



# SKICAST

**La neige des skieurs**

**Livre de référence Skicast**



**LA NEIGE DES SKIEURS**  
**Livre de référence Skicast**  
**Extrait et condensé**  
**Du livre du même nom**  
**Édition hiver 2025**



Auteur : **PIERRE LANGEVIN**,  
De Skicast et ISCF

**admin@skicast.ski**  
**Internet : <https://skicast.ski>**

Tous droits réservés

Tous droits de reproduction, d'adaptation intégrale ou partielle sont strictement réservés et protégés par la Loi sur le droit d'auteur.

Dépôt légal : hiver 2025  
Bibliothèque Nationale du Québec



## SKICAST, C'EST QUOI ?

**LE GROUPE SKICAST** a pour mission principale de promouvoir les stations de ski et l'industrie des sports de glisse, de plusieurs façons. Des évaluateurs formés par SKICAST sillonnent les pistes de ski et évaluent de façon objective, à l'aide de techniques éprouvées, les conditions de neige et d'entretien des pistes en tant "qu'expérience en ski". L'évaluation devient disponible à la station visitée et ce retour d'information procure à la station un outil lui permettant de se mesurer ou de s'ajuster au besoin, dans un processus d'amélioration continue pour offrir à sa clientèle les meilleures conditions d'enneigement possibles. L'évaluation est transmise immédiatement à la centrale ISCF/SKICAST pour être intégrée à la base de données et aussi pour être rendue visible à tous, sur le site Internet <https://skicast.ski> en tant qu'expérience en ski à ladite station. L'évaluation des conditions d'enneigement est un véhicule important parmi d'autres qui est publié, pour parler des stations de ski de façon positive sur les diverses plateformes de médias; que ce soit la télévision, la radio, la presse écrite, son site Internet ou les médias sociaux. Le monde des médias a connu une profonde transformation aux cours des dernières années; SKICAST s'est adapté à la situation et s'est diversifié afin de promouvoir les stations de ski : citons par exemple l'utilisation des réseaux de presse numérique qui étendent leurs tentacules partout, dans toutes les régions. De plus, d'autres réseaux sociaux sont aussi alimentés régulièrement comme "Facebook (Meta)", "Instagram", "Twitter (X)" et autres. Des applications pour téléphone intelligent "Android" ou "iPhone", sont offertes gratuitement. Le fer de lance de Skicast est évidemment la diffusion des "PRÉVISIONS" des conditions d'enneigement, 7 jours à l'avance pour toutes les stations de ski. C'est un produit de l'entreprise ISCF (International Ski Condition Forecasting). L'application **SKICAST** est utilisée actuellement par d'innombrables amateurs de sport de glisse avides d'informations pertinentes et éclairantes. Elles sont présentées de façon concise et explicite grâce aux icônes représentatives des conditions. On retrouve également dans SKICAST quelques informations sur la météo attendue, l'indice de facilité à skier ainsi qu'un descriptif sur la texture de la neige et la fermeté des pistes. Tout cela, accessible en un coup d'œil pour les 7 jours à venir et pour toutes les stations désirées. Les moyens se sont multipliés mais l'objectif demeure le même de promouvoir les stations de ski et les sports de glisse. Nous verrons un peu plus loin, comment fonctionne Skicast et ses prévisions.

# TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	4
<b>I) INTRODUCTION À LA NEIGE.....</b>	<b>7</b>
NEIGE NATURELLE .....	7
SKICAST, C'EST QUOI ? .....	3
NEIGE FABRIQUÉE OU NATURELLE ? .....	7
NEIGE FABRIQUÉE ARTIFICIELLEMENT .....	8
LE PRINCIPE : .....	8
AGENTS SPÉCIAUX : .....	8
À TENIR EN LIGNE DE COMPTE.....	9
LES PROCÉDÉS : .....	9
ÉQUIPEMENTS : .....	10
LE PRODUIT : .....	12
FABRICATION DE LA NEIGE NATURELLE .....	13
TRANSFORMATION DE LA NEIGE.....	15
TRANSFORMATION ET GLISSE.....	16
<b>II) NIVOLOGIE.....</b>	<b>18</b>
NEIGE NATURELLE .....	18
FORMATION DE CRISTAUX DANS L'ATMOSPHÈRE .....	19
FLOCONS .....	19
FLOCONS DE NEIGE .....	19
PRISME SIMPLE, PLAQUE .....	19
CRISTAUX EN COLONNE CREUSE .....	20
CRISTAUX EN AIGUILLE.....	20
COLONNES CHAPEAUTÉES.....	20
CRISTAUX STELLAIRES À BOUTS EN PLATEAUX.....	21
GRAUPEL OU NEIGE ROULÉE .....	21
CRISTAL DENDRITIQUE ET CRISTAUX EN FORME DE FOUGÈRE.....	22
STRUCTURES RAMIFIÉES .....	23
STRUCTURES NON RAMIFIÉES .....	23
TYPES DE CRISTAUX (NATURELS).....	24
CLASSIFICATION DES CRISTAUX DE NEIGE.....	25
PHOTOS DE NEIGE NATURELLE .....	27
NEIGE FABRIQUÉE.....	29
NEIGE EN TRANSFORMATION .....	31
NEIGE FRAÎCHE.....	31
LIENS ENTRE LES CRISTAUX .....	32
GRAINS RECONNAISSABLES .....	33
GRAINS À FACE PLANE.....	33
GOBELETS .....	34
GRAINS FINS.....	34
GRAINS RONDS .....	35
MÉTAMORPHOSE DE LA NEIGE SÈCHE .....	35
<b>III) ENTRETIEN DE LA NEIGE.....</b>	<b>36</b>
ENTRETIEN DES PISTES .....	36
EFFET DU TRAVAIL MÉCANIQUE.....	36
DAMAGE.....	36
TRAVAIL MÉCANIQUE.....	36

ÉQUIPEMENTS.....	37
COMMENT FAIRE LE TRAVAIL MÉCANIQUE.....	37
CONSERVER LA NEIGE NATURELLE .....	38
SKI DE PRINTEMPS : .....	38
TRAVAIL EN PROFONDEUR .....	39
QUAND FAIRE LE TRAVAIL .....	39
AJOUT DE NEIGE FABRIQUÉE .....	40
<b>LA NIVOLOGIE AU SERVICE DE L'ENTRETIEN DE LA NEIGE.....</b>	<b>41</b>
INTRODUCTION.....	41
MÉTAMORPHISME.....	41
LES VÉHICULES ET LES INSTRUMENTS ET LEUR EFFET SUR LA NEIGE .....	42
REMBLAYAGE DES PISTES.....	43
LE ROULEAU.....	44
LA BARRE DE COMPACTAGE .....	45
LA FRAISE (TILLER) .....	46
LE RÉNOVATEUR AVANT .....	47
LES CULTIVATEURS MÉCANIQUES.....	48
CERTAINES STRATÉGIES UTILISÉES EN CONDITIONS DIFFICILES .....	49
CERTAINES RÈGLES SIMPLES .....	51
<b>TERMES COMMUNS EN NIVOLOGIE .....</b>	<b>52</b>
<b>IV ) DONNÉES SCIENTIFIQUES .....</b>	<b>53</b>
<b>DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES.....</b>	<b>53</b>
NUAGES .....	53
MESURE D'UNE CHUTE DE NEIGE.....	53
PRÉCIPITATIONS SOLIDES.....	54
<b>AUTRES ASPECTS TECHNIQUES.....</b>	<b>55</b>
TYPES DE FRICTIONS SUR LA NEIGE .....	56
ÉCHELLE DE DURETÉ DE LA NEIGE .....	56
<b>L'UTILISATION DES FARTS.....</b>	<b>58</b>
<b>FACTEURS INFLUANT SUR LES DÉCISIONS DE FARTAGE .....</b>	<b>59</b>
TEMPÉRATURE.....	59
HUMIDITÉ.....	59
GRANULATION DE LA NEIGE .....	59
FRICTION SUR LA NEIGE.....	60
AUTRES FACTEURS.....	60
<b>V) LES CONDITIONS DE SKI .....</b>	<b>62</b>
<b>RAPPORTS DE SKI .....</b>	<b>62</b>
<b>DÉFINITION DES TERMES DU RAPPORT DE SKI.....</b>	<b>63</b>
CONDITION PRIMAIRE.....	64
CONDITION SECONDAIRE .....	64
SURFACE.....	65
CONDITIONS PRINTANIÈRES .....	65
COUVERTURE NIVALE .....	65
LA BASE .....	66
POUDREUSE .....	66
NEIGE HUMIDE.....	67
GRANULEUSE.....	67
GLACE .....	68
ENDROITS À DÉCOUVERT .....	68
AMONCELLEMENTS.....	68
BOSSES.....	68

SURFACE BOSSELÉE .....	68
SURFACE DURCIE .....	68
<b>INDICE DE FACILITÉ À SKIER .....</b>	<b>69</b>
PRINCIPES GÉNÉRAUX.....	69
ÉCHELLE DES INDICES.....	69
DESCRIPTION DES INDICES.....	70
CONDITIONS DE PRINTEMPS.....	71
ENDROITS À DÉCOUVERT.....	71
ÉVALUATION MÉTHODIQUE.....	71
FICHE DE PONDÉRATION.....	72
DURETÉ DE LA SURFACE .....	72
L'ENTRETIEN .....	72
LA COUVERTURE .....	73
LA TEXTURE .....	73
LA BASE .....	73
LE SONDAGE .....	73
<b>CALCUL DE L'INDICE DE FACILITÉ À SKIER .....</b>	<b>74</b>
<b>VI) LES PRÉVISIONS-SKI .....</b>	<b>75</b>
<b>LES PRÉVISIONS .....</b>	<b>75</b>
COMMENT FAIRE DES PRÉVISIONS .....	75
TYPES DE STATIONS DE SKI.....	76
<b>SKICAST .....</b>	<b>77</b>
<b>APPLICATIONS POUR TÉLÉPHONES INTELLIGENTS .....</b>	<b>78</b>
<b>INTERPRÉTATION DES PICTOGRAMMES .....</b>	<b>79</b>
<b>RÔLE D'UN ÉVALUATEUR SKICAST .....</b>	<b>80</b>
<b>FIABILITÉ DES PRÉVISIONS .....</b>	<b>81</b>
CALIBRATION .....	81
CALCUL DE LA FIABILITÉ.....	81
RAFFINEMENT DE L'ALGORITHME.....	81
<b>AVANTAGES POUR LES STATIONS DE SKI.....</b>	<b>82</b>
<b>AVANTAGES POUR LES SKIEURS ET PLANCHISTES .....</b>	<b>83</b>

# **I) INTRODUCTION À LA NEIGE**

## **NEIGE NATURELLE**

Pour le commun des skieurs, la neige naturelle est celle qui tombe du ciel; elle se présente en cristaux blancs et légers. La neige peut être plus ou moins humide. La glisse, par rapport aux skis, représente l'élément prioritaire. On remarque qu'une neige humide est plus collante que la neige sèche. Dans le langage populaire, le terme "poudreuse" ou "neige poudreuse" réfère à la neige naturelle sèche. Paradoxalement, la structure réelle de cette dernière ne ressemble pas à de la poudre mais plutôt à des étoiles ou autres formes comme nous allons voir un peu plus loin.

