



Connaissance de la neige et des glaciers

Nivologie

Skis 1 : Connaissance de la neige (Nivologie) et des glaciers

Date dernière mise à jour: 10 décembre 2018

Par: JF Grammont (ACM)

Contributeur(s) : Alain Serrado (ACD),
Crédits photos : JF Grammont, Alain Serrado,





Sommaire

1- La neige, formation et évolution

2- Propriétés physiques de la neige

3- Les avalanches

4- Connaissances des glaciers



La neige, formation et évolution

1- Processus de condensation :

Les cristaux de neige naissent et se développent au sein des nuages dans lesquels des gouttelettes d'eau peuvent rester **liquides** à des **températures nettement $< 0^{\circ}\text{C}$** (Surfusion)

Sous l'action de certaines particules en suspension dans l'air, (particules salines, sables) appelées noyaux de congélation, et s'il fait suffisamment froid (-10°C au moins), les gouttelettes d'eau se transforment en particules de glace à partir desquelles vont se développer les cristaux de neige (ou germes).

Puis, de la vapeur d'eau se **condense** directement sous forme de glace sur ces germes microscopiques. C'est alors la phase de croissance des cristaux de neige. Leur taille croît de quelques microns à quelques millimètres et leur forme dépend essentiellement de la température à laquelle ils se développent.

Lorsque **leur poids** est suffisant pour vaincre les mouvements ascendants de l'air, ils tombent vers le sol. La vitesse de chute est d'abord très faible (1 à 2 mm/sec), pour s'accélérer progressivement (20 à 30 cm/sec à l'atterrissage).

Pour autant, la chute de neige n'est pas encore assurée. Le destin des cristaux de glace va dépendre de la **température de l'air lors de la chute**. Par température > 0 , nous aurons de la pluie ; par température < 0 , nous aurons des flocons, formés de cristaux +/- enchevêtrés.



La neige, formation et évolution

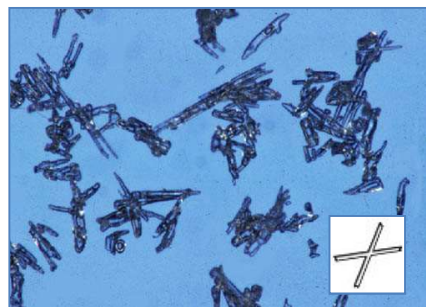
2- La neige fraîche

Cristaux précipités

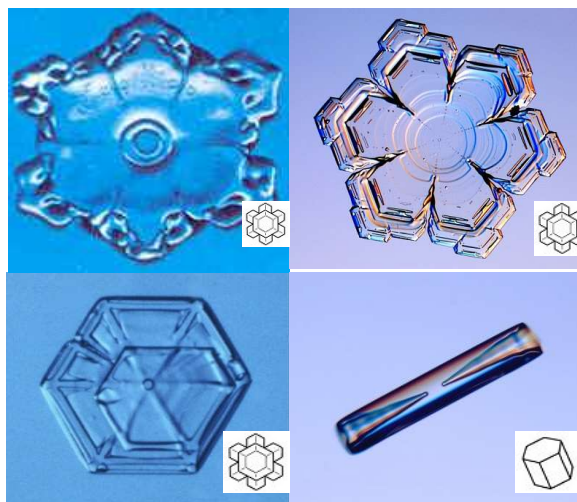
La forme des cristaux de neige fraîche dépend essentiellement de la **température** à laquelle leur **croissance** s'est effectuée au sein du nuage. Ils peuvent prendre des formes allongées (aiguilles, colonnes) ou des formes planes (plaquettes). La forme plane la plus courante est **l'étoile** et une température de -15°C dans le nuage est nécessaire pour son obtention. Presque tous les cristaux de glace ont une structure hexagonale. Dans cette structure, les molécules d'eau (H_2O) se rassemblent en hexagones empilés les uns sur les autres.



neige fraîche



aiguilles



plaquettes

Colonne



étoile givrée



La neige, formation et évolution

Cristaux non précipités

Il convient de citer 2 autres cristaux solides qui ne proviennent pas des nuages mais auxquels les montagnards sont souvent confrontés :

le **givre de surface** qui est formé à la surface de la neige après une nuit claire et froide (c'est ce que le skieur appelle communément « la neige pailletée »)

le **givre opaque**, dépôt de glace très dense, qui se forme sur des objets (câbles, pylônes) ou des végétaux noyés dans le brouillard et exposés au vent avec des aspects de « flammes » orientées dans la direction d'où est venu le vent.



givre de surface « neige pailletée »

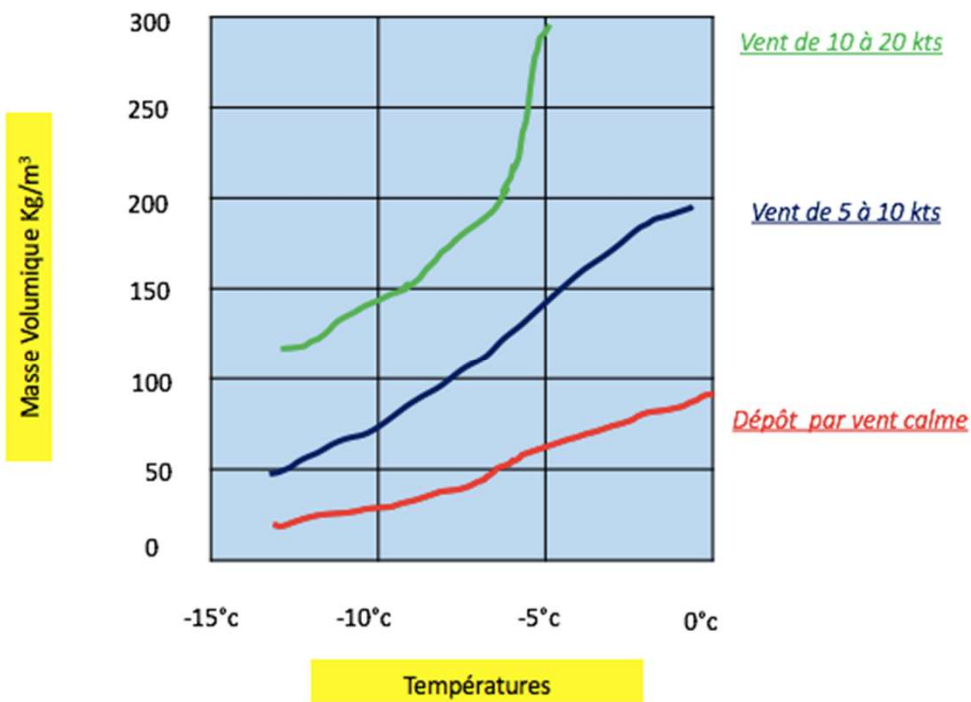


givre opaque



La neige, formation et évolution

3- Influence des conditions atmosphériques au cours des chutes de neige (vent) :



Pour une température de -5°C :

Par **vent calme**, la densité sera de

55 Kg/m³

Avec un vent de 8 kt, la densité sera de

140 Kg/m³



La neige, formation et évolution

4- Evolution et métamorphoses de la neige au sol :

La neige est un matériau "vivant". Les cristaux de neige, de leur accumulation au sol à leur fonte, vont se transformer sous les effets conjugués de paramètres météorologiques comme le vent, la température, l'humidité, l'ensoleillement, la pluie.

Ces transformations – ou **métamorphoses** (signifiant : changement de forme) – sont continues. Lorsque la température de la neige est $< 0^{\circ}\text{C}$, les cristaux de neige fraîche évoluent vers des formes granuleuses, arrondies ou anguleuses, dont le diamètre varie de 0,2 à 2mm en moyenne.

Au moment de la fonte, la température de la neige est de 0°C . L'eau liquide, présente dans la neige à cet instant, transforme les grains de neige en gros grains arrondis.

Première phase : Destruction

Toute précipitation de neige passe par cette **phase destructrice** durant la chute et l'arrivée au sol.

Le changement de forme des belles étoiles tombées du ciel est provoqué par 2 acteurs mécaniques :

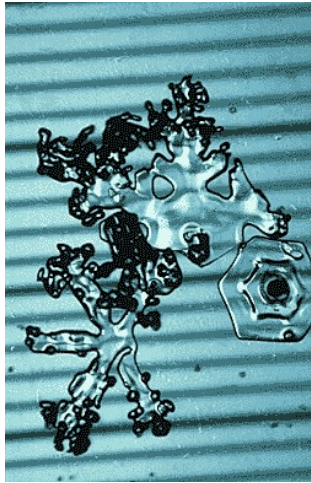
- Le **poids** des couches de neige supérieures qui contribue à la fragmentation et à la destruction des couches inférieures non transformées.

- Le **vent** qui a une action semblable (et même accélère cette action).

