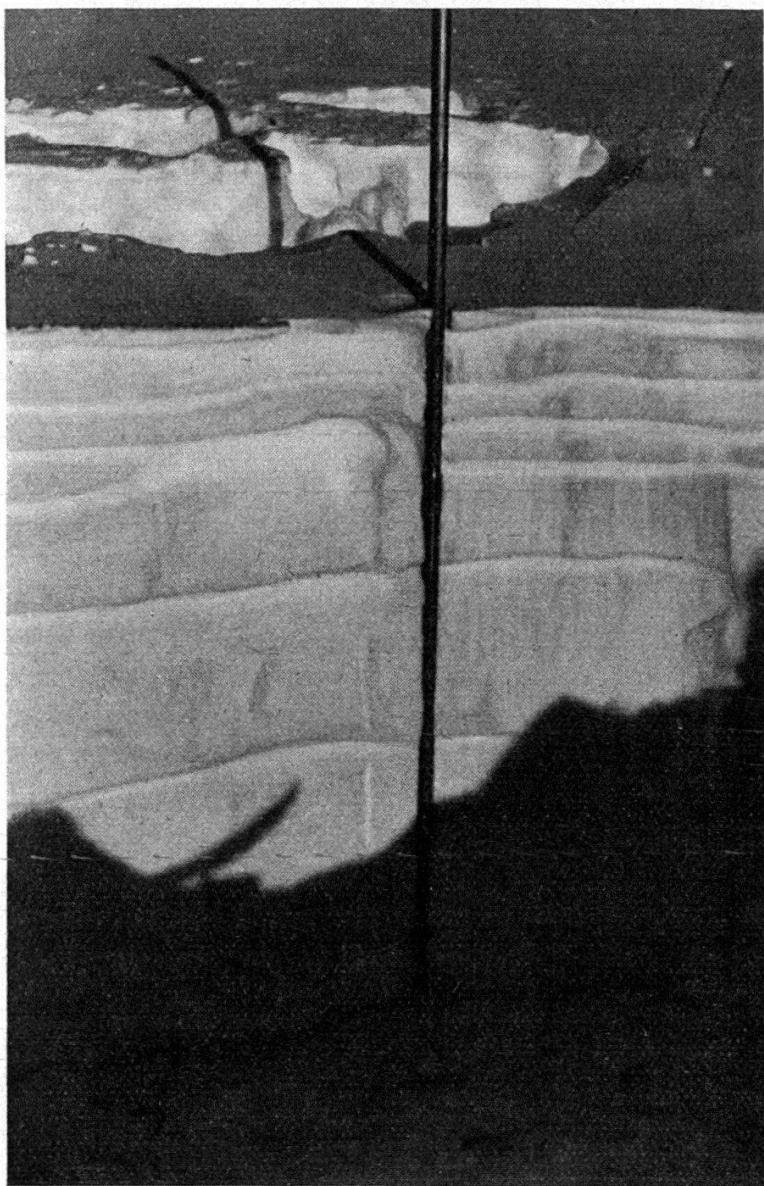


FIG. 2. — Etude des différentes couches de neige.

dans laquelle

$R$  = le poids mobile en kg. (il est donc égal soit à 1 soit à 3) ;

$h$  = hauteur de chute du poids mobile en cm. ;

$\Delta$  = hauteur d'enfoncement de la sonde, en cm. ;

$Q$  = poids de la sonde, en kg.