Il peut neiger à des températures incroyablement froides pour autant qu'il y a de l'humidité et les éléments nécessaires comme les courants d'air. Cependant la structure et la forme des cristaux peuvent être très différentes selon les conditions. Par temps très froid, disons  $-40^{\circ}\text{C}$ , les cristaux seront très petits et peu développés. Les cristaux peuvent être si petits qu'on peut à peine les percevoir dans l'air par une journée ensoleillée. D'un autre côté, les plus beaux exemples de gros flocons agglomérant plusieurs cristaux arrivent avec des températures supérieures à  $-5^{\circ}\text{C}$ . Les plus grandes précipitations de neige se produisent également à plus chaude température  $-10^{\circ}\text{C}$  et plus, alors que l'air contient plus d'humidité. La neige sera par conséquent beaucoup plus humide. Cependant, il est faux de penser que la température froide apporte toujours la neige la plus sèche. Dans les Rocheuses, par exemple, des précipitations de neige poudreuse très légère avec des taux d'humidité entre 1% et 5 % se produisent à des températures voisinant le  $-10^{\circ}\text{C}$ , par faibles vents. Par temps plus froid, les cristaux deviennent plus petits et plus denses provoquant un taux d'humidité de 10% ou plus.

## **NEIGE FABRIQUÉE OU NATURELLE ?**

Quel que soit le type de neige qui prédomine, le skieur en aura pour son compte. Telle station de ski offrira des pistes naturelles, des sous-bois invitants, telle autre garantira une excellente couverture ou des pistes bien nivelées. Chacune des stations a sa place sous le soleil et il revient aux skieurs de déterminer le rapport qualité/prix en fonction de leurs intérêts. L'évaluateur des conditions de ski rapporte les faits. Que la neige soit naturelle ou fabriquée, le taux d'humidité constitue un élément vital sur la qualité des conditions de ski. Une technique couramment utilisée est de laisser la neige au sol s'assécher avant de la travailler mécaniquement. Le principe est de permettre l'évaporation du surplus d'humidité avant que le compactage puisse s'effectuer, évitant ainsi l'agglomération des cristaux et la formation éventuelle de glace. Encore une fois, le savoir-faire du préposé à l'entretien des pistes entrera en ligne de compte pour évaluer l'assèchement de la neige en fonction des conditions de ski, pour éclairer son choix entre une piste non damée et le problème des surfaces glacées.

La sensation du ski est très différente lorsqu'il s'agit de neige naturelle par opposition à la neige fabriquée. Vous avez sans doute eu l'occasion de skier dans un centre de ski où la neige est à 100% naturelle ou encore de skier dans une station où certaines pistes ne sont pas enneigées artificiellement par opposition aux autres pistes qui le sont. Alors, vous avez été en mesure de constater que la glisse est très différente. La neige naturelle est beaucoup plus douce et à cause des cristaux ramifiés, l'ensemble est beaucoup plus aéré donc plus moelleux. Le son émis par les skieurs est très amorti parce qu'il se perd dans ces multiples espaces d'air. La neige naturelle est de plus beaucoup moins compressible que la neige fabriquée, ce qui lui assure une plus grande longévité avant de durcir et de former de la glace. Alors pourquoi fabrique-t-on de la neige? La raison est bien simple, c'est pour épaissir une base solide qui résistera à la machinerie, aux soubresauts de la température et à l'affluence des skieurs. En effet, la densité de la neige fabriquée fait en sorte qu'elle est très durable et ainsi les stations de ski peuvent offrir des pistes bien couvertes plus longtemps.

# NEIGE FABRIQUÉE ARTIFICIELLEMENT

## LE PRINCIPE :

Le principe de base de la fabrication de neige n'est pas compliqué. Il s'agit en fait de pulvériser de l'eau en particules très fines et de les mettre en contact avec de l'air très froid. Les particules doivent geler avant de retomber au sol. Le processus est relativement facile à  $-10^{\circ}\text{C}$  mais beaucoup plus difficile quand les températures s'approchent du  $0^{\circ}\text{C}$ . Vous êtes-vous déjà posé la question ? Combien d'eau ça prend pour enneiger artificiellement une piste de ski ? Prenons un exemple : disons que la piste ait une longueur de 1 km et une largeur de 50 mètres et que nous voulons créer une couche de 20 centimètres de neige. Eh bien, pour une densité de neige fabriquée entre 300 et 400  $\text{kg}/\text{m}^3$ , ça prendra entre 3 et 4 millions de litres d'eau (environ 1 million de gallons américains). Vous pouvez imaginer, combien ça prend d'eau pour fabriquer de la neige sur plusieurs pistes et à plusieurs occasions durant l'hiver? Au volume d'eau il faut ajouter un volume d'air comprimé d'environ 40 fois supérieur à celui de l'eau pour un canon à neige de modèle courant. Pour exploiter une montagne de ski avec fabrication de neige, les chiffres prennent facilement des proportions gigantesques. Pas étonnant que les fabricants de canons à neige tentent frénétiquement à mettre au point de nouveaux modèles plus efficaces. Imaginez! Si un jour on pouvait fabriquer de la neige tellement ramifiée utilisant 3 à 4 fois moins d'eau, cela serait beaucoup plus efficace et la neige fabriquée serait presque pareille à la neige naturelle. On pourrait skier dans la neige poudreuse à volonté.

## AGENTS SPÉCIAUX :

Pour fabriquer de la neige artificiellement, il existe différentes techniques. La croissance de cristaux étoilés à partir de gouttelettes microscopiques n'est évidemment pas possible à cause des facteurs limitatifs tel le temps de cristallisation et la température. Certains producteurs ajoutent même des agents d'induction accélérant le processus de cristallisation pour augmenter le volume de neige fabriquée. Citons comme exemple le produit « Snowmax » qui exploite les protéines de *Pseudomonas syringae*, c'est un agent d'origine biologique qui se veut très doux pour l'environnement puisque les bactéries produisant ces protéines se retrouvent naturellement en abondance dans la nature. Le résultat demeure une neige en granules plus ou moins fins et plus ou moins humides mais ces granules glacés ainsi fabriqués peuvent être travaillés mécaniquement ultérieurement. La fabrication et la transformation ultérieure demeurent un art que doit maîtriser les préposés à l'entretien des pistes de ski. Manipulée adroitement, on arrive à faire une neige, en granules très fins et secs, qui peut ressembler à de la poudre; mais il ne faut pas confondre avec de la "poudreuse". Il faut distinguer ici les autres produits de nature chimique qui ne sont jamais injectés dans les systèmes de fabrication de neige mais seulement répandus à la main localement. Ce sont les agents de durcissement utilisés dans certains cas pour préparer les pistes de courses ou de compétitions sportives de haut niveau. Plusieurs sortes de sels : chlorure de sodium, chlorure de potassium, chlorure de magnésium, chlorure de calcium mais aussi les nitrates d'ammonium et urée peuvent être utilisés pour durcir la surface à certains endroits mais ne sont jamais projetés par les enneigeurs.

## À TENIR EN LIGNE DE COMPTE

Plusieurs facteurs sont à considérer quand vient le temps de fabriquer de la neige :

- La situation géographique : en partant, il faut une grande quantité d'eau disponible pour alimenter un système de fabrication de neige. Si la station de ski est située près d'un grand lac ou une grande rivière, ça peut rendre l'approvisionnement plus facile mais d'un autre côté l'air environnant est sans doute plus humide rendant la fabrication de neige plus difficile. Dans tous les cas la quantité d'eau utilisée sera sans doute surveillée de près par les autorités locales. Il faut donc choisir les bons moments de fabrication.
- La fenêtre de froid : les prévisions météorologiques sont importantes à suivre de près car il faut un minimum de froid pour faire fonctionner les canons à neige. Autour de  $-10^{\circ}\text{C}$ , ça peut donner d'excellents résultats mais à  $-2^{\circ}\text{C}$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$  c'est sans doute un peu trop marginal pour obtenir une qualité passable. En plus il faut un certain temps pour s'installer et démarrer la production quand une fenêtre de froid est prévue; sans doute 5 ou 6 heures.
- Le vent : a son importance aussi, ne serait-ce que pour bien orienter les canons afin de s'assurer que la neige fabriquée atterrit au bon endroit.
- L'humidité : le taux d'humidité est critique et peut carrément empêcher le processus de fonctionner si le taux d'humidité relative est trop élevé.
- Le soleil : mine de rien dans certaines circonstances, le soleil peut nuire passablement au processus de nucléation et empêcher le gel, ce qui nuit à la fabrication de neige.
- L'électricité : selon les ententes avec le fournisseur d'électricité, ça peut être une sage décision de limiter la production de neige fabriquée à une période assez courte au cours de la saison.