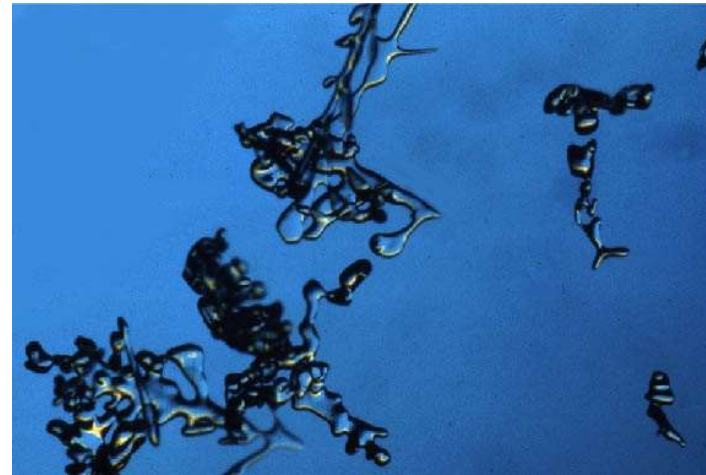
Dans les 2 cas, les grains de neige deviennent plus petits et tiennent moins de place dans un même volume. La couche de neige s'est tassée et sa densité a augmenté (150 à 200 kg/m^3 contre 100 kg/m^3 en moyenne pour la neige fraîche). On obtient alors des grains appelés **particules reconnaissables**, car les formes initiales de l'étoile sont encore identifiables mais fortement émoussées, de plus petite taille et ayant perdu presque toutes leurs ramifications.



La neige, formation et évolution

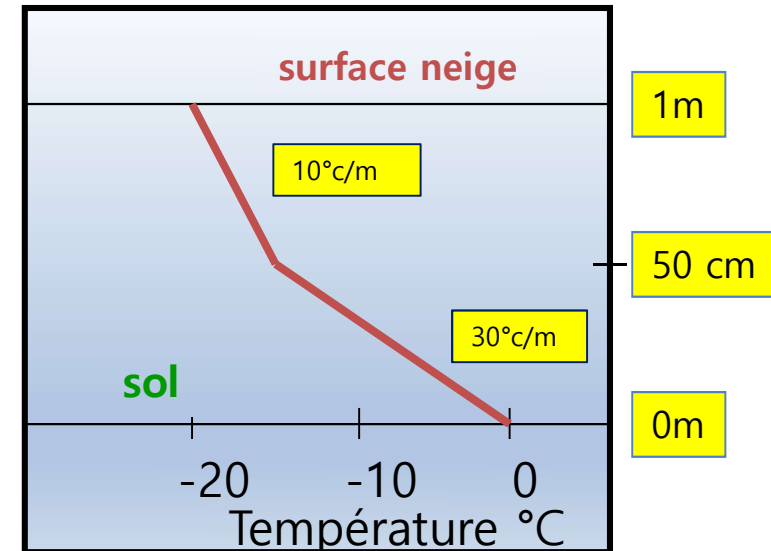


Particules reconnaissables



Gradient de température

Le destin des *particules reconnaissables* va dépendre essentiellement de la température qui règne au sein du manteau neigeux. En allant du haut vers le bas, les températures généralement croissent de façon plus ou moins régulière pour atteindre 0°C à la base du manteau neigeux (c'est souvent le cas en raison du réchauffement provoqué par le **flux géothermique** de la terre).



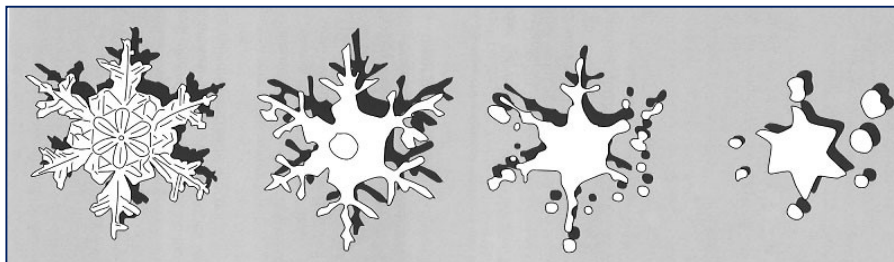


La neige, formation et évolution

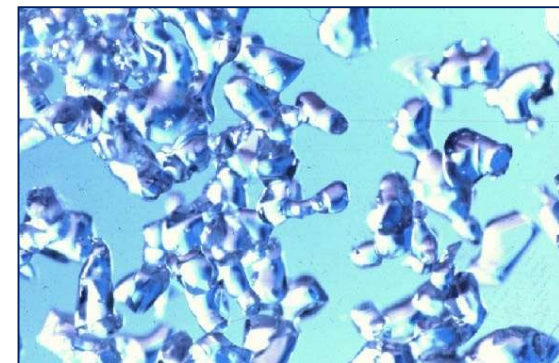
La métamorphose de faible gradient de température (métamorphose destructive) ($G < 5^{\circ}\text{C/m}$; faibles écarts de température)

Quand, pendant une assez longue période, la température à la surface de la neige reste faiblement négative (avec par exemple de faibles amplitudes entre le jour et la nuit) ou lorsque le manteau neigeux est très épais, les différences de température au sein du manteau neigeux sont assez faibles. Dans ce cas, la neige subit une **métamorphose de faible gradient**.

Les **particules reconnaissables** vont alors s'arrondir (disparition des pointes, comblement des creux). La taille des grains devient relativement uniforme et nettement inférieure au mm. Les cristaux obtenus sont **des grains fins**. (c'est ce genre de cristaux qu'on trouve dans la neige de piste damée ou dans celle qu'on peut découper en blocs pour construire un igloo)



métamorphose de faible gradient



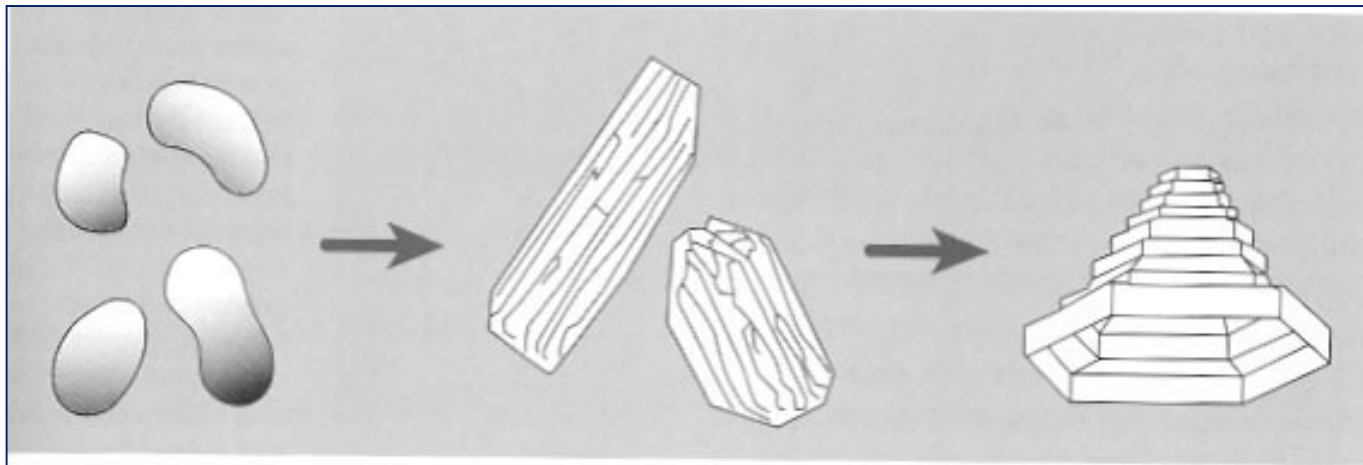
grains fins (0,1 à 0,3mm)



La neige, formation et évolution

La métamorphose de moyen ou fort gradient (métamorphose constructive) ($5^{\circ}\text{C/m} < G < 20^{\circ}\text{C/m}$) (moyen à gros écarts de température)

Les cristaux de neige évoluent en **cristaux à faces planes** puis en **gobelets creux** si le gradient est suffisamment fort. Les grands cristaux deviennent toujours plus grands et les petits se dissolvent. Cette modification entraîne une perte de résistance de la couche de neige métamorphosée. Cela se déroule surtout durant la première partie de l'hiver, dans les zones à l'ombre, là où l'épaisseur de neige est faible. Les longues périodes de ciel clair constituent également un facteur favorable.