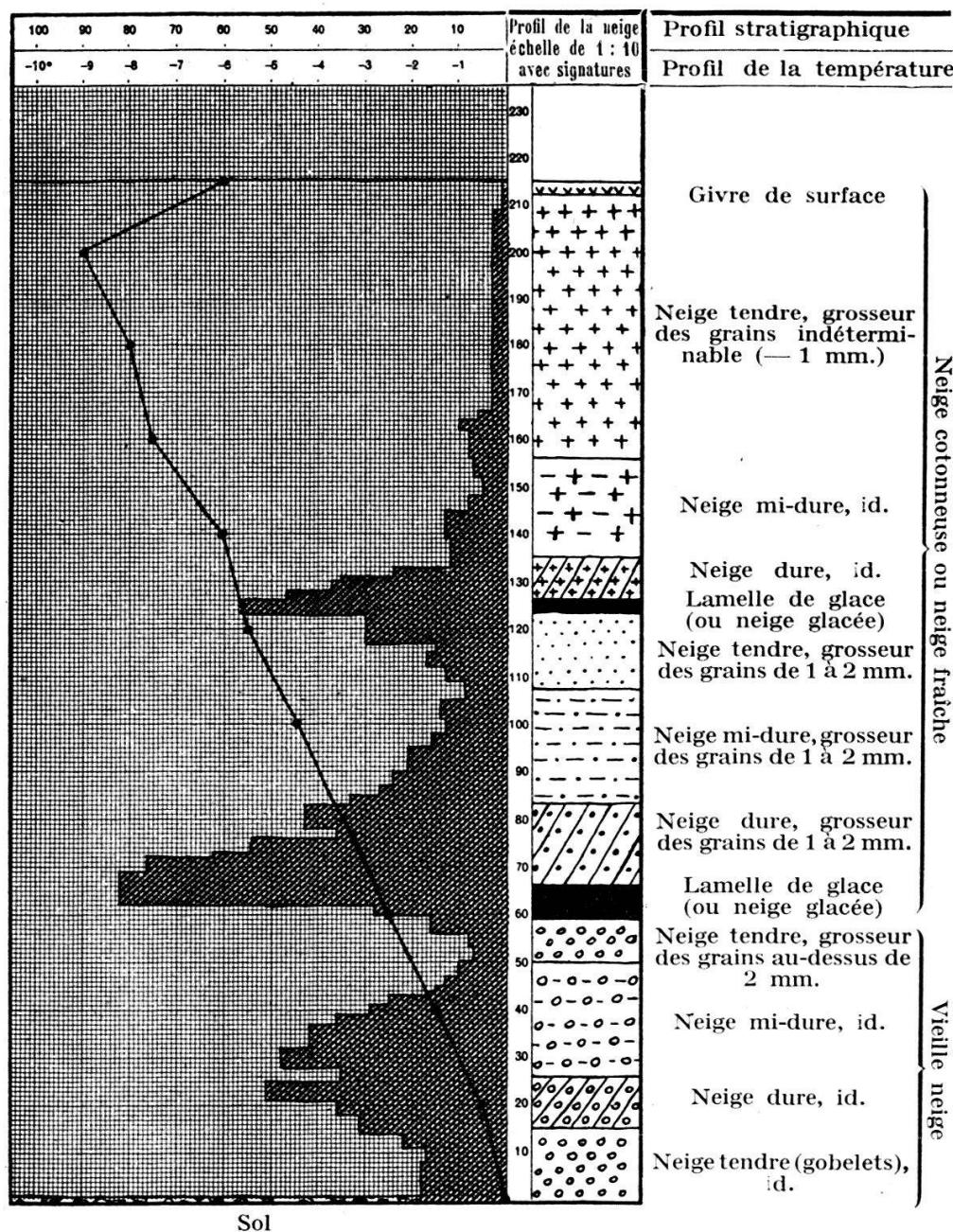


FIG. 3. = Profil stratigraphique  
indiquant la résistance de la neige au battage (surface sombre),  
la courbe de la température et les qualités des couches de neige  
(légendes de droite).

La sonde pèse 1 kg. et a une longueur d'un mètre : lorsqu'on a atteint cette profondeur, on fixe sur la première une deuxième sonde identique. Q est égal à ce moment à 2 et ainsi de suite.

Enfin, l'inconnue de la formule étant W, on la passe dans le premier membre de l'équation et, après modifications, on obtient

$$W = \frac{Rh}{\Delta} + (R + Q)$$



FIG. 4. -- La première phase d'une avalanche planche de neige : la cassure.

On creuse ensuite un trou allant jusqu'au sol à la hauteur de la sonde (fig. 2), puis, on mesure la température de la couverture de neige, du sol jusqu'en son sommet, de vingt en vingt centimètres. Enfin, on déterminera les différentes couches de neige (strates) et on étudiera leur qualité. Ces couches sont bien marquées sur la fig. 2. Ce travail est certainement celui qui demande le plus d'expérience. On classe la neige de chaque strate suivant la résistance qu'elle présente (tendre, mi-dure, dure), son degré d'humidité et la grosseur de ses grains.

Ce n'est qu'une fois tous ces éléments connus qu'il est possible de dresser le profil stratigraphique complet tel qu'on en trouve un modèle à la fig. 3 et qui permet d'évaluer la stabilité momentanée de la couverture de neige.

Après l'étude du conditionnement, il y a lieu de faire celle de la mécanique de la neige.