## LES PROCÉDÉS :

En plus de la température, le taux d'humidité dans l'air joue un rôle important. En fait, les deux sont reliés. Quand les températures s'approchent du  $0^{\circ}\text{C}$ , il est possible de fabriquer de la neige à condition que le taux d'humidité soit très faible. C'est le cas, par exemple, dans les stations de ski de l'Utah. Le taux d'humidité y est particulièrement faible soit de 15 à 20%. Au Québec, le taux d'humidité oscille autour de 70-75%, il faut donc s'attendre à ce que la fabrication de neige nécessite du froid à  $-7^{\circ}\text{C}$  à  $-8^{\circ}\text{C}$ . La température de l'eau d'approvisionnement joue également un rôle. C'est évidemment plus facile de finir de geler de l'eau déjà très froide.

Malheureusement, avec le réchauffement climatique, il est parfois impossible de fabriquer de la neige quand la température extérieure est trop élevée et qu'il n'y a justement que très peu de neige accumulée au sol, surtout en début de saison.

## ÉQUIPEMENTS :

Nous pouvons séparer en deux groupes différents les canons à neige. D'abord, ceux qui n'utilisent que de l'eau, que l'on dit monofluides. Ces canons à neige peuvent être très mobiles, facilement déplaçables et produisent plus que les canons bifluides aux endroits où c'est requis. Mais le coût de ces appareils est plus élevé. Les canons dits bifluides sont très répandus, moins chers et utilisent de l'air comprimé pour diffuser l'eau pulvérisée.



Au cours des 20 dernières années la fabrication de neige a subi des transformations fulgurantes. Les techniques de fabrication se sont considérablement améliorées. L'un de ces canons les plus performants de la planète a été conçu par une entreprise québécoise. Le dispositif consiste en une buse d'environ 30 centimètres haut perchée sur un long tuyau de près de 10 mètres. Il peut projeter l'eau sur une distance allant jusqu'à 45 mètres permettant aux fines gouttelettes de demeurer en suspens jusqu'à 12 secondes avant de toucher le sol. La buse est munie de 6 nucléateurs qui injectent de fins cristaux de glace dans le jet d'eau central lui-même contrôlé par une valve à débit variable. Ce fin dispositif permet une très haute performance de fabrication de neige réduisant très considérablement la quantité d'air comprimé requise normalement. Les canons plus traditionnels utilisaient plus de 150 mètres cubes d'air pour chaque mètre cube d'eau projetée. Les générations suivantes ont permis d'abaisser le taux autour de 40 mètres cubes d'air par mètre cube d'eau avec les buses installées sur hautes perches. Le nouveau canon avec ses 6 nucléateurs utilise seulement 10 mètres cubes d'air par mètre cube d'eau faisant de lui le canon le plus performant actuellement sur le marché. Ces canons ont d'abord été installés en Europe, en Australie et en Amérique du Sud.

Mais, ce n'est pas tout, il y a maintenant des systèmes de réfrigération capables de générer des tonnes de neige sous des températures estivales. Prenons comme exemple le « snow Diamonds 40 » des Industries Samson Inc., capable de produire plus de 40 tonnes métriques de neige en 24 heures et même d'opérer jusqu'à +25°C. Incroyable non! Et bien non! Il y a maintenant **Latitude 90** une entreprise de Lévis au Québec, qui fabrique maintenant de tels équipements encore plus écoénergétiques et les livrent un peu partout, plus au sud des USA et au Japon.

Les opérateurs d'équipement de fabrication de neige (les nivoculteurs ou neigistes) disposent de certains contrôles dont le rapport air/eau, le degré de pulvérisation de l'eau et l'angle des éjecteurs. Toutefois des systèmes plus perfectionnés offrent d'autres possibilités tels que le contrôle sur la température de l'eau et de l'air, la pression ainsi que les ajouts d'agents d'induction à la cristallisation. Comme les conditions climatiques changent jour et nuit, il est impératif de réajuster ces variables pour de meilleurs résultats. Par temps froid et sec, moins d'air sera nécessaire et la fabrication de neige sera abondante. Par temps plus chaud et humide, la fabrication de neige deviendra impossible avec l'utilisation des canons à neige.

Il ne faut pas oublier les autres limites telles que la capacité d'alimentation électrique disponible, la capacité de pompage d'eau et les contraintes budgétaires. La véritable habileté des opérateurs est de s'ajuster aux conditions changeantes de l'environnement. De nos jours la disponibilité de l'eau d'approvisionnement est regardée de plus près et l'apport des ajouts de produits gélifiants l'est également pour avoir été bannis complètement dans certains pays.

L'équipement nécessaire à la fabrication de neige n'est pas seulement constitué de canons à neige. Ça prend beaucoup plus et une bonne partie n'est pas vraiment visible aux skieurs. Pensons comme exemple, tout le réseau de tuyauterie enfoui le long des pistes dans la montagne pour acheminer l'eau et l'air comprimé, ainsi que tous les tuyaux flexibles nécessaires; ça peut représenter des kilomètres sur la longueur. Vient ensuite tout le système d'air comprimé, de gros compresseurs qui doivent fonctionner à gros volume sur demande. Et surtout, tous les équipements de pompage de l'eau : des bassins d'eau volumineux, des pompes suffisamment puissantes pour monter l'eau sous haute pression jusqu'en haut de la montagne.

Il est vrai que les canons de style ventilateur n'ont pas besoin d'apport d'air comprimé mais nécessitent tout de même une arrivée d'eau et une alimentation électrique suffisante pour alimenter le ventilateur et le compresseur d'air intégré.



A droite, un canon à ventilateur avec un compresseur intégré d'Atlas Copco.

Les grandes installations sont automatisées et la production de neige est contrôlée de manière centralisée. Elles comprennent aussi divers types de capteurs et de compteurs qui sont reliés à un logiciel capable d'optimiser la production de neige en fonction des conditions météorologiques.

## LE PRODUIT :

Malgré les avancées technologiques, la neige fabriquée n'est pas égale à la neige tombée naturellement. D'abord, elle ne se présente pas sous un aspect hexagonal mais plutôt sous forme de grains de glace plus ou moins arrondis comme nous allons voir un peu plus loin. La densité d'une couche de neige fabriquée est beaucoup plus élevée. La neige artificielle pèse entre 350 et 450 kg/m<sup>3</sup> comparativement à 50 à 180 kg/m<sup>3</sup> pour la neige naturelle.

Skier sur la neige naturelle est très différent du ski sur la neige fabriquée artificiellement. Les grains de glace ont tendance à se souder par des petits ponts de glace et faire durcir la surface (cohésion de frittage). Cette neige fabriquée doit obligatoirement être travaillée régulièrement et fréquemment.

Pourquoi ce n'est pas pareil ? Les canons à neige projettent de fines particules d'eau ou aérosols d'eau liquide, qui gèlent. Résultat : un amoncellement de grains de glace humides. Dans les nuages, il n'y a pas d'eau liquide mais un gaz de vapeur d'eau. Les molécules se solidifient directement en s'assemblant lentement une à une pour former des figures hexagonales. Résultat : des milliers de cristaux de neige présentant des formes géométriques complexes hexagonales descendent du ciel assez lentement et forme un tapis de neige dans toute la région.

Pour fondre, la glace a besoin de chaleur, d'énergie; de même l'eau a besoin d'énergie pour s'évaporer. À l'inverse, on doit retirer de l'énergie à la vapeur pour la liquéfier et aussi retirer de la chaleur à l'eau pour la faire geler. Donc, lors du processus de fabrication de neige, les petites particules d'eau libèrent un peu de chaleur et des milliers de gouttelettes d'eau libèrent assez de chaleur dans l'environnement pour empêcher certaines de geler ou même en faire fondre quelques-unes. La neige fabriquée est donc toujours humide. Elle reste au sol pour continuer de geler, "de s'assécher", pour être ensuite broyée et étendue.

La neige fabriquée artificiellement ne se métamorphose pas comme la neige naturelle. Tous ces processus réversibles n'existent pas. La neige fabriquée peut durcir avec des petits ponts de glace et être retravaillée. Elle peut fondre partiellement et regeler sous l'effet de la température extérieure, c'est tout. La neige fabriquée qui est plus dense, est plus résistante à l'usure, au vent et au soleil, elle est plus longue à fondre. C'est une raison pourquoi certaines stations en fabriquent pour créer un fond durable au début de saison.

Le travail de la neige fabriquée est complètement différent de celui fait sur la neige naturelle. Les opérations de damage appliquées sur la neige naturelle pour la retenir au sol n'est pas nécessaire, ni souhaitable. Par contre, le concassage effectué par les fraiseuses est absolument nécessaire pour briser les surfaces durcies et aérer la neige pour ramener un tapis plus moelleux. Le travail mécanique réussit à rendre aux skieurs une bonne surface de neige agréable à skier.

Bien entendu, l'apport de neige fabriquée artificiellement ne se fait pas pour le plaisir mais est devenu nécessaire comme palliatif pour assurer une bonne couverture de neige et garantir une bonne saison de ski.

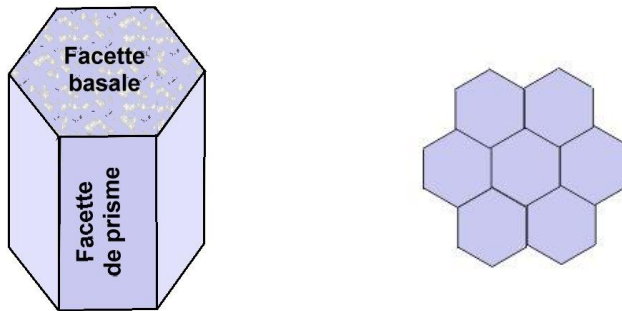
## FABRICATION DE LA NEIGE NATURELLE

Là, on ne rit plus et c'est une longue histoire. Rien à voir avec la neige fabriquée artificiellement. La neige naturelle ne ressemble en rien à la neige de culture non plus. Impossible de reproduire le phénomène avec quelque canon que ce soit. En laboratoire, on peut maintenant forcer le développement d'un cristal de neige avec six branches bien ramifiées, sur le bout d'une aiguille sous haut voltage et dans un environnement très contrôlé. Mais, ce n'est pas avec un cristal de neige à la fois, que l'on va enneiger une station de ski. Seule la nature peut y parvenir.