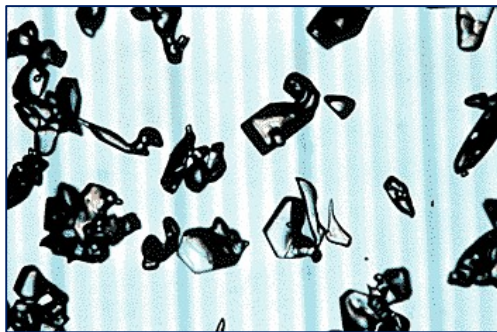


La neige, formation et évolution

La métamorphose de moyen gradient de température ($5^{\circ}\text{C/m} < G < 20^{\circ}\text{C/m}$) (moyen à gros écarts de température)

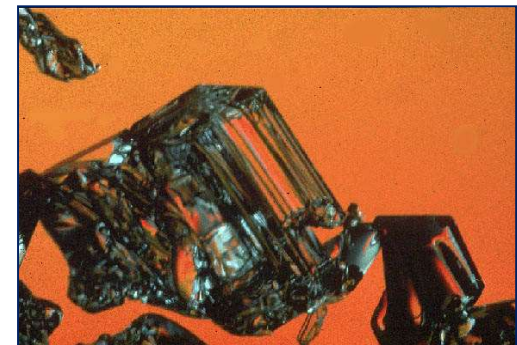
Si la température à la surface de la neige reste fortement négative pendant une assez longue période et que, de surcroît, le manteau neigeux est relativement peu épais, les différences de température seront importantes au sein du manteau neigeux. Dans ce cas la neige subit une **métamorphose de fort gradient**. Ce gradient de température provoque des phénomènes assez complexes de diffusion de vapeur d'eau de grain à grain, et toujours du plus chaud vers le plus froid.

Un important changement de forme des cristaux se produit. Ceux-ci deviennent anguleux avec apparition de petites facettes. On les appelle **grains à face plane**. Si la transformation dure assez longtemps et si le gradient de température est assez fort, ces cristaux vont grossir et prendre la forme de pyramides creuses à faces striées ; leur taille peut devenir de l'ordre de 5 à 6mm de diamètre. On les appelle **gobelets** ou encore **givre de profondeur**.



Grains à faces planes
diamètre 0,4 à 0,6 mm
et de masse volumique
250 à 350 kg/m³

Gobelets





La neige, formation et évolution

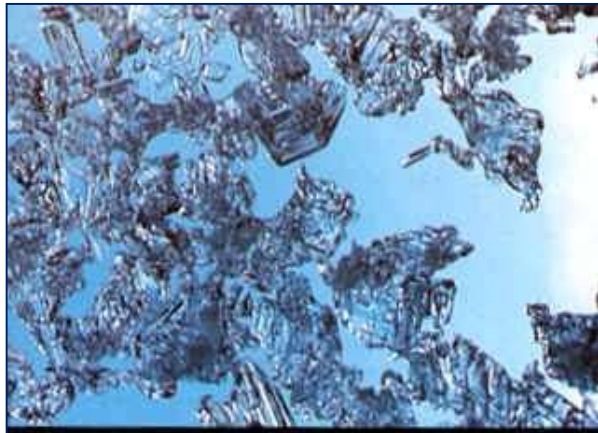
La métamorphose de fort gradient de température ($G > 20^{\circ}\text{C/m}$) (gros écarts de température)

Les **gobelets** constituent une couche de **neige sans cohésion**, très peu compressible et sa consistance toute particulière est aisément reconnaissable (sugar snow).

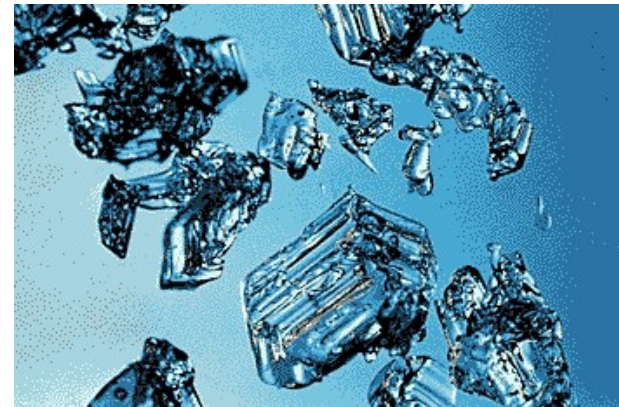
La **métamorphose de fort gradient** a un effet néfaste sur la stabilité de la neige. Sous de nouvelles couches de neige, une strate constituée de gobelets risque fort de s'effondrer (par exemple au passage de skieurs), jouant le rôle de roulement à billes car c'est un édifice très instable.

Froid et faible épaisseur favorisent ce genre de métamorphose. C'est donc en début d'hiver dans les versants à l'ombre que l'on aura le plus de chances d'avoir des **gobelets**.

La combinaison de ces 2 éléments est une situation favorable au déclenchement d'avalanches accidentelles.



Gobelets





La neige, formation et évolution

Stade final : La métamorphose de fonte

Les processus de transformation précédemment décrits ne concernent que la **neige sèche** (qui ne contient pas d'eau liquide). Dès que la température de la neige atteint 0°C, de l'eau liquide apparaît. Son évolution est différente et nous sommes en présence de métamorphose de la **neige humide**.

C'est le stade final de la fonte définitive de la neige.

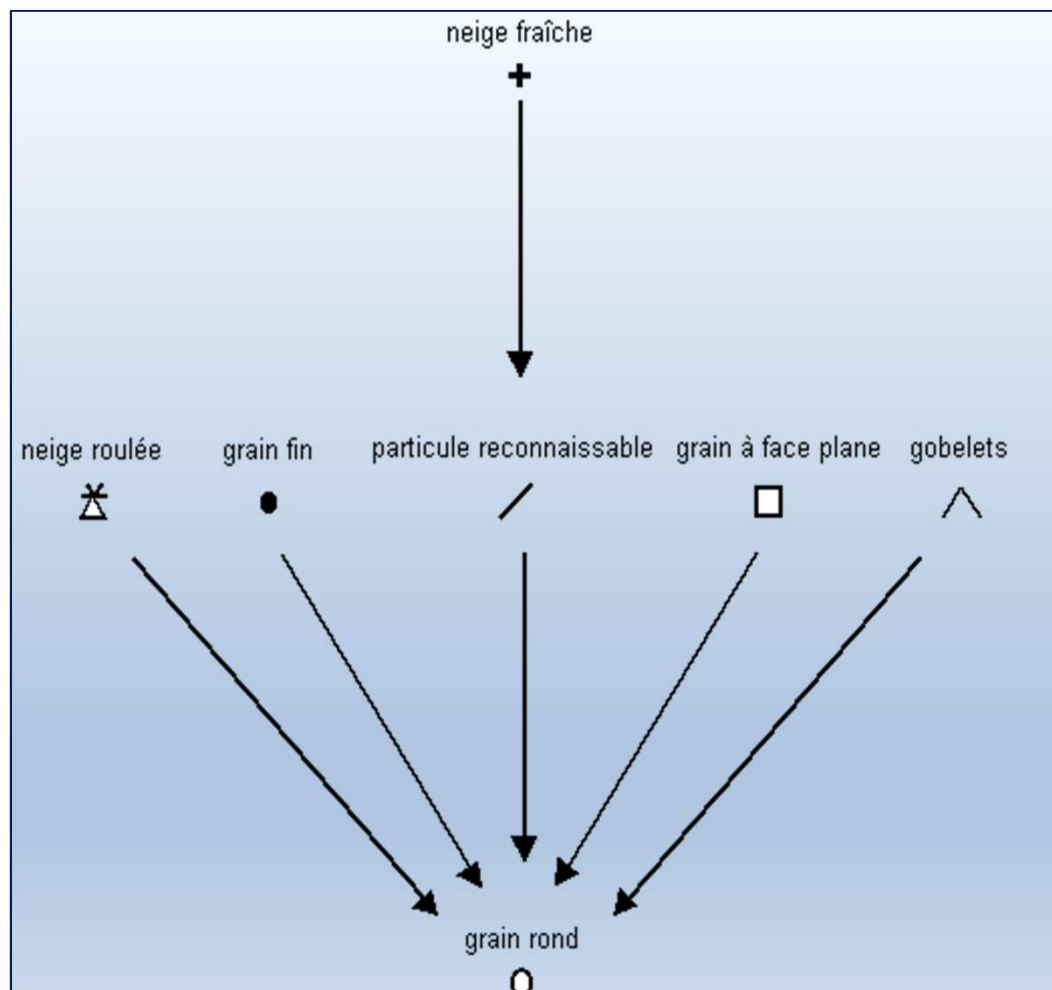
L'eau liquide provenant de la fusion des grains de neige les plus petits, sous l'action du soleil ou de la pluie, entoure les grains les plus gros ; ceux-ci s'arrondissent et grossissent encore. Plus l'eau liquide est abondante, plus le phénomène est efficace et rapide. On obtient alors des **grains ronds** aux diamètres variant entre 0,6 et 2 mm. Cette métamorphose peut concerner tout type de grain ; c'est la seule que peuvent subir les gobelets.





La neige, formation et évolution

Symboles de la neige et
Schéma synthétique des
métamorphoses de la neige





Propriétés physiques de la neige

1- Définitions :

Structure de la neige

La neige est un **mélange structuré à 2 ou 3 phases** : **solide** (glace), **gazeuse** (air saturé en vapeur d'eau) et éventuellement **liquide** (eau). Les échanges entre ces phases sont donc permanents et souvent importants (métamorphoses). Ainsi, ce que l'on appelle la neige ne recouvre pas un matériau précis mais tout un ensemble de matériaux dont les caractéristiques peuvent varier de façon importante.