FIG. 5. — Quatre ou cinq obus de lance-mines ont suffi pour nettoyer cette grande surface de pente.

#### LA FORMATION DES AVALANCHES.

La théorie moderne classe les avalanches en deux types.

D'une part, la planche de neige (Schneebrett) (fig. 4 et 5) qui est de loin l'avalanche la plus fréquente et surtout la plus dangereuse. Son déclenchement est conditionné par le déséquilibre de certaines forces dont les principales sont les forces longitudinales caractérisées par le tassement et la reptation de la neige.

D'autre part, la coulée piriforme, composée de neige sans cohésion et dont seul le déséquilibre des forces de frottement — qui se manifestent également dans la planche de neige, — conditionne le déclenchement.

Voyons maintenant comment se créent ces différentes forces.

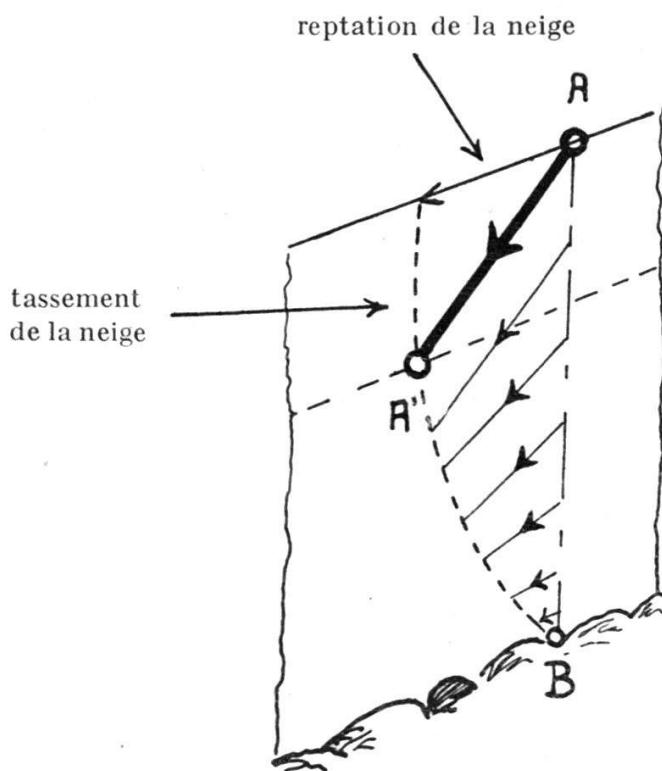


FIG. 6. — Coupe d'une couche de neige montrant son déplacement dans le temps.

#### *Les forces longitudinales.*

Lors du tassement de la neige dû à la métamorphose de celle-ci, une pression se manifeste en direction du sol ; son effort se donne perpendiculairement à la ligne de pente. Un autre phénomène, dépendant du tassement, se produit encore, mais parallèlement à la ligne de pente, c'est la reptation de la neige.

Deux forces agissent donc simultanément. Le déplacement

de la couverture de neige vers le bas en est leur résultante. Celle-ci est représentée par la droite A-A' sur la figure 6. Toutefois, ce déplacement est irrégulier. Il est conditionné par l'inclinaison de la pente et la qualité de la neige, éléments qui varient dans un terrain accidenté. Il en résulte, pour les différents points de la couche de neige, des vitesses de déplacement variables. Entre deux de ces points, il se crée des efforts longitudinaux. Pour mieux se représenter ce



FIG. 7. — Compression de la neige devant un obstacle.  
Cas typique montrant la plasticité de la neige.

résultat important, supposons que deux skieurs descendent encordés suivant la ligne de la plus grande pente. Au moment où le premier skieur arrive sur un plan plus incliné, sa vitesse augmente par rapport à celle de l'autre skieur et la corde se tend. Un phénomène analogue se produit dans la ligne reliant deux points de la surface neigeuse. Si le point inférieur rampe plus vite que le point supérieur, il en résulte un effort de traction dans la couche de neige. Si, par contre, le point inférieur se meut moins vite que le point supérieur, il en résulte une compression qui a pour conséquence un raccourcissement de la couche de neige.

On distingue donc, suivant la nature des efforts longitudinaux, des zones de traction et des zones de compression entre lesquelles se trouvent des zones neutres. Tandis que les premières se produisent généralement dans la partie supérieure de la pente, les deuxièmes se forment de préférence au bas des pentes ainsi que devant tout obstacle (fig. 7) qui occasionne un freinage du mouvement de reptation.