L'histoire commence avec l'évaporation d'eau à la surface de la terre. L'eau provient de la mer, des lacs, des rivières mais aussi de toutes les surfaces humides ou mouillées ou recouvertes de neige. Il y a toujours un certain mouvement des molécules d'eau qui s'agitent en tous sens tant que la température est au-dessus du zéro absolu (environ  $-273^{\circ}\text{C}$ ). Énergisées et encouragées par les rayons chauds du soleil, encore plus de molécules s'échappent dans l'atmosphère sous forme de vapeur. Attention ! Nous ne parlons pas de gouttes d'eau; la plus petite goutte d'eau contient  $3 \times 10^{20}$  molécules. Ça fait des milliards de milliards de molécules d'eau dans une seule très petite gouttelette; le phénomène n'est donc pas visible à l'œil nu, n'empêche que des tonnes d'eau se retrouve en haut dans les nuages sous forme de vapeur. Et à mesure que la vapeur d'eau monte, l'air se dilate à cause de la diminution de pression atmosphérique à ces hauteurs. On appelle ce phénomène une expansion adiabatique, ce qui provoque un refroidissement considérable. C'est un peu comme lorsqu'on produit un jet à partir d'une bonbonne d'aérosol, la bonbonne devient plus froide. C'est le principe de fonctionnement des réfrigérateurs finalement.

Une fois là-haut, la vapeur d'eau est présente malgré une température excessivement froide, ça s'appelle le phénomène de surfusion. Les molécules d'eau sont agitées, désordonnées et s'entrechoquent. Il leur faut une particule ou une surface pour les guider, les aider à s'organiser, s'ordonner et créer un cristal. La formation des cristaux de neige commence lorsque la vapeur d'eau dans l'atmosphère se condense autour de noyaux de condensation. Les cristaux de neige se forment alors à une température très basse si basse qu'elle entraîne le passage de l'eau de l'état gazeux directement à l'état solide sans passer par l'état liquide. Ce phénomène de condensation solide qui conduit à la cristallisation de l'eau ne peut pas s'opérer dans l'air seul mais autour d'une particule, souvent une particule microscopique, poussière ou autre particules solides Une fois la nucléation amorcée la vapeur d'eau continue de s'agglutiner au noyau et le cristal de glace prend forme progressivement en adoptant des formes hexagonales. Le prisme miniature va croître en se nourrissant de la vapeur environnante tout en flottant dans le nuage. La forme exacte se dessine en fonction de plusieurs facteurs dont la température, la pression et le taux d'humidité. Les cristaux qui croissent jusqu'à leurs poids sont suffisants pour les entraîner dans une chute vers le sol. Au cours de la descente, ils peuvent rencontrer différentes couches d'air avec des températures et humidités variées, ce qui peut encore modifier leurs formes. En approche du sol les cristaux sont visibles en aiguilles ou en colonnes souvent dans les environs de  $-5^{\circ}\text{C}$  à  $-10^{\circ}\text{C}$ , en plaques autour de  $-10$  à  $-12^{\circ}\text{C}$  ou des étoiles à six branches plus ou moins ramifiées dans les environs de  $-12^{\circ}\text{C}$  à  $-18^{\circ}\text{C}$ . En descendant, plusieurs cristaux en dendrites (étoiles ramifiées) peuvent s'enchevêtrer et former des flocons de neige.

Le développement des cristaux se fait toujours en formes hexagonales en raison de la structure moléculaire de l'eau. La molécule d'eau est composée d'un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène  $H_2O$ . La forme géométrique peut ressembler à des "V" avec un atome d'oxygène connecté à deux atomes d'hydrogène formant un angle de  $104.45^\circ$ . Le polygone qui s'y rapproche le plus est l'hexagone. Chaque molécule est techniquement complète et neutre mais les molécules s'assemblent dans des structures en trois dimensions s'échangeant des liens avec les atomes d'hydrogène d'une molécule à l'autre.

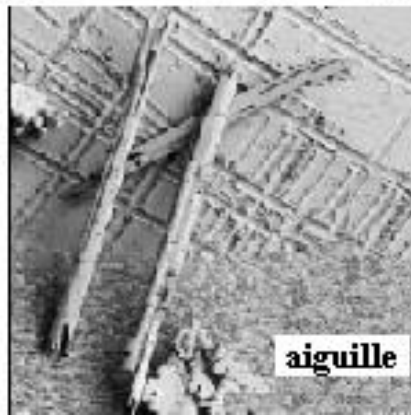
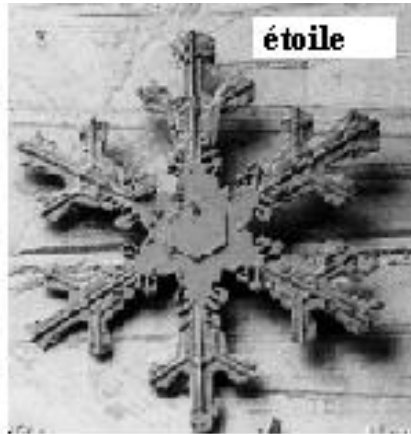
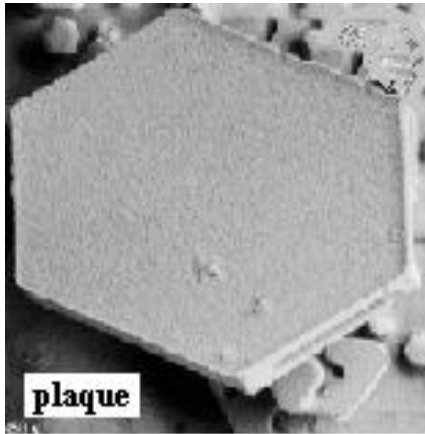


La structure microscopique de base ainsi formée ressemble à des alvéoles dans les ruches d'abeilles. Il n'est pas question ici d'entrer dans l'explication des liens atomiques et la physique quantique, disons simplement que des petits hexagones de glace s'associent pour former éventuellement les cristaux mentionnés plus haut. La forme hexagonale est la manière la plus stable et efficace pour les molécules d'eau de s'organiser dans un cristal de glace. Les six côtés d'un cristal de neige reflètent cette symétrie naturelle, résultant en des formes hexagonales souvent complexes mais toujours basées sur cette symétrie de base. Nous pouvons, pour faire court pour les skieurs, catégoriser trois types de neige : la neige sèche avec une texture poudreuse qui se forme par grand froid, la neige humide que l'on retrouve souvent entre  $0^\circ C$  et  $-5^\circ C$  et la neige mouillée qui tombe à  $0^\circ C$  ou plus.

En arrivant au sol, tout n'est pas fini. Le vent peut malmener les fins cristaux et fracasser les minuscules structures de cristaux de glace. La neige peut aussi toucher une surface plus chaude la faisant fondre en partie ou complètement. Et à ce point la formation est complète mais la transformation commence. La simple accumulation de la neige au sol peut faire changer la neige compactée par son propre poids.

Une fois au sol, la métamorphose de la neige va continuer comme décrit dans la section "Métamorphose de la neige sèche". Elle passera rapidement de sa forme originale aux grains reconnaissables, puis pourra se transformer à multiples reprises en grains fins, en gobelets ou en faces planes, aller-retour, selon les conditions de température pour finalement en arriver aux grains ronds et éventuellement fondre. Une partie de la neige peut aussi se sublimer (passer directement de la glace à la vapeur d'eau) pour retourner aux nuages, de même que l'eau de fonte évidemment. Le cycle est complet.

## TRANSFORMATION DE LA NEIGE



Quelques formes de cristaux de neige qui tombent #

Les chutes de neige sont des phénomènes météorologiques des plus remarquables et fascinants. Chaque flocon est façonné par des processus complexes et mystérieux. Dans cette section nous plongeons dans ce monde de la transformation de la neige au sol. En effet, l'état de la neige n'est pas un phénomène statique. La formation des cristaux commence dans les nuages avec la cristallisation de gouttelettes microscopiques autour de particules de poussière ou de pollen. Et les structures de glace se développent en suivant des patrons hexagonaux avec une symétrie remarquable, donnant naissance à une infinie variété de formes de cristaux de neige. La transformation de la géométrie continue et même une fois au sol, les changements sont encore plus évidents. En fait, la neige

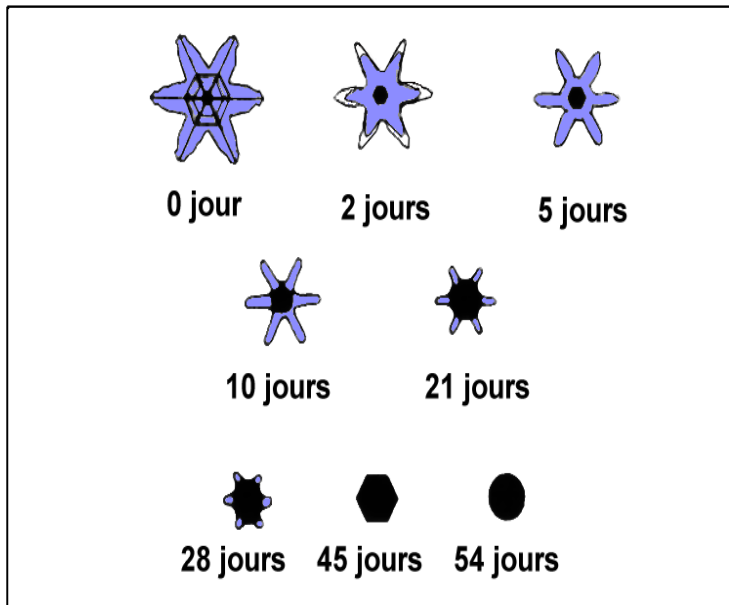
naturelle se transforme irréversiblement du cristal vers le granule. Le réarrangement accroît de plus en plus la densité des cristaux pour créer la consistance du glacier et, par temps plus chaud, redevient ultimement liquide. Les conditions météorologiques locales, les rayons du soleil, les cycles de température, l'érosion par le vent ou l'achalandage de la station de ski sont des facteurs qui influent sur le métamorphisme de la neige.

Le travail mécanique des pistes est cependant un moyen d'intervenir et de concasser les agglomérations dures et de les retourner en fines particules. La neige est en perpétuelle transformation. Si elle ne l'était pas, l'hiver serait éternel et les conditions de ski toujours parfaites.