Masse volumique

La masse volumique de la neige fraîche se situe entre **20 et 200 Kg/m³**. Elle croît avec le vent et la température au moment de la chute. On pourra prendre comme valeur moyenne de 100 Kg/m³ ce qui présente l'avantage d'avoir l'équivalence simple de **1 mm d'eau = 1 cm de neige**. Par la suite, cette neige se tasse et atteint des valeurs de **500 Kg/m³** en fin d'hiver au moment de la fonte. On peut noter des valeurs nettement supérieures dans les dépôts d'avalanches **700 Kg/m³**.

Température

La température de la neige est évidemment négative. Elle est strictement négative lorsque la neige est sèche (2 phases). Elle est nulle quand la neige contient de l'eau (3 phases). Enfin, à cause des propriétés thermiques de la neige (isolant), la température de la base du manteau neigeux est toujours très proche de 0°C.

Teneur en eau liquide (TEL)

Ce paramètre est très important pour décrire l'état de la neige et donne la proportion de la phase liquide présente dans la neige.



Propriétés physiques de la neige

2- Propriétés mécaniques de la neige :

Les cohésions de neige

Cohésion de feutrage

Durant leur chute, les cristaux de glaces s'enchevêtrent entre eux (par leurs dentrites). Cet enchevêtrement génère une **cohésion dite de feutrage** qui permet à la neige de s'accrocher sur des pentes très raides.

Cohésion de frittage

La cohésion de **frittage** est celle (par exemple) provoquée par le passage du skieur. En effet, le passage du ski crée un frottement qui provoque un échauffement des cristaux de neige en contact. Lors de ce frottement, la neige change d'état sous l'effet de la température et met environ une minute pour retrouver son état initial. Les cristaux se caractérisent par la présence de soudures entre eux (ou ponts de glace). On peut également avoir du **frittage** avec du vent (frottement des cristaux entre eux).

Cohésion de regel

Lorsqu'il y a gel de l'eau liquide présente dans la neige, les grains se soudent. Pour cela, il faut que la **TEL** ait été suffisamment importante, ce qui va de paire avec une métamorphose de fonte. Cette cohésion est la meilleure.



Propriétés physiques de la neige

Tassement, compression et traction

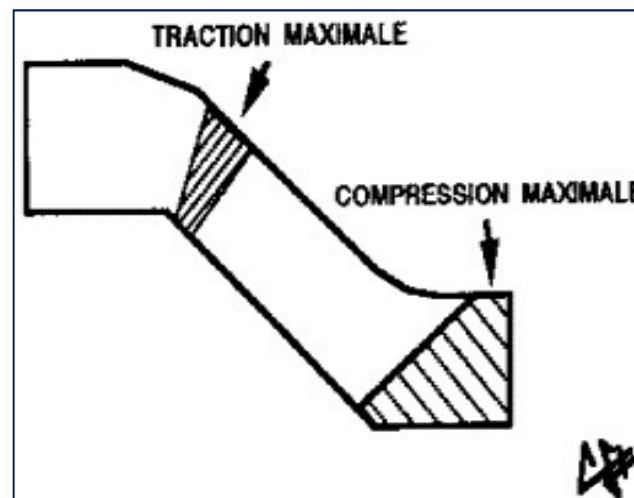
Le **tassement** de la neige s'opère naturellement dans une couche de neige :

- Dans les couches profondes, sous le poids des couches supérieures
- Dans l'ensemble du manteau neigeux sous l'effet des **métarmorphoses**.

Pour des neiges fraîches, on peut constater des tassements naturels de l'ordre de 15 à 20 % de la couche en 24 h.

La compression et le tassement de la neige lui confèrent une plus grande résistance à l'usure (damage des pistes de skis mais aussi des pistes d'avion comme Méribel ou Megève)

La neige résiste assez bien à la **compression** mais très mal à la **traction**. Sur les pentes, les zones de **convexité** sont des zones de **traction** et les **concavités** sont des zones de **compression**. La neige est donc un matériau compressible et ceci, d'autant plus qu'elle est récente et de masse volumique faible.





Propriétés physiques de la neige

Glissement et reptation, forces de frottement :

La neige est un matériau qui évolue au cours du temps. Au printemps, le manteau neigeux humidifié et lourd peut glisser lentement sous l'action de son poids. On parle alors de **reptation nivale**. On peut voir des bourrelets et des formes arrondies se développer sur la neige dans les zones inclinées. La reptation peut avoir pour effets l'arrachement de matériaux du versant, le lissage (raclage) ou encore de griffures.



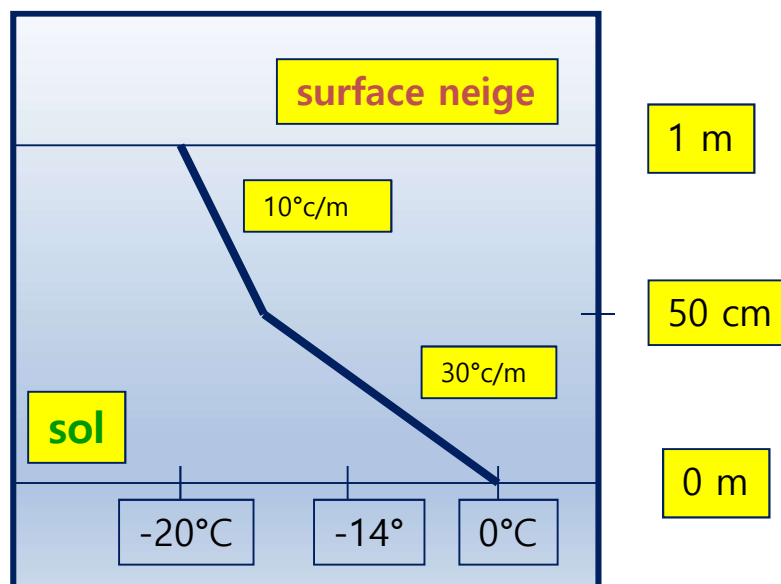
La **stabilité du manteau** neigeux est assurée tant que les forces qui le retiennent (frottement sur le sol ou frottement entre les couches de neige elle-même) sont supérieures aux forces qui tendent à le faire glisser (poids + pente). Si ces **forces motrices** augmentent ; nouvelles chutes de neige, humidification du manteau neigeux, surcharge par un skieur ; le manteau neigeux se met en mouvement : **c'est l'avalanche**.



Propriétés physiques de la neige

3- Propriétés thermiques de la neige :

On s'intéresse ici à la neige froide sans phase liquide. La principale caractéristique thermique de la neige est d'être un bon **isolant** ce qui s'explique très bien par le fait que c'est un matériau très **poreux**.



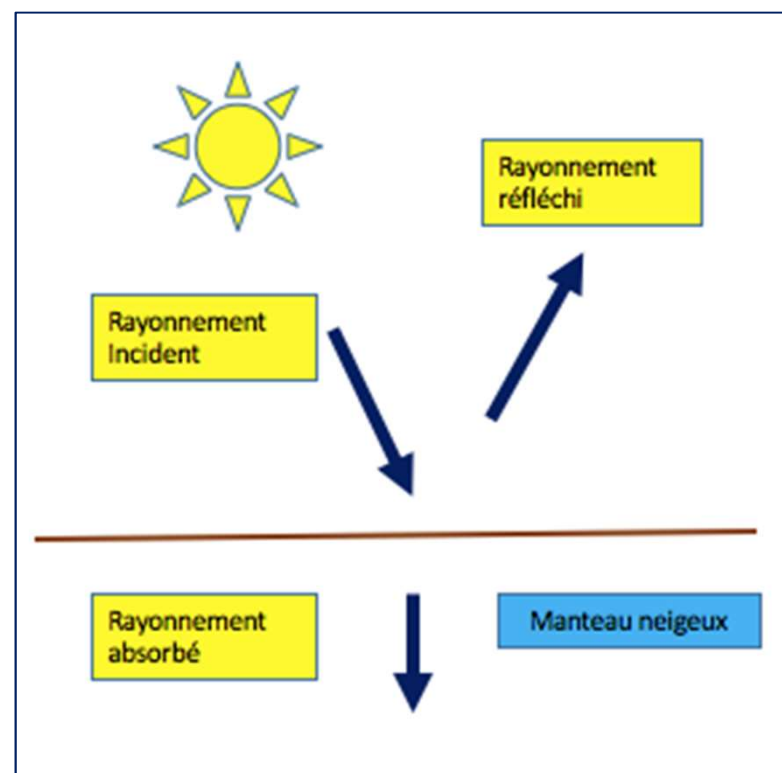


Propriétés physiques de la neige

4- Les échanges neige/atmosphère :

Rayonnement solaire

La neige bénéficie le jour du rayonnement solaire qui contient les rayonnements **UV**, **visibles** et **infrarouges**. Le manteau neigeux renvoie vers l'atmosphère une grande partie de ces rayonnements. L'UV et le visible sont fortement réfléchis (90%) alors que le proche infrarouge l'est faiblement (30%). Ces valeurs dépendent de la grosseur des grains de neige et de la pollution.