La plupart des sortes de neige — à part la neige coulante et la poudreuse — possèdent des propriétés de résistance à la traction et à la compression. Toutefois, si en un point quelconque, la limite de résistance est dépassée, l'équilibre est rompu. Il suffit souvent d'une entaille faite par la carre d'un ski ou d'un léger ébranlement de l'air par un son pour provoquer le décrochement de la planche de neige.

#### *Les forces de frottement.*

Dans de la neige sans cohésion, l'équilibre n'existe que par les forces de frottement, les forces longitudinales n'ayant qu'un effet stabilisateur restreint. Le problème est analogue à celui des tas de sable. Le frottement est suffisant pour garder l'équilibre jusqu'à un angle maximum. Toutes les additions supplémentaires de neige glissent. Pourtant, malgré la cohésion limitée, une surcharge supplémentaire est possible. D'après ce principe, il arrive que de grosses quantités de neige, dont le poids a dépassé la force de cohésion, rompent leur équilibre. Les avalanches de neige sans cohésion tombent, la plupart du temps, pendant ou après une chute de neige. Tout y est inconsistant, sans angles et sans arêtes aiguës.

\* \* \*

Le profil stratigraphique et la connaissance de la mécanique de la neige permettent, à celui qui reçoit l'ordre de nettoyer une pente de neige déterminée à un moment donné,

soit de trouver les points critiques sur lesquels il devra faire tomber ses projectiles afin de rompre l'équilibre de la couverture de neige, soit de dire que dans les conditions actuelles, sa mission est vouée à un insuccès certain et d'en donner les raisons.

Il ne suffit donc pas — à part quelques exceptions — d'apprécier une pente depuis une certaine distance et d'en déduire qu'elle offre ou n'offre pas un danger d'avalanches.

#### LA TECHNIQUE DU TIR EN MONTAGNE.

Le tir au lance-mines, facile en plaine, présente certaines difficultés en montagne. Elles sont dues à la diminution de la pression atmosphérique, aux différentes conditions météorologiques existant dans la couche d'air traversée par le projectile et au relief tourmenté de la plupart des champs de tir.

Certes, l'abaissement de la température, que l'on estime en moyenne à un degré centigrade par 200 mètres, ne peut avoir qu'une influence négligeable et peut être sans autre écartée.

Par contre, la différence de pression atmosphérique a une certaine importance.

En effet, prenons un cas que l'on est appelé à rencontrer fréquemment dans nos tirs en montagne et voyons quel est l'ordre de grandeur de l'allongement du tir dû à la raréfaction de l'air :

altitude pièce	1800	mètres
altitude but	2600	"
distance horizontale		
pièce — but	1000	"

La table des trajectoires est calculée pour des tirs à une altitude pièce de 400 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans notre exemple, la différence d'altitude est, par rapport :

à la pièce de	1400	mètres
au but de	2200	"
à la flèche de la trajectoire		
(charge 5) de	2800	"

La différence d'altitude totale est de 6400 mètres, ce qui donne, divisé par 3, une moyenne de 2130 mètres. On compte, pour une distance horizontale de 1000 mètres et avec la charge 5 un allongement du tir de 20 mètres par 900 mètres de différence de niveau. On arrive donc à  $2130 : 900 = 2,4 \times 20 = 48$  mètres. Certes, cela ne représente que le 4,8 % de la distance initiale et la dispersion moyenne en longueur est, dans le cas particulier de 2,2 %. Mais il nous est facile de trouver un exemple où l'écart sera plus grand, exemple qui correspond précisément à un tir pour le déclenchement artificiel d'une avalanche en haute montagne.

Plaçons notre pièce au point 3400, notre but à 4100 mètres ; la distance horizontale pièce-but étant de 1800 mètres, nous aurons, avec la charge 5, une flèche de 1200 mètres. La moyenne de la différence d'altitude est de  $4030 - 400$  soit 3630 mètres, ce qui donne un allongement du tir de 144 mètres ou de 8 % alors que la dispersion moyenne en longueur n'est, dans ce cas, que de 24 mètres ou de 1,33 %.