---

# Images du Centre de Recherche Agricole de Beltsville, MD

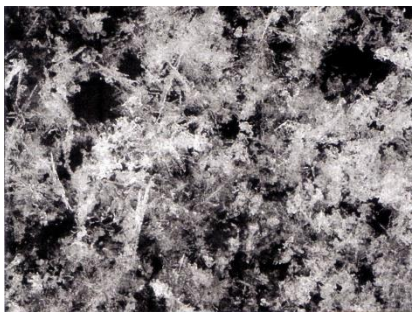
Dès leur formation, les cristaux de neige prennent d'innombrables formes allant de l'aiguille, aux plaques, aux structures étoilées plus ou moins ramifiées.



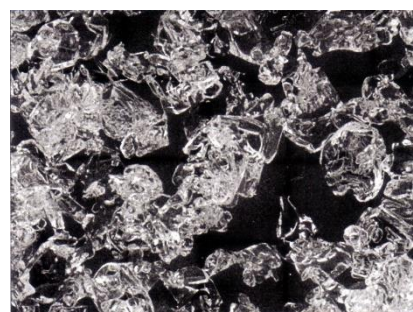
Aussitôt tombée, la neige commence alors à se désagréger. Les cristaux ramifiés se désintègrent graduellement et s'entassent. La neige devient granuleuse. La vitesse de cette transformation varie énormément et peut aller de quelques heures à plusieurs jours. Si la température est froide de façon continue et qu'il n'y a pas d'intervention par la machinerie ou par les skieurs, la neige conserve ses propriétés plus longtemps. En général, en dedans de 1 à 3 jours la structure ramifiée des cristaux sera déjà considérablement effritée. Avec le temps, les cristaux de neige changent, la température et l'humidité étant constantes.

Transformation de la neige dans des conditions stables<sup>1#</sup>

Par la suite, la transformation se continue, les cristaux s'agglomèrent et forment une substance de plus en plus dense, le névé qui est ni plus ni moins une transition vers la glace. Mais il ne faut pas oublier qu'avant que tout cela ne se produise, des cycles de température font leur effet ou d'autre neige fraîche tombe.



Neige fraîche humide



Neige granuleuse

## TRANSFORMATION ET GLISSE

La forme des cristaux a beaucoup à faire avec la glisse du ski, c'est-à-dire avec l'aisance de déplacement du ski sur la surface de neige. En théorie, il faut se rappeler que la friction est nécessaire pour fondre les cristaux de glace et former une pellicule d'eau extrêmement mince sur laquelle les skis se déplacent et glissent. À mesure que la température baisse, il est donc plus difficile de faire fondre les cristaux et la glisse se détériore. Plusieurs ont expérimenté une descente par temps très froid (-40 °C) alors que des skis non munis d'une cire spéciale refusaient littéralement de glisser sur les cristaux de neige beaucoup

<sup>#</sup> (D'après Colbeck, 1982) Réf. : Manuel Technique SWIX

plus durs. On prétend que la meilleure glisse pour le ski alpin se situe autour de  $-5^{\circ}\text{C}$  à  $-7^{\circ}\text{C}$ . Par temps chaud, la présence de la couche d'eau devient un problème et doit être réduite le plus possible de la base du ski. Dans une neige poudreuse profonde, le ski est plutôt lent parce que les gouttelettes d'eau formées par la friction sont perdues dans l'épaisseur de neige bien aérée. La même neige sur fond dur sera plus rapide. Les skieurs transforment rapidement une surface de neige poudreuse fraîche en une neige transformée (fondue et solidifiée) à cause de la friction des skis. Les différents farts vont justement être agencés le plus possible avec le type de neige pour obtenir de meilleurs résultats. La cire contrôle la tension de surface et va sceller plus ou moins la base du ski tout en empêchant la saleté de s'y introduire. Aussi, la consistance de la cire est choisie en fonction de la dureté des cristaux de neige. Compte tenu que beaucoup de stations de ski sont maintenant équipées pour fabriquer de la neige artificiellement, le phénomène de transformation diminue d'importance. La neige produite est toujours en granules de glace et les pistes sont travaillées mécaniquement. Il existe cependant certaines différences régionales, alors qu'une station utilise de l'eau plutôt dure et ferreuse et une autre de l'eau douce.

**Note :** Il est important de tenir compte des transformations que subit la neige tout au long de l'hiver. Au début de l'hiver, le sol est normalement gelé, la couverture de neige mince et l'angle du soleil plutôt bas, ce qui signifie que les cristaux de neige seront très durs, froids et souvent secs. Il est recommandé d'utiliser, durant cette période, *des farts plus froids*. A mesure que la couche de neige s'épaissit, que le sol devient mieux isolé et que la chaleur irradiée par le noyau de la terre monte vers la surface, la neige commence à se réchauffer, les cristaux deviennent plus mous, circulaires et souvent plus humides, on a alors recours aux *farts réguliers*. Lorsque le printemps approche, l'angle du soleil est plus haut et les rayons ont un impact plus important sur la surface de la neige. La couche de neige est plus chaude et l'effet du soleil est plus marqué. Il peut alors s'avérer nécessaire d'opter pour *des farts plus chauds*.

## **II) NIVOLOGIE**

(Science de la neige)

### **NEIGE NATURELLE**

Il s'agit essentiellement de précipitation solide de cristaux de glace. La neige naturelle est celle qui vient directement des nuages où elle s'est formée et qui n'a subi aucune transformation. Le dictionnaire Larousse décrit le phénomène comme suit : "Quand la température des basses couches de l'atmosphère est inférieure à 0 °C, les précipitations tombent sous forme de neige, qui résulte de la présence, dans un nuage, de noyaux de congélation faisant cesser le phénomène de surfusion." Autrement dit, de la vapeur d'eau existe à basse température dans les nuages, ce que l'on appelle de la surfusion; et cette vapeur se condense directement en glace autour de noyaux glaçogène qui peut être de la poussière microscopique par exemple. Une fois démarré, le phénomène de surfusion cesse puisque la vapeur d'eau disparaît en se condensant sous forme de glace pour faire croître les cristaux de neige. Les météorologues ont toutefois une définition plus nuancée de la neige et de ses processus de formation, qui dépendent grandement des conditions changeantes de l'atmosphère.

Même si tous les types de cristaux ont une structure de base hexagonale, leur forme peut varier beaucoup. On distingue près d'une centaine de types de cristaux par leur forme que l'on peut regrouper en 10 grandes familles. Les plus remarquables et les plus connus sont évidemment les étoiles mais aussi les plaquettes, les aiguilles ou les colonnes, toutes les autres familles y sont apparentées.

A ce stade, il faut souligner l'excellence du site Internet "SnowCristals.com" duquel proviennent de bonnes explications et d'excellentes photographies contenues dans ce texte.

## FORMATION DE CRISTAUX DANS L'ATMOSPHERE

Trois éléments nécessaires à la formation de cristaux de neige

1. Vapeur d'eau dans les nuages
2. Noyaux de congélation (poussière, pollen, autre)
3. Mécanismes d'ascendance
  - *Ascendance orographique* - Montagnes
  - *Ascendance cyclonique* - Circulation autour d'une dépression
  - *Ascendance de front froid* - Air chaud rencontrant un front froid qui l'oblige à s'élever

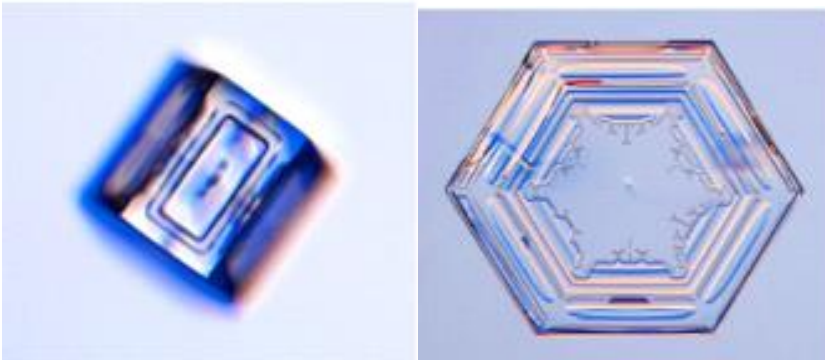
### FLOCONS

C'est une agglomération de plusieurs cristaux. Ce phénomène se produit lorsque la température devient supérieure à -5°C.

### FLOCONS DE NEIGE

- **Conglomérats** - Habituellement formés lorsque les cristaux s'agglutinent dans l'atmosphère. Ils deviennent alors ce qu'il est courant d'appeler des flocons de neige.
- **Givrage** - Croissance par collision avec des gouttelettes d'eau surfondue qui gèlent instantanément au contact de cristaux.
- **Neige roulée** - Habituellement associée au passage d'un front froid.
- **Excroissance de cristaux** - Croissance continue des cristaux initiaux qui peut donner lieu à de gros cristaux complexes.

### PRISME SIMPLE, PLAQUE

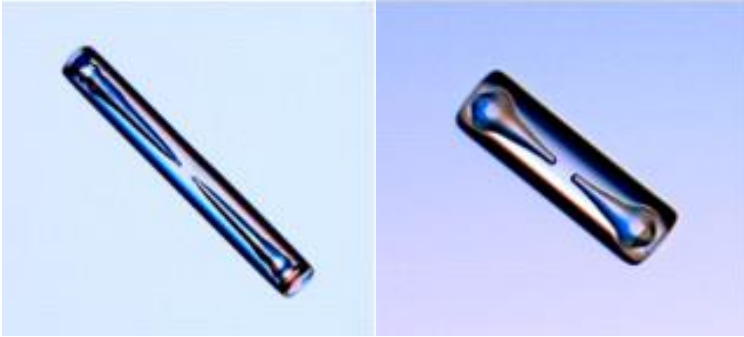


Voici quelques formes assez primitives de cristaux<sup>#</sup> de neige. Un simple prisme ou une plaque hexagonale. Ces cristaux sont si petits qu'ils passent inaperçus étant invisibles à l'œil nu. On les appelle parfois de la poussière de diamant parce qu'on peut les voir indirectement grâce à la réflexion et la réfraction des rayons du soleil. Lors d'une journée où le ciel est voilé par des cirrus, on peut voir de petits scintillements qui nous font penser à de la poussière de diamant. Parfois même on peut voir un halo autour du soleil à cause des millions de petits scintillements produits par ces cristaux.