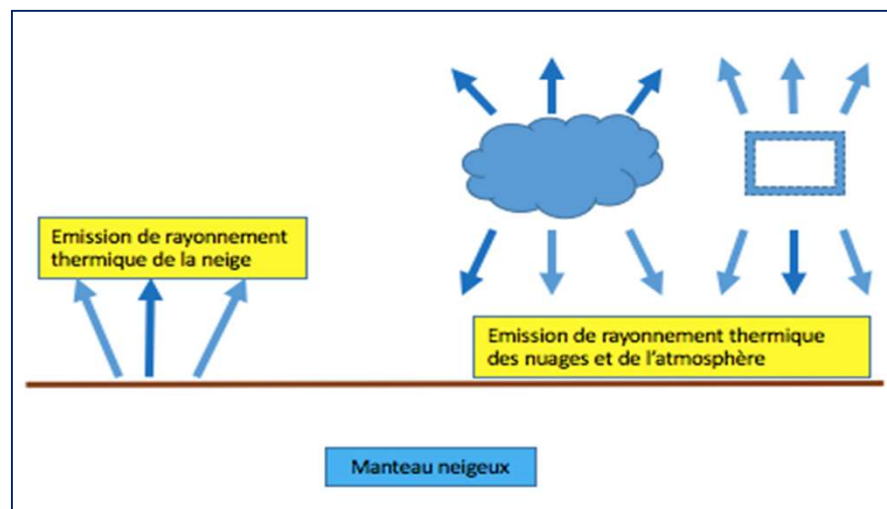


Propriétés physiques de la neige

Rayonnement thermique

Comme tous les corps, la neige émet en permanence, de jour comme de nuit, un rayonnement infrarouge dit **rayonnement thermique**. La neige se comporte comme « un corps noir ». Cette émission de rayonnement s'accompagne d'une perte d'énergie de la neige et se traduit, en l'absence de compensation telle que le rayonnement solaire, par une baisse de température parfois importante de sa surface (nuit claire et sans vent).

L'atmosphère, notamment la vapeur d'eau et les nuages offrent le même phénomène d'émission de rayonnement thermique. La totalité de ce rayonnement émis vers la neige est absorbée par celle-ci. C'est pourquoi les nuits nuageuses et humides ne permettent pas un abaissement important de température de la neige de surface. Dans ce cas l'émission de rayonnement thermique de la neige est compensée par celle de la couverture nuageuse et de la vapeur d'eau.

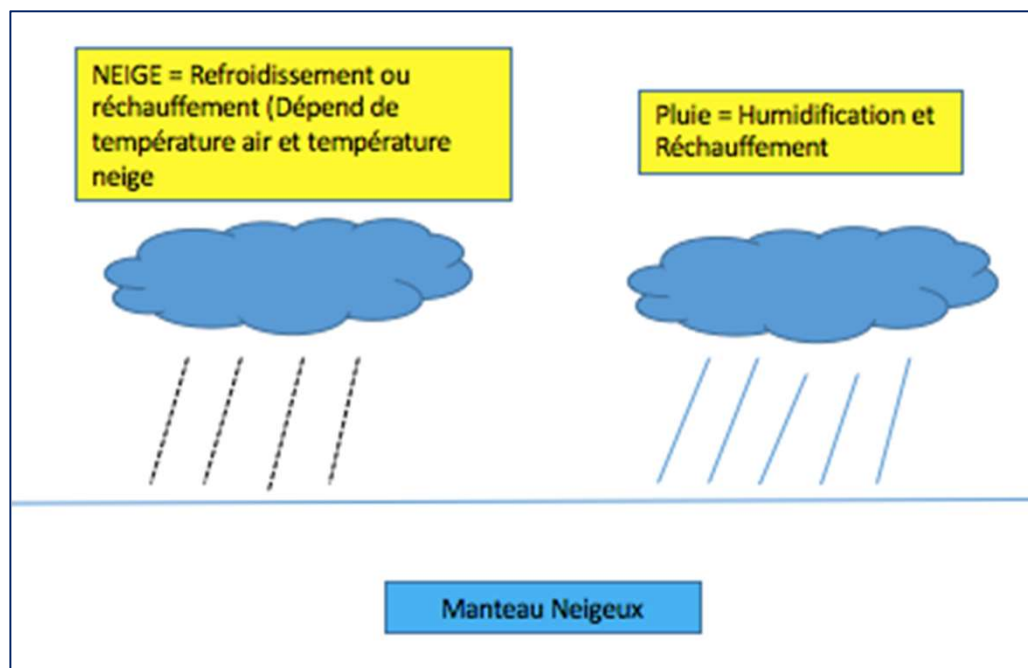




Propriétés physiques de la neige

Effet de la pluie sur la neige

L'effet principal de la pluie sur le manteau neigeux est de l'humidifier. **L'énergie** qu'elle apporte sert surtout à réchauffer la neige, car **la fusion** qu'elle provoque est un phénomène qui demeure limité. Une pluie de 10 mm à + 5°C ne fait pas fondre plus de 1 cm de neige à 0°C et de masse volumique égale à 100 kg/m³. Par contre elle provoque un fort tassement qui donne l'impression que la neige a fondu.

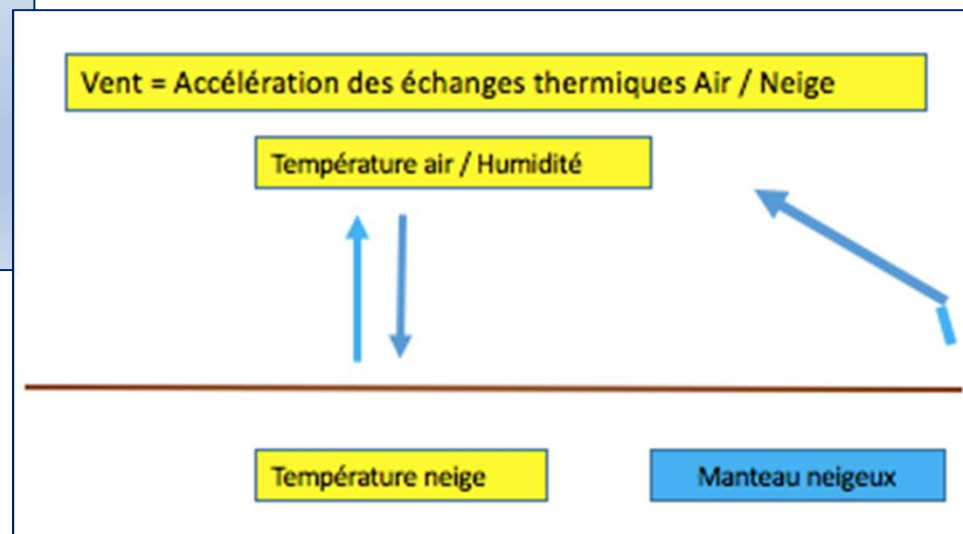




Propriétés physiques de la neige

Effets du vent sur la neige

La neige peut se réchauffer (au plus jusqu'à 0°C) ou se refroidir au **contact de l'air qui s'écoule à sa surface**. Ces échanges dépendent de la différence de température entre les deux milieux ; de l'humidité de l'air et de la **vitesse du vent** qui a pour effet d'accélérer les échanges. Néanmoins, la neige étant un bon isolant, réchauffement ou refroidissement seront lents à se propager à l'intérieur du manteau neigeux.





Les avalanches

1- Equilibre du manteau neigeux :

Les chutes de neiges successives s'accumulent tout au long de la saison pour constituer ce que l'on appelle **le manteau neigeux** et sa composition n'est pas figée. En effet, dès que la neige se dépose au sol, et même parfois en cours de chute, elle commence à se transformer selon des phénomènes physiques en relation avec les conditions météorologiques.

Ces modifications de forme et de taille peuvent avoir de multiples causes : Nouvelles chutes, vent, refroidissement ou réchauffement de l'air, répartition verticale de la température dans la neige, etc.. Le résultat en est un **manteau stratifié**, sorte de **millefeuille** composé de couches correspondant à chacune des chutes de l'hiver.

Selon les caractéristiques de ces couches, et la façon dont elles se sont empilées, le manteau neigeux peut être **stable** ou **instable**. Ce qui peut dans ce dernier cas occasionner des avalanches spontanées ou faciliter leur déclenchement.



Les avalanches



Le manteau neigeux,
un gigantesque « mille-feuille »



Les avalanches

2- Les différents types d'avalanches et facteurs de déclenchements correspondants :

Une avalanche est une masse de neige qui dévale une pente à plus ou moins grande vitesse (30 à 250 km/h). Il faut une pente $> 30^\circ$ pour que le phénomène se déclenche.

On distingue deux grands types de déclenchements d'avalanches selon le facteur déclenchant

- **Les départs spontanés**, dont les causes sont le plus souvent liées à des facteurs météorologiques comme une chute de neige, une accumulation par le vent, de la pluie ou un réchauffement important.

- **Les déclenchements provoqués**, pour lesquels le facteur déclenchant est une surcharge locale, comme le passage de skieurs ou de piétons, une chute de corniche ou de sérac ou encore un tir d'explosif utilisé pour déclencher préventivement les avalanches. Les conditions météorologiques influent peu ici, c'est la qualité de la neige, l'empilement des couches constituant le manteau neigeux qui permettent son déclenchement.



Les avalanches

Plusieurs termes sont utilisés pour décrire différents types d'avalanches :

Soit selon le **type de neige** mise en cause dans le mouvement initial avalanche de **neige fraîche** ou avalanche de **neige humide**.

Soit selon la forme de la cassure, comme l'avalanche de **plaque**.

Mais la réalité est souvent complexe, et au cours de son trajet une avalanche peut changer de caractéristiques. Les départs **spontanés** d'avalanche peuvent être de tout type ; par contre, les déclenchements **provoqués** se produisent presque exclusivement sous forme d'une avalanche de **plaque de neige sèche**.



Les avalanches

Avalanche de neige récente



Glacier de la Barbarate

Photo Michel C

Association Française des Pilotes de Montagne

Ces documents ont été élaborés bénévolement par des instructeurs montagne expérimentés. Ils sont au service de l'ensemble des pilotes de montagne membres de l'AFPM.
Propriété intellectuelle de l'Association Française des Pilotes de Montagne : toute reproduction, utilisation partielle ou totale hors du cadre défini ci dessus sans l'accord de l'AFPM est interdit.



Les avalanches

Avalanche de plaque tendre

L'avalanche de plaque tendre (neige de 150 à 200 kg/m³) se manifeste par une cassure transversale à la ligne de pente, parfois sur plusieurs centaines de mètres. Du haut en bas, on ne remarque que peu de blocs présentant des lignes droites (désagrégation par chocs et frottements). C'est une neige récente, déjà cohérente (intensité de la chute – vent modéré) mal ancrée sur la couche sous-jacente.

Ce type d'avalanche indique pour l'altisurface voisine une bonne épaisseur de neige récente (enfouissement).



cassure transversale



Avalanche de plaque



Les avalanches

Avalanche de plaque dure

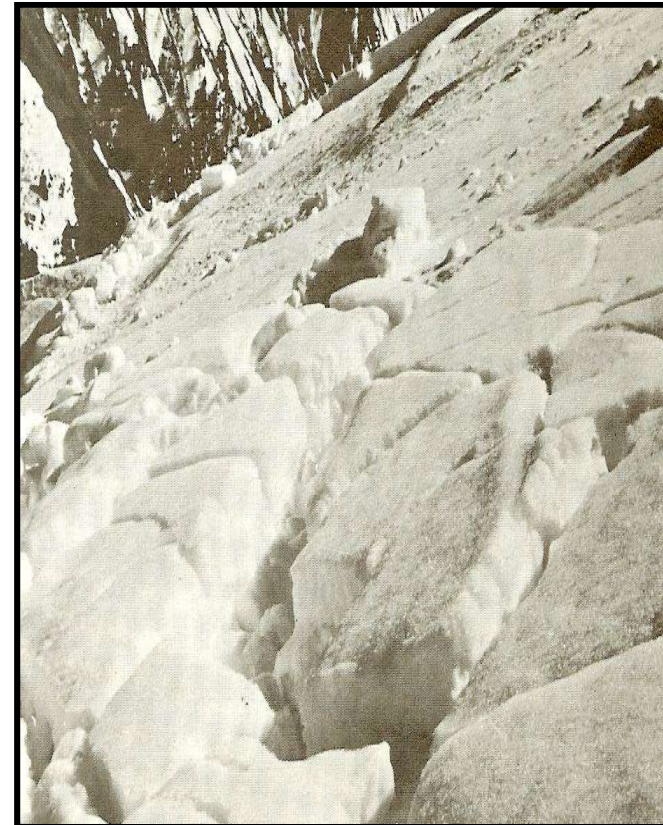
L'avalanche de plaque dure (neige de 200 à 350 kg/m³) se manifeste par une fracture transversale à la ligne de pente encore plus nette.

Des blocs rectangulaires ou trapézoïdaux sont abandonnés sur le parcours et s'entassent vers la zone d'arrêt.

La plaque résulte d'une chute abondante de neige humide.

Présence de corniches et de corniches vaguées. Il s'agit de plaques à vent dont la particularité est l'instabilité des sous-couches.

Présence d'impuretés (herbe, terre) : signe de sol mouillé sur lequel la première neige de l'hiver accrochait mal. Trajet où ne subsiste qu'une pellicule de neige, au travers de laquelle on devine le sol. La sous-couche fragile se composait uniquement de gobelets (métamorphose de gradient).





Les avalanches

Avalanche de neige humide ou de fonte



Ecoulement caractéristique en forme de cônes à une vitesse relativement faible de 30 à 40 km/h.



Les avalanches

Avalanche de neige mouillée

S'écoule généralement plus lentement qu'une avalanche de neige sèche, et s'arrête par conséquent sur une distance plus courte. Toutefois, à cause de sa grande **densité**, elle exerce une importante force sur les obstacles. Parfois désignée comme "avalanche de printemps".





Les avalanches

Avalanche de fonte

L'**avalanche de fonte**, (neige de 400 à 500 kg/ m³). En hiver, ces avalanches succèdent à un redoux prolongé, accompagné ou non de précipitations pluvieuses. Au printemps, le réchauffement amène l'ensemble du manteau neigeux à une température de 0°C . La neige fond, l'eau de fusion percole petit à petit jusqu' au sol. Elle détruit les ancrages, et la neige commence à glisser sur la pente. La neige s'accumule en énormes blocs, formant des amas de plusieurs milliers de m³ à la zone d'arrêt.

En avion dans la zone de même altitude, on risque d'avoir de la neige mouillée ; attention à l'hydroplanage.





Les avalanches

L'avalanche en aérosol ou de neige poudreuse

Il faut pour cela une neige froide, sèche (Température de l'air $< 0^{\circ}\text{C}$, neige de 30 à 100 kg /m³)
Il faut aussi une pente assez longue, d'angle supérieur à 35°. Le nuage de poudreuse (aérosol) ne peut exister qu'avec une densité de neige inférieure à 100 kg /m³



Avalanche (le plus souvent sous forme de plaque de neige dans la zone de départ) constituée de neige récente, sèche qui forme un mélange d'air et de neige qui s'élève totalement ou en partie au-dessus du sol et forme de grands nuages de poussière de neige. Elle atteint des vitesses de l'ordre de 100-300 km/h et peut provoquer dans l'air des **ondes de pression** qui causent des dommages au-delà de la zone de dépôt.



Les avalanches

TABLEAU DES RISQUES D' AVALANCHES		
Indice risque	Stabilité du manteau neigeux	Probabilité de déclenchement
1 Faible	Le manteau neigeux est bien stabilisé dans la plupart des pentes	Les déclenchements d'avalanches ne sont en général possibles que par une forte surcharge ³ sur de très rares pentes raides ¹ . Seules des coulées ou petites avalanches peuvent se produire spontanément.
2 Limité	Dans quelques pentes suffisamment raides, le manteau neigeux n'est que modérément stabilisé. Ailleurs il est bien stabilisé.	Déclenchements d'avalanches possibles surtout par forte surcharge et sur quelques pentes ² généralement décrites dans le bulletin. Il ne faut pas s'attendre à des départs spontanés de grande ampleur.
3 Marqué	Dans de nombreuses pentes suffisamment raides, le manteau neigeux n'est que modérément à faiblement stabilisé.	Déclenchements d'avalanches possibles parfois même par faible surcharge ³ et sur de nombreuses pentes, surtout celles généralement décrites dans le bulletin. Dans certaines situations, des départs spontanés d'avalanches de taille moyenne et parfois assez grosse, sont possibles.
4 Fort	Dans la plupart des pentes suffisamment raides, le manteau neigeux n'est que faiblement stabilisé.	Déclenchements d'avalanches probables même par faible surcharge ³ et sur de nombreuses pentes suffisamment raides, . Dans certaines situations, de nombreux départs spontanés d'avalanches de taille moyenne et parfois assez grosse, sont à attendre.
5 Très fort	L'instabilité du manteau neigeux est généralisée.	De nombreuses et grosses avalanches se produisant spontanément sont à attendre, y compris sur des faibles pentes



Connaissances des glaciers

1- Qu'est ce qu'un glacier. Glaciers praticables dans notre activité :

Un glacier est un système pérenne à l'échelle humaine, stock d'eau solide (neige névé glace), qui se renouvelle continuellement, par le jeu combiné de l'**accumulation** (chute de neige, neige apportée par le vent ou les avalanches) et de l'**ablation** (fonte). Il s'écoule en permanence sous l'effet de son poids, des parties hautes où **l'accumulation l'emporte**, vers les parties basses où **l'ablation domine**.