Qu'il nous soit donc permis de regretter que notre Règlement de l'infanterie de 1939 considère ce facteur comme quantité négligeable. En effet, dans sa cinquième partie, cahier a, il est dit au dernier alinéa de l'article 53 que « les changements du poids de l'air influencent si peu les trajectoires des projectiles de lance-mines qu'ils n'ont pas besoin d'être pris en considération ». Si cela est parfaitement exact en plaine, voire encore dans nos Préalpes, ça ne l'est pas, ainsi que nous venons de le démontrer, dans nos Alpes. Et chacun sait la place qu'elles occupent, aujourd'hui, dans notre système défensif.

Il est donc préférable de tenir compte, lorsque faire se peut, de la différence de pression atmosphérique. D'ailleurs, le temps supplémentaire que demande ce travail est inférieur à une minute pour tout chef de section qui connaît son métier. Enfin, les circonstances actuelles permettent d'une part — chacun a pu se familiariser avec le secteur qu'il aura en temps

de guerre — obligent d'autre part — nécessité d'économiser la munition — d'effectuer un premier tir avec le maximum de précision et le minimum de coups de réglage.

Il est une autre difficulté qu'il n'est pas possible de vaincre à l'aide de formules, du moins pour l'officier lance-mines. Même l'aide d'un anémomètre serait peu précieuse. En effet, les courants qui soufflent dans nos vallées alpestres et au-dessus de nos hauts sommets sont plusieurs, à des altitudes différentes, de sens et de vitesse variables. Ils ne manquent d'ailleurs pas de déjouer les calculs les mieux établis. D'autre part, il est fort difficile sinon impossible d'en déceler, la plupart du temps, la présence. Il n'existe qu'un seul moyen, à notre humble avis, pour en atténuer les effets. C'est de vouer tous ses soins dans la mise en position de la pièce, notamment dans l'ancrage au sol de la plaque de base et dans l'adoption des trajectoires. Creusons un trou assez grand et assez profond, éliminons tout ce qui pourrait en compromettre la stabilité, chargeons la plaque de base de sacs de sable ou de terre ou encore de gros cailloux. Tirons enfin avec la plus petite charge de manière à diminuer le plus possible la durée du trajet et la flèche de la trajectoire. On évitera ainsi le passage du projectile dans de nouvelles couches d'air et, par conséquent, dans de nouveaux courants.

Enfin, le relief varié de nos régions alpines rend souvent fort difficile l'évaluation du degré de pente et très délicate la correction en distance. L'établissement, à l'aide de la carte, d'une coupe du terrain sur lequel se trouvent les buts peut rendre de grandes services. Les angles de pente étant connus, on pourra corriger son tir, même par mauvaise visibilité, avec plus de sûreté. Le relief alpin oblige, bien souvent, d'abandonner le système classique de la fourchette — même de la petite — et d'adopter celui du tir par approche dont les corrections ne pourront pas être supérieures à 1 %. Dans la plupart des cas, les corrections seront même inférieures à ce chiffre.

Il est certain que l'établissement d'un croquis prend du temps. Mais au cours des longs mois passés au service actif, aucun de nous ne peut prétendre que le temps nécessaire lui a fait défaut.

#### L'EXÉCUTION D'UN TIR AU LANCE-MINES.

Tous les éléments dont il y a lieu de tenir compte pour déclencher artificiellement des avalanches ayant été passés en revue, voyons maintenant les phases successives de l'exécution d'un tir de ce genre.

##### *La mission.*

Elle consistera principalement à occuper avant l'ennemi un ou plusieurs points dominant un défilé. Si les pentes conduisant à ce ou ces objectifs présentent un danger d'avalanches, on requerra l'aide d'un lance-mines afin d'exécuter cette mission dans les meilleures conditions possibles.

L'officier qui sera chargé de cette tâche devra être exactement orienté sur la situation tactique telle qu'elle est connue de son chef. En plus, et ceci *dans tous les cas*, il devra être fixé sur les points particuliers suivants :

1. Itinéraire de la colonne.
2. Heure à laquelle la tête de la colonne pénétra dans le secteur dangereux.
3. Dispositif de marche prévu par le commandant de la colonne.
4. Effectif de la colonne.

Il est en effet nécessaire de connaître le cheminement prévu afin de délimiter le plus exactement possible le secteur qui sera traversé. D'autre part, il faut que les tirs soient terminés — en tout cas arrêtés — au moment où la tête de la colonne s'engage dans ce secteur. Le dispositif de marche

dépendra du temps dont le chef dispose et de l'effectif de la troupe. En conséquence, si la colonne est obligée de monter en ordre serré — temps limité — ou si son effectif est nombreux — l'un n'exclut pas nécessairement l'autre — il y aura lieu de pilonner au maximum le secteur. Par contre si les hommes peuvent garder une distance de cinquante ou de quatre-vingt mètres entre eux ou s'ils ne sont que quelques-uns, il suffira de tirer là où la limite de résistance de la neige sera près d'être atteinte.