---

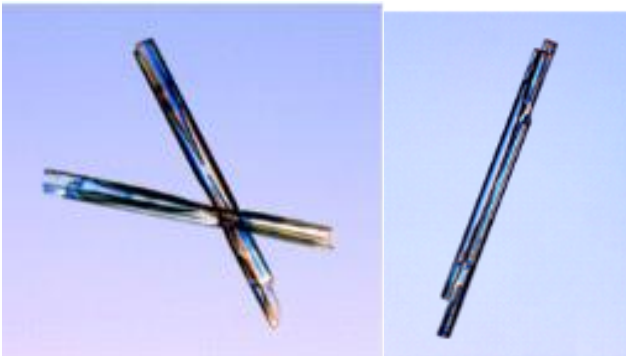
<sup>#</sup> Photos de SnowCristals.com

## CRISTAUX EN COLONNE CREUSE



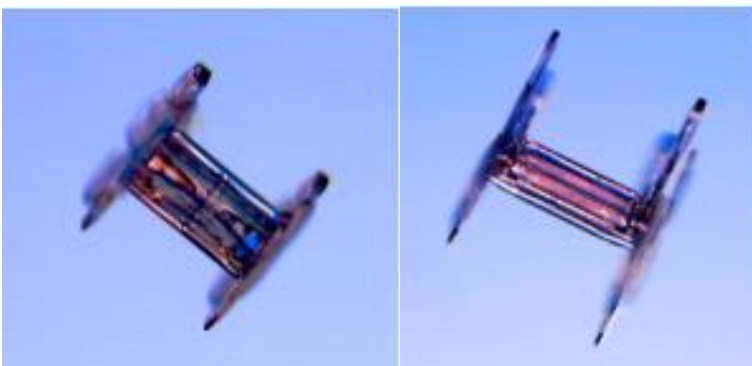
Que ces cristaux sont curieux me direz-vous ? C'est vrai qu'on ne les voit pas dans les publicités de vacances de ski mais sachez que les aiguilles et colonnes sont très communes et sont présentes dans de nombreuses chutes de neige. Les colonnes qui ressemblent à des cylindres allongés se forment souvent dans des conditions de température plus froides et une humidité relativement faible.

## CRISTAUX EN AIGUILLE



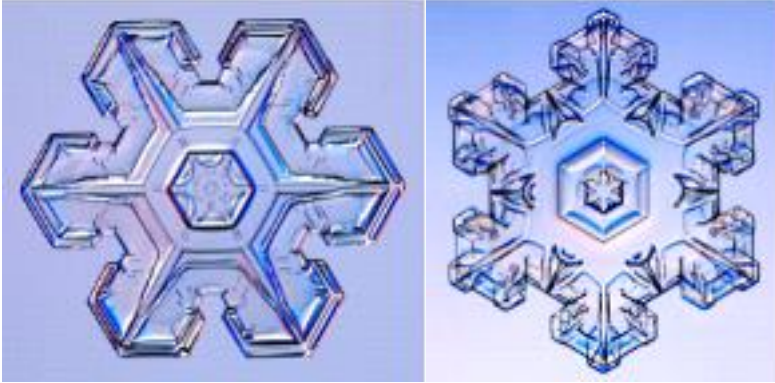
Voici des cristaux en formes d'aiguilles. C'est eux qui piquent le visage lors de tempête de neige.

## COLONNES CHAPEAUTÉES

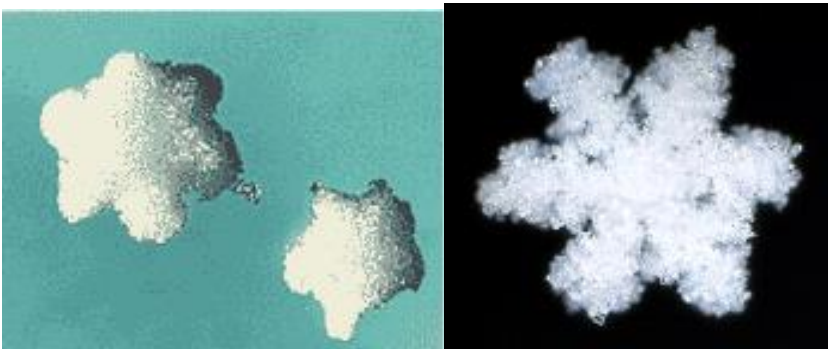


Il arrive que des cristaux de neige commence à se former en colonnes puis sont ensuite transportés par des courants d'air dans des régions plus froides. C'est alors que des plateaux se développent formant ainsi les colonnes chapeautées. #

## CRISTAUX STELLAIRES À BOUTS EN PLATEAUX



## GRAUPEL OU NEIGE ROULÉE



La neige roulée est un cas particulier puisqu'elle se forme à partir des gouttelettes d'eau liquide (et non à partir de la vapeur d'eau) présentes dans le nuage (malgré sa température négative). Ces gouttelettes gèlent sur le cristal de neige à son contact et lui donne un aspect "boursoufflé". Sa principale caractéristique est son absence de cohésion qu'elle conserve longtemps au sein du manteau neigeux lorsqu'elle est enfouie. La **neige roulée**<sup>#</sup> peut apparaître lorsque la température avoisine 0°C. Avant les chutes de flocons de neige ou mêlée à elles, une précipitation peut tomber d'un nuage sous forme de particules de glace blanches et opaques, de surface généralement arrondie ou conique et dont la dimension peut aller jusqu'à 5 mm. Les particules de neige roulée présentent les caractéristiques de la neige car ce sont en fait des flocons qui se sont écroulés sur eux-mêmes sans fondre à cause de la température près du point de fonte. Ils peuvent également avoir capturé des gouttelettes de bruine pour former du *graupel* (de l'allemand pour grêle molle). Ils se présentent comme des grains cassants et friables, qui souvent rebondissent ou se brisent sur le sol (ils ne s'observent pratiquement jamais en mer).

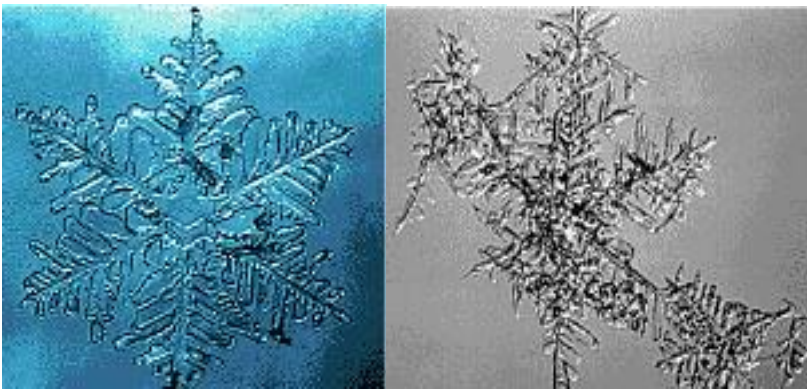
---

<sup>#</sup> Photos de SnowCristals.com

## CRISTAL DENDRITIQUE ET CRISTAUX EN FORME DE FOUGÈRE



A mesure qu'un cristal grandit, il consomme la vapeur d'eau disponible autour de lui. Pour continuer de croître les molécules d'eau vont être diffusées à travers l'air vers les régions appauvries du cristal. La croissance est moins rapide mais favorable à la formation des ramifications. Le jeu de la pression, vérifié en laboratoire exerce un rôle important sur la croissance et la ramification. À basse pression, les molécules d'eau diffusent plus rapidement, les cristaux développent plus de facettes et moins de ramifications. À l'inverse, à plus haute pression, la croissance devient plus limitée par la diffusion et les dendrites se développent.



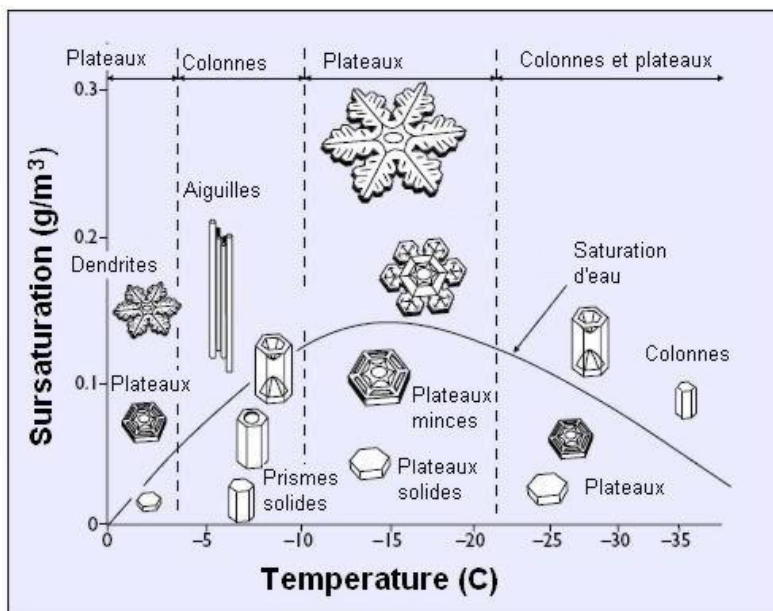
Neige en étoile<sup>#</sup> à six branches aussi appelées dendrites et flocon de neige : plusieurs cristaux enchevêtrés et adhérents les uns aux autres; phénomène appelé cohésion de feutrage. Quand les branches se développent, elles offrent la possibilité d'enchevêtrement entre les cristaux de neige. La neige peut tomber au sol et arriver à tenir dans une pente très raide par exemple. Cette force qui lie les cristaux les uns aux autres se nomme la cohésion de feutrage.

---

<sup>#</sup> Photos de SnowCristals.com

Les cristaux de neige fraîche se forment dans les nuages à partir de la vapeur d'eau qui y est présente. Celle-ci se condense en glace sur des impuretés (poussières, particules salines, végétales, etc.) qui se trouvent dans le nuage et que l'on appelle noyaux de congélation. Ainsi naissent les germes de glace, point de départ des cristaux de neige fraîche. Ces germes de glace vont en effet grossir en se "nourrissant" de la vapeur d'eau du nuage, tout en respectant une symétrie hexagonale que l'on retrouve donc dans tous les cristaux de neige fraîche. En fonction de la température de l'air du nuage, cette croissance se fait selon des axes différents, ce qui explique l'origine des trois formes originelles : étoile, plaquette et aiguille (ou colonne). Naturellement, les températures dans un nuage varient, le cristal en tombant rencontre de nouvelles conditions de température. De ce fait, un même cristal peut avoir des formes combinant les trois principales, voire ne plus leur ressembler tant les combinaisons peuvent être complexes.

En présence de beaucoup d'humidité, les cristaux de glace auront tendance à croître rapidement, à développer des branches et aussi à se regrouper pour former des flocons. En revanche, dans l'air plus froid et sec, les cristaux seront plus petits et compacts. À des températures inférieures à environ  $-40^{\circ}\text{C}$ , la vapeur d'eau peut se solidifier directement en cristaux de glace (neige). Au-dessus de cette température, le cristal de glace peut prendre son origine autour d'un nucléus de poussière minérale et le processus de cristallisation s'effectue ensuite aux dépens des gouttelettes d'eau surfondues en suspension dans l'atmosphère. Au contact des cristaux de glace, les gouttelettes s'évaporent et la vapeur ainsi produite se solidifie par sublimation pour faire croître les cristaux. Des gouttelettes d'eau peuvent également s'agglomérer directement aux cristaux de glace par collision. Ce phénomène sera favorisé dans des courants d'air verticaux plus forts. Quoi qu'il en soit, lorsqu'une structure est devenue suffisamment lourde, elle tombe.



Sur le diagramme de Ukichiro Nakaya nous pouvons constater le rôle de la température qui détermine principalement la forme de base des cristaux alors qu'en présence d'humidité plus élevée les cristaux deviennent plus complexes. Il faut savoir que dans l'atmosphère et lors de la chute des cristaux de neige les conditions changent, ce qui fait évoluer davantage la forme des cristaux

### STRUCTURES RAMIFIÉES

La plupart des cristaux sont ramifiés en étoiles hexagonales à cause des arrangements naturels d'hydrogène et d'oxygène dont la molécule d'eau est constituée.

### STRUCTURES NON RAMIFIÉES

Parmi les cristaux de types non ramifiés il y a ceux en forme de plaques, en forme de colonnes ou en aiguilles. Souvent ces cristaux sont si petits que les précipitations sont difficilement visibles.

## TYPES DE CRISTAUX (NATURELS)

La forme fondamentale des cristaux de neige est largement déterminée par la température à laquelle ils se sont formés.

<u>Type de cristaux</u>	<u>Plage de température à la formation (°C)</u>
Plaques hexagonales minces	0 à -3
Aiguilles	-3 à -5
Colonnes prismatiques creuses	-5 à -8
Plaques hexagonales	-8 à -12
Stellaires et dendrites	-12 à -16
Plaques hexagonales	-16 à -25
Prismes creux	-25 à -50



*Aiguilles*













































*Stellaires & dendrites #*

---

# Photos de SnowCristals.com

# CLASSIFICATION DES CRISTAUX DE NEIGE

	<b>N1a</b> Aiguille simple		<b>C1f</b> Colonne creuse		<b>P2b</b> Cristal stellaire à bouts en plateaux en sections
	<b>N1b</b> Amas d'aiguilles simples		<b>C1g</b> Plateau épais solide		<b>P2c</b> Cristal dendritique à bouts en plateaux
	<b>N1c</b> Gaine simple		<b>C1h</b> Plateau épais squelettique		<b>P2d</b> Cristal dendritique à bouts en plateaux en sections
	<b>N1d</b> Amas de gaines simples		<b>C1i</b> Rouleau		<b>P2e</b> Plateaux avec appendices simples
	<b>N1e</b> Longue aiguille solide		<b>C2a</b> Combinaison de balles		<b>P2f</b> Plateaux avec appendices en plateaux en sections
	<b>N2a</b> Combinaison d'aiguilles		<b>C2b</b> Combinaison de colonnes		<b>P2g</b> Plateau à appendices dendritiques
	<b>N2b</b> Combinaison de gaines		<b>P1a</b> Plateau hexagonal		<b>P3a</b> Cristal à deux branches
	<b>N2c</b> Combinaison de longues colonnes solides		<b>P1b</b> Cristal à branches en forme de plateaux en sections		<b>P3b</b> Cristal à trois branches
	<b>C1a</b> Pyramide		<b>P1c</b> Cristal à larges branches		<b>P3c</b> Cristal à quatre branches
	<b>C1b</b> Corolle		<b>P1d</b> Cristal stellaire		<b>P4a</b> Cristal à douze larges branches
	<b>C1c</b> Balle solide		<b>P1e</b> Cristal dendritique ordinaire		<b>P4b</b> Cristal dendritique à douze branches
	<b>C1d</b> Balle creuse		<b>P1f</b> Cristal en forme de fougère		<b>P5</b> Cristal mal formé
	<b>C1e</b> Colonne solide		<b>P2a</b> Cristal stellaire à bouts en plateaux		<b>P6a</b> Plateau à plateaux en saillie
	<b>P6b</b> Plateau à dendrites en saillie		<b>CP3d</b> Plateau à bout en rouleaux		<b>R3c</b> Neige en grapel à appendices non givré

	P6c Cristal stellaire à plateaux en saillie		S1 Plans		R4a Graupel hexagonal
	P6d Cristal stellaire à dendrites en saillie		S2 Plans en échelle		R4b Graupel en motte
	P7a Assemblage de plateaux en rayons		S3 Combinaison de plans, de balles et de colonnes		R4c Graupel en cône
	P7b Assemblage		R1a Cristal à aiguille givrée		11 Particule de glace
	CP1a Colonne à plateaux		R1b Cristal à colonne givré		12 Particule givrée
	CP1b Colonne à dendrites		R1c Plateau ou plateau en sections givré		I3a Branche brisée
	CP1c Colonne à plateaux multiples		R1d Cristal stellaire givré		I3b Branche brisée givrée
	CP2a Balles à plateaux		R2a Plateau ou plateau en sections fortement givré		14 Divers
	CP2b Balles à dendrites		R2b Cristal stellaire		G1 Colonne minuscule
					G2 Gemme squelettique
	CP3a Cristal stellaire à aiguilles		R2c Cristal stellaire à branches saillantes		G3 Plateau hexagonal minuscule
					G4 Cristal stellaire minuscule
	CP3b Cristal stellaire à colonnes		R3a Neige en graupel de type hexagonal		G5 Assemblage de plateaux minuscules
	CP3c Cristal stellaire à bots en rouleaux		R3b Neige en graupel en motte		G6 Gemme irrégulière

En fait, certains observateurs dont Ukichiro Nakaya et par la suite C.Mogono et C.W.Lee ont détaillé plus de quatre-vingts types de cristaux de neige. #

# Photos de SnowCristals.com

## PHOTOS DE NEIGE NATURELLE

Dans cette section, la neige naturelle devient un symbole d'émerveillement, une magie qui façonne des œuvres d'art éphémères. La simple observation de ces structures à la fois délicates et complexes nous amène à constater qu'il n'existe aucune machine qui pourrait artificiellement fabriquer, même de loin quelque chose de semblable. Non seulement l'apparence mais aussi les propriétés mécaniques et physiques ne sauraient se comparer à la neige fabriquée artificiellement.





\*

Toutes ces photos représentent des formes de cristaux de neige différentes qui sont évidemment impossibles à reproduire artificiellement avec des canons à neige. La neige fabriquée artificiellement est totalement différente comme nous le verrons dans la prochaine section.\*

---

\* Photos de SnowCristals.com

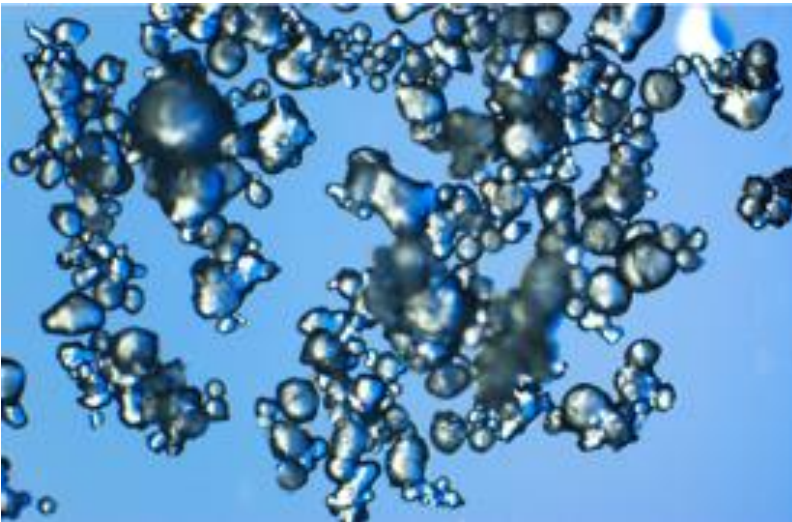
## NEIGE FABRIQUÉE

Il est important de préciser en débutant que la neige fabriquée artificiellement est obtenue à partir de gouttelettes d'eau (un liquide) pulvérisées plus ou moins finement dans l'air froid alors que dans la nature, la neige se forme à partir de la vapeur d'eau (un gaz). C'est pour cette raison qu'il n'est pas possible avec aucune technique existante de fabriquer des cristaux de neige avec des embranchements bien développés.

Les cristaux de neige naturelle se présentent sous divers aspects avec des structures de base hexagonale avec des formes variées comme les prismes, les plaques, les colonnes et aiguilles sans oublier bien sûr les formes étoilées avec leur 6 branches.

La neige naturelle au sol se transforme graduellement en granuleuse alors que la neige fabriquée se situe déjà dans une zone compressible favorisant l'apparition d'innombrables petits ponts de glace qui font durcir la surface. C'est pour cette raison qu'elle doit être travaillée plus souvent.

Type de neige	Naturelle	Fabriquée
Fait à partir de	Vapeur d'eau	Eau liquide
Densité	50 à 100 kg /m3	200 à 500 kg /m3
Forme	Base hexagonale, structures très variées : plaques, colonnes, étoiles	Structure sphérique
Transformation	Des cristaux naturels aux grains à faces planes, gobelets, grains fins, grains ronds, fonte et gel	Fonte et gel

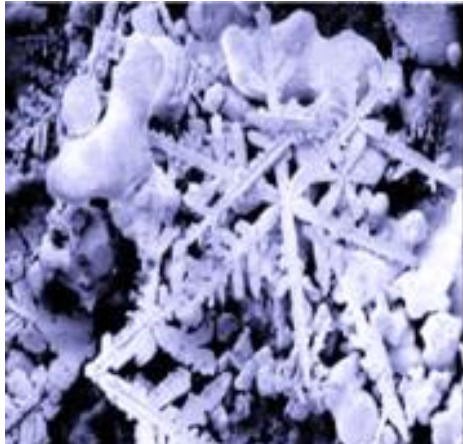


Regardons plus attentivement la neige fabriquée artificiellement, elle est en fait constituée de minuscules particules de glace de forme plutôt sphérique. Il s'agit essentiellement de verglas et non de flocon de neige.\*

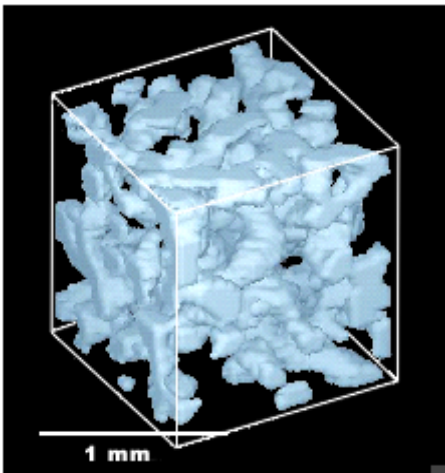
\* Photos de SnowCristals.com



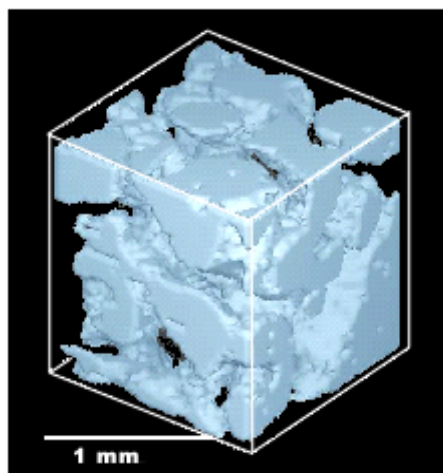
Sur cette photo, nous voyons la structure sphérique des cristaux de neige fabriquée artificiellement. Les boules encore humides fraîchement sorties du canon à neige se sont agglomérées et soudées ensemble. Les petits ponts de glace forment ce que l'on appelle la cohésion de frittage.



Enfin, sur cette photo, nous voyons un mélange principalement composé de cristaux de neige naturelle en étoile et un peu de neige fabriquée artificiellement entremêlée. Bien sûr, les proportions peuvent varier dépendamment de l'abondance de la neige fraîche et de la manière dont les pistes seront travaillées. Il faut savoir que l'intégrité des cristaux de neige naturelle au sol se perd rapidement et la neige devient granuleuse.



**Neige de basse densité**  
220 Kg / m<sup>3</sup>



**Neige de haute densité**  
516 Kg / m<sup>3</sup>

- densité de neige fraîche: entre 50 et 250 kg/m<sup>3</sup>
- densité d'une piste de ski moyenne : 480 kg/m<sup>3</sup>
- densité d'une piste de course en descente: 300 - 500 kg/m<sup>3</sup>
- densité d'une piste de course super-G : approx. 550 kg/m<sup>3</sup>
- densité d'une piste de course slalom : 600 kg/m<sup>3</sup>

## NEIGE EN TRANSFORMATION

Nous pouvons distinguer six grandes familles de cristaux et grains de neige au sol. Disons d'abord que le terme cristal est réservé à la neige fraîche qui comporte plusieurs formes de cristaux. Lorsqu'il s'agit de neige en évolution, nous parlons de "grains" de neige à cause des formes particulières en grains d'où le nom de neige granuleuse.

1	Cristaux de neige fraîche	Cristaux sous différentes formes
2	Particules reconnaissables	Grains
3	Grains à faces planes	Grains
4	Gobelets	Grains
5	Grains fins	Grains
6	Grains ronds	Grains

Les cinq familles de neige en évolution sont : particules reconnaissables, grains fins, grains à faces planes, gobelets et grains ronds. Chacune d'elles présentent des caractéristiques morphologiques propres et des propriétés physiques particulières.

Les cristaux de neige fraîche peuvent être observés par temps froid, les journées à faible vent. Ces cristaux en provenance des nuages n'ont encore subi aucune transformation. Ils ont tous une base hexagonale mais la forme peut varier considérablement. Il y a une dizaine de familles dont les plus connues sont : les étoiles, les plaquettes, les aiguilles et les colonnes. Toutes les autres familles dérivent de ces dernières. La plus remarquable est évidemment celle en étoile avec ses six branches très caractéristiques.

### NEIGE FRAÎCHE



En plaquette, en aiguilles, en étoile

Une couche de neige fraîche contient peu d'eau, de l'ordre de 10% et la masse volumétrique joue autour de 50 à 150 kg/m<sup>3</sup>. Le reste, c'est de l'air, nous parlons donc d'une neige très légère.\*

---

\* Photos de SnowCristals.com

## LIENS ENTRE LES CRISTAUX



Enchevêtrement (cohésion de feutrage)



Pont de glace (cohésion de frittage)

À cause des branches (qu'on appelle aussi dendrites) les cristaux peuvent s'entremêler mécaniquement ce qui leur procure une certaine cohésion. Autrement dit, les cristaux peuvent s'attacher les uns aux autres et cet enchevêtrement des cristaux permet à la couche de neige de pouvoir tenir sur une pente très raide et même verticale. Cette propriété appelée cohésion de feutrage est fragile car la neige poudreuse est de courte durée. Nous parlons ici de quelques heures à quelques dizaines d'heures.

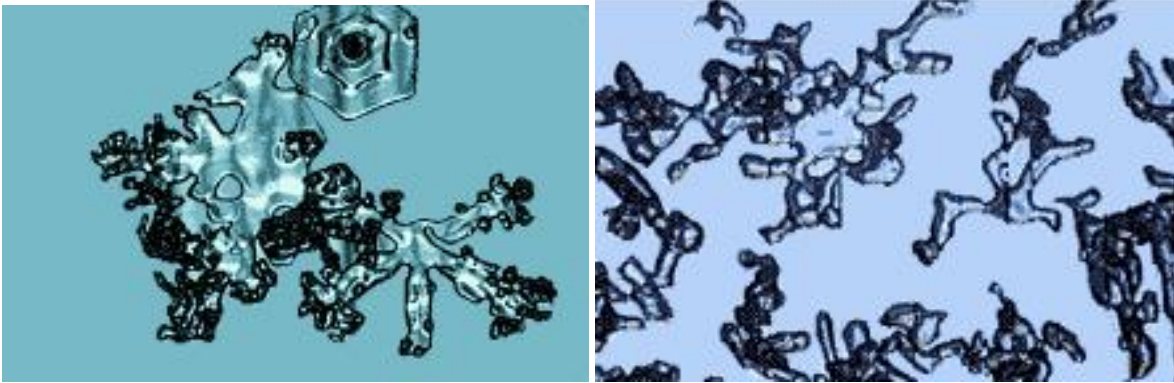
Les autres types de cristaux de neige possèdent très peu de cohésion de feutrage à cause de leur structure moins dendritique.

Enfin, les autres familles de grains de neige ne possèdent plus de cohésion de feutrage mais une autre forme d'agglomération existe, elle se nomme : la cohésion de frittage. Elle consiste essentiellement d'un point de contact qui a fait un pont de glace entre deux grains. \*

---

\* Photos de SnowCristals.com

## GRAINS RECONNAISSABLES

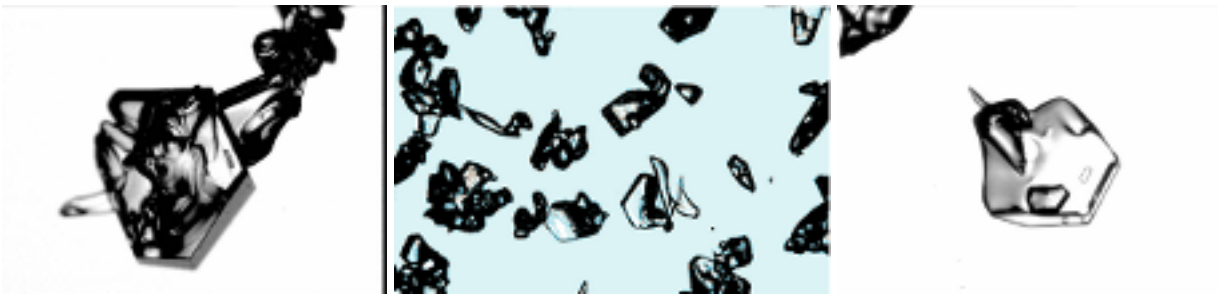


Comme le nom l'indique, en observant les grains reconnaissables on peut encore dire de quels cristaux ils sont issus. Ça peut être un cristal en étoile dont une ou plusieurs branches sont cassées. Il subsiste donc une certaine cohésion de feutrage mais de moindre importance à mesure que les cristaux sont altérés. Ça peut être aussi des particules arrondies sur lesquelles peut exister des petits ponts de glace qui commence à se former (la cohésion de frittage).

À ce stade la neige est encore très poudreuse avec une masse volumétrique assez faible de l'ordre de 100 à 200 kg/m<sup>3</sup>. La fraction d'air étant encore importante, la neige est encore isolante et l'action de réchauffement du soleil (l'albédo) est très limitée

Les branches des cristaux de neige stellaires sont instables, elles n'apparaissent que dans des conditions d'équilibre durant leur croissance. Dès qu'ils touchent le sol, les cristaux dans un banc de neige tendent à adopter une structure plus stable en forme de prisme hexagonal complexe; ils commencent leur évolution au sol.

## GRAINS À FACE PLANE