La neige est la matière première des glaciers. Elle s'accumule et se transforme en glace par un phénomène appelé **diagenèse**. Les gels et dégels successifs compactent et arrondissent les cristaux de neige initiaux tandis que l'air emprisonné en est peu à peu expulsé. Durant ces dégels, l'eau de fonte descend vers les couches inférieures contribuant ainsi à cette lente **métamorphose** de la neige en **névé**.

Les glaciers ne peuvent prendre naissance que dans les régions où, durant plusieurs années consécutives, la quantité de précipitations solides (neige, grêle, grésil) est supérieure à celle qui fond durant la période estivale.

La **mer de glace** dans le massif du mont Blanc est un glacier de référence et son observation permet de comprendre les processus de formation d'un glacier. La mer de glace est alimentée par deux glaciers qui se rejoignent **glacier de Leschaux** et **glacier du Géant**.



Connaissances des glaciers

Le massif du Mont Blanc



Mer de glace

Glacier d'Argentière

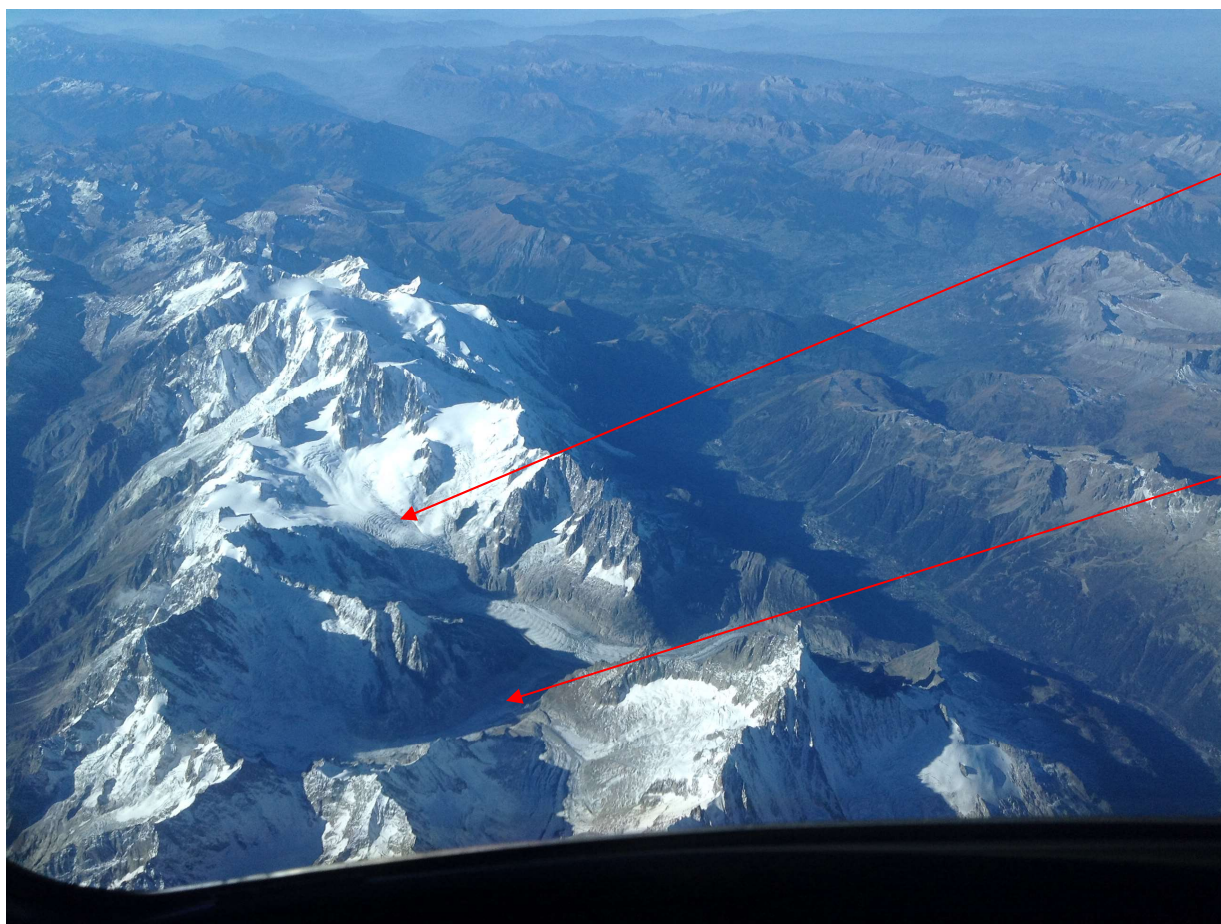
Association Française des Pilotes de Montagne

Ces documents ont été élaborés bénévolement par des instructeurs montagne expérimentés. Ils sont au service de l'ensemble des pilotes de montagne membres de l'AFPM.
Propriété intellectuelle de l'Association Française des Pilotes de Montagne : toute reproduction, utilisation partielle ou totale hors du cadre défini ci dessus sans l'accord de l'AFPM est interdit.



Connaissances des glaciers

Le massif du Mont Blanc



Glacier du Géant

Glacier de Leschaux

Association Française des Pilotes de Montagne



Connaissances des glaciers



Glacier de l'Etendard
(St Sorlin)

Association Française des Pilotes de Montagne



Connaissances des glaciers



Glacier de la Giroze.
Depuis le dôme de la Lauze



Connaissances des glaciers

Les glaciers praticables en avion

La liste est disponible dans les
AIP FRANCE, partie 3 AERODROMES
Chapitre 1.8
« Répertoires des alti-surfaces et altiports »

(Certains glaciers n'y figurent pas.
C'est l'arrêté préfectoral qui est souverain)

 AIP FRANCE See Cover page for details. Historic Help PDF AIS FRANCE AIP AMDT SUPs AICs Effectif 08 NOV 2018	
PARTIE 1 GENERALITES (GEN)	
GEN 0	
GEN 1 RENSEIGNEMENTS SUR LES REGLEMENTS	
GEN 2 TABLEAUX ET CODES	
GEN 3 SERVICES	
GEN 4 REDEVANCES D'AERODROME/D'HELISTATION	
PARTIE 2 EN-ROUTE (ENR)	
ENR 0	
ENR 1 REGLES ET PROCEDURES GENERALES	
ENR 2 ESPACE AERIEEN DES SERVICES DE LA CIRCULATION	
ENR 3 ROUTES ATS	
ENR 4 AIDES/SYSTEMES DE RADIONAVIGATION	
ENR 5 AVERTISSEMENTS A LA NAVIGATION	
ENR 6 CARTES DE CROISIERE	
PARTIE 3 AERODROMES (AD)	
AD 0	
AD 0.1 PREFACE PREFACE	
AD 0.6 TABLE DES MATIERES DE LA PARTIE 3	
AD 1 AERODROMES/HELISTATIONS - INTRODUCTIF	
AD 2 AERODROMES	
AD 3 HELISTATIONS	
06/22	220 m x 50 m
GLACIER D'ARGENTIERE (7 km SE d'Argentière)	45°56'30"N 007°00'00"E 8856 ft
18/36	3500 m x 400 m
GLACIER DE L'ETENDARD ST SORLIN D'ARVES-73	45°09'45"N 006°10'00"E 9514 ft
GLACIER DE LA BARBARATRE VAUJANY-38	45°09'38"N 006°08'20"E 9869 ft
18/36	m x m
GLACIER DE LA GRANDE MOTTE (4.5 km SSW lac de Tignes) TIGNES-73	45°25'53"N 006°53'20"E 9564 ft
18/36	m x m
GLACIER DE TALEFRE (9 km E Chamonix) CHAMONIX-74	45°54'30"N 006°59'00"E 9121 ft
03/21	1100 m x 350 m
GLACIER DU DOME DU GOUTER (2 km NW du Mont-Blanc) CHAMONIX-74	45°50'45"N 006°51'00"E
06/24	500 m x 200 m
GLACIER DU TACUL (6 km SE Chamonix) CHAMONIX-74	45°53'30"N 006°56'15"E 7382 ft
03/21	800 m x 100 m
GLACIER DU TOUR (Face au col du Tour 4.7 km E Argentière) CHAMONIX-74	45°59'00"N 007°00'00"E 10170 ft
09/27	500 m x 200 m
GLACIER LOMBARD (7 km NNE de la Grave) LA GRAVE-05	45°06'30"N 006°19'20"E 10695 ft



Connaissances des glaciers

2- Vie du glacier :

Forage du glacier du Géant

Aiguille du midi
3530 m

Névé 30 m

Eau

Glace 150m



Glacier du Géant

Age 5 à 7 ans

Age 40 à 50 ans

Eau



Connaissances des glaciers

Zone d'accumulation du glacier (Exemple sur le glacier du Géant)

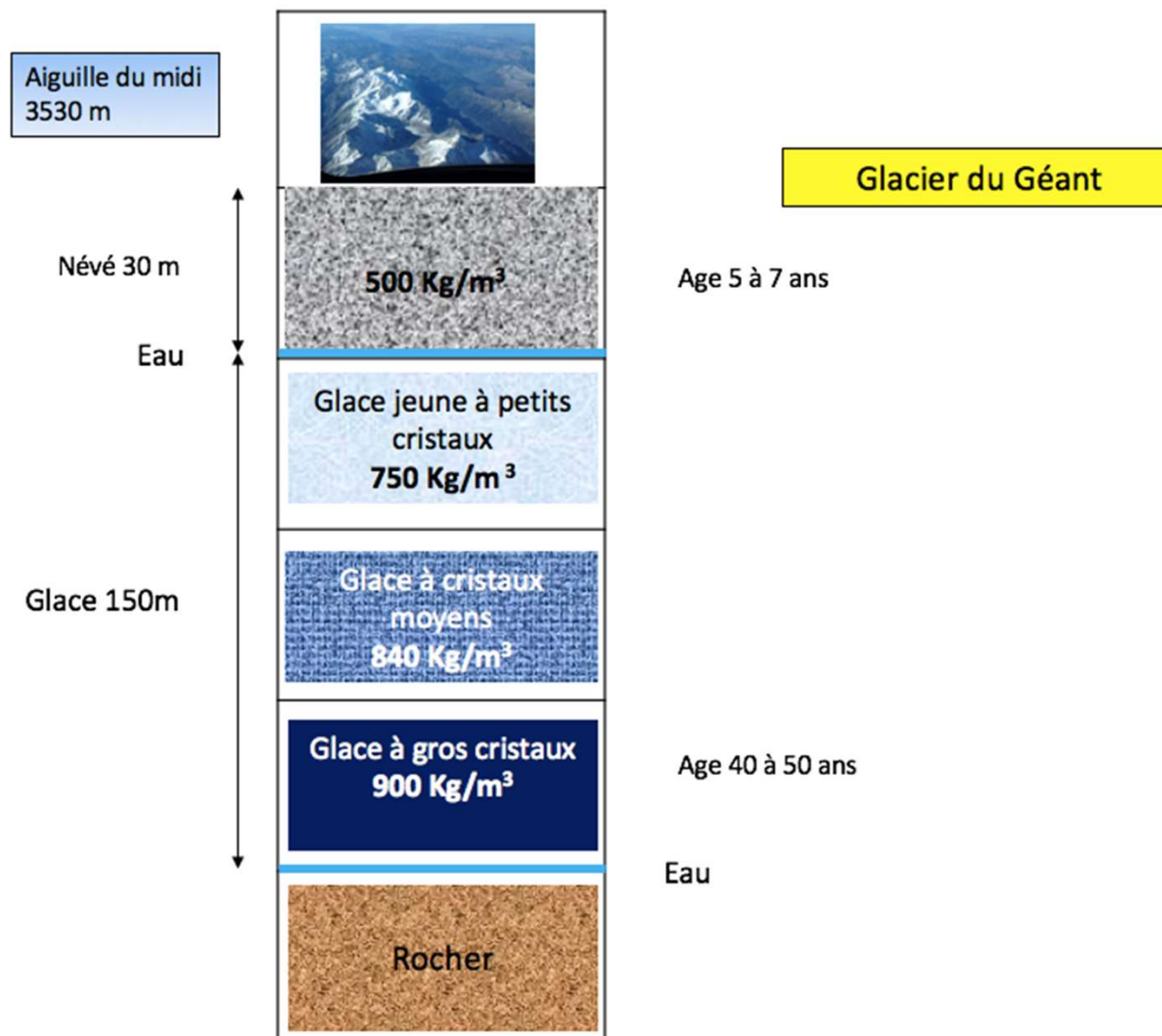
Le glacier du Géant est la zone d'alimentation de la mer de glace. A cette altitude, au-dessus de 3000 m, la plupart des précipitations ont lieu sous forme solide. A partir de juin, la neige commence à fondre : c'est la **fusion estivale**. L'eau de fonte **percole** à travers le manteau neigeux et le réchauffe, permettant ainsi d'évacuer le froid stocké au cours de l'hiver. La température de la neige est alors ramenée progressivement vers 0°C et les cristaux de neige grossissent pour se transformer en **névé**, étape intermédiaire avant la transformation en glace

A la fin de l'été, à 3500 m au col du Midi, il reste en moyenne 6 mm de névé, ce qui représente une accumulation équivalente à 3m d'eau. Pendant une dizaine d'années, les couches successives de névé se transforment progressivement sous le poids des couches supérieures en devenant de plus en plus denses.

Le passage à la glace imperméable s'effectue en un seul été vers 30 m de profondeur dans l'eau d'une nappe aquifère, qui s'accumule chaque été à partir de la fonte du névé de surface. Au col du midi, sous les 30 m de névé, il y a encore 150 m de glace avant d'atteindre le rocher.



Connaissances des glaciers





Connaissances des glaciers

Zone d'ablation du glacier

Dans le glacier du Géant, la limite des neiges éternelles se situe vers 2900 m d'altitude à la fin de l'été. Cette limite, bien visible est appelée ligne de névé. En aval de celle-ci, la glace nue apparaît ; la fonte annuelle devient plus importante que l'accumulation. L'altitude de cette ligne de névé varie avec l'exposition (nord ou sud).

Quelle que soit la forme du glacier, celui-ci est composé de deux zones : la zone d'accumulation et la zone d'ablation, séparées par la **ligne de névé** ou **ligne d'équilibre glaciaire (LEG)**. La LEG est donc la section du glacier qui enregistre le maximum de débit de glace en une année.



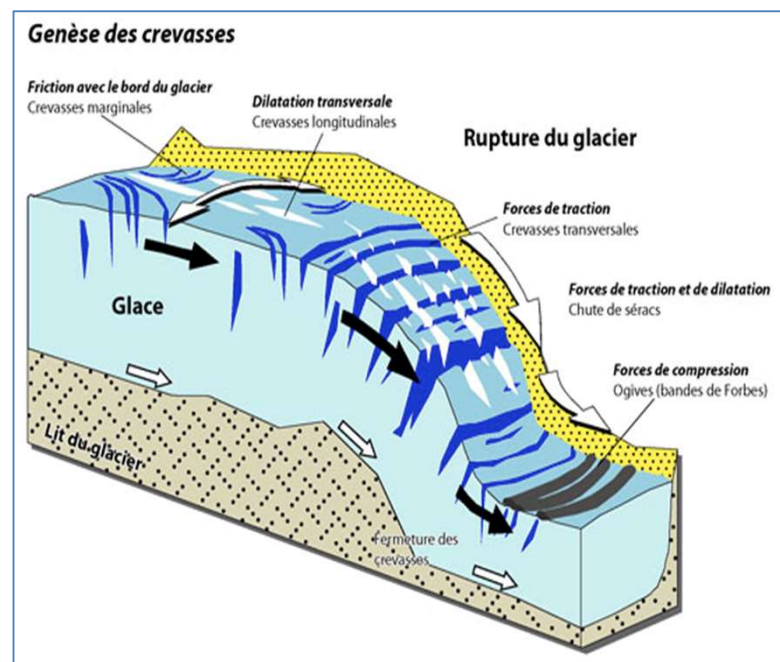


Connaissances des glaciers

3- Formation des fissures et crevasses. Ponts de neige :

Un glacier descend le long de la montagne lentement. Il n'aime ni les changements de relief, ni les changements de direction. En effet, la glace est malléable jusqu'à une certaine limite, puis elle casse : c'est la **crevasse**. Les crevasses se trouvent donc aux ruptures de pente.

La masse glaciaire **inférieure** descend plus vite que la masse **supérieure**. Les virages des glaciers occasionnent d'aussi semblables phénomènes. Si la glace est compressée à l'intérieur du virage, elle subit une traction à l'extérieur provoquant des déchirures ou **crevasses**. Mais elles peuvent se former aussi un peu partout, et un glacier plat rectiligne, ne garantit en aucun cas l'absence de crevasses. Une **crevasse** se voit, sauf lorsque le glacier est enneigé. Les oubliettes de la montagne sont alors cachées par une couverture de neige superficielle qui se veut rassurante, procurant un sentiment de sécurité, c'est le **pont de neige**. Seule parade : l'encordement.





Connaissances des glaciers

4- Rimaye et séracs :

La **rimaye** est une crevasse particulière qui se forme à la limite entre le névé et le rocher. La rimaye est la première crevasse dynamique d'un glacier.



Les **séracs** sont des lames de glace isolées par des crevasses. Ils se forment lorsque la rupture de pente est très importante et que l'accélération est très forte.





FIN

Le glacier de l'Etendard

Hiver

Eté



Association Française des Pilotes de Montagne