D'autres missions peuvent encore se présenter, notamment dans la marche d'approche. Avant qu'une troupe soit au contact de l'adversaire, un nettoyage de pente peut déjà s'avérer nécessaire, pour permettre le passage d'un secteur où il y a danger d'avalanches.

#### *L'organisation et le travail de la patrouille.*

Pour fournir un travail effectif il est nécessaire de procéder à une sélection afin d'avoir une patrouille bien entraînée et d'une homogénéité parfaite. Les efforts à donner étant très grands, il faut qu'une saine camaraderie règne au sein de ce détachement.

Il est préférable de scinder la patrouille en deux groupes : 1<sup>o</sup> un officier, un ordonnance de combat, trois ou quatre hommes formés à l'étude des avalanches ; 2<sup>o</sup> un excellent sous-officier accompagné de cinq ou six hommes qui amèneront pièce et munitions sur les lieux.

Dès que l'officier aura pris connaissance de sa mission, il reconnaîtra, à l'aide de la carte, son cheminement, il indiquera à son second groupe l'axe de marche, puis il partira, emmenant avec lui les hommes de son détachement.

Arrivé sur place il fixera l'emplacement de la pièce, enverra à la rencontre du groupe-pièce l'ordonnance de combat afin que celui-ci lui serve de guide. Une rapide étude de la couche de neige sera faite par les hommes tandis que l'officier dessinera

une coupe de la pente — s'il ne la possède pas encore — et pourra ainsi déterminer les zones de traction et de compression. Ces facteurs connus, il pourra préparer tous les éléments de son tir.

La pièce qui, pour le transport, a été solidement fixée sur une luge canadienne, sera immédiatement mise en position à l'endroit indiqué.

*Les mesures à observer pendant le tir.*

Le déclenchement d'une avalanche au moyen d'un pétard présente un danger immédiat pour l'homme lançant l'explosif. Ce danger n'existe pas dans le tir au lance-mines. Néanmoins il y a quelques précautions à observer dont certaines sont élémentaires et qu'il y a lieu de prendre chaque fois que cela est possible. Il faut notamment :

1. placer le lance-mines en dehors du cône de déjection. Pour déterminer ce dernier, il faut tenir compte du relief du sol ;
2. faire attention de ne pas se placer au pied d'une pente présentant elle-même un danger d'avalanches, le seul bruit causé par le tir pouvant rompre, ainsi que nous l'avons vu, l'équilibre de la résistance de la neige ;
3. contrôler avant le départ de chaque coup, si l'intérieur du tube est propre. Par basse température, il peut se créer une condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air et empêcher ainsi l'obus de glisser normalement jusqu'au fond du tube ;
4. protéger les relais de poudre et les cartouches de chasse de l'humidité et du froid. Un relai humide ou gelé peut ne pas s'enflammer. Le meilleur moyen est de placer ces objets dans les poches du chargeur et de l'aide-chARGEUR en faisant attention de ne pas y introduire également de la neige ;
5. faire le service de parc très soigneusement en employant une huile dont le point de congélation est bas.

Bien que l'obus doive toujours être tiré avec une fusée instantanée (M. Z.), il se peut que celui-ci pénètre dans la couche de neige et que son éclatement se faisant à l'intérieur de celle-ci ne puisse être observé. La langue allemande permet d'exprimer d'une manière très suggestive ce coup en le nommant « Kellerschuss » et que nous traduisons en français par « coup de caverne ». Dans un cas pareil, il est préférable de tirer un deuxième, voire même un troisième obus, avec les mêmes éléments.

\* \* \*

Les cours d'avalanches qui ont lieu cet hiver dans nos unités d'armée permettront à chacun de se familiariser avec ces questions qui n'ont été qu'esquissées dans cette petite étude. Il y a là un programme de travail très intéressant tant pour le chef que pour l'homme. Mais il y a aussi la possibilité d'augmenter toujours davantage les moyens de notre armée au combat.

Et n'est-ce pas là notre but à chacun ?

Plt. PAUL GABERELL.

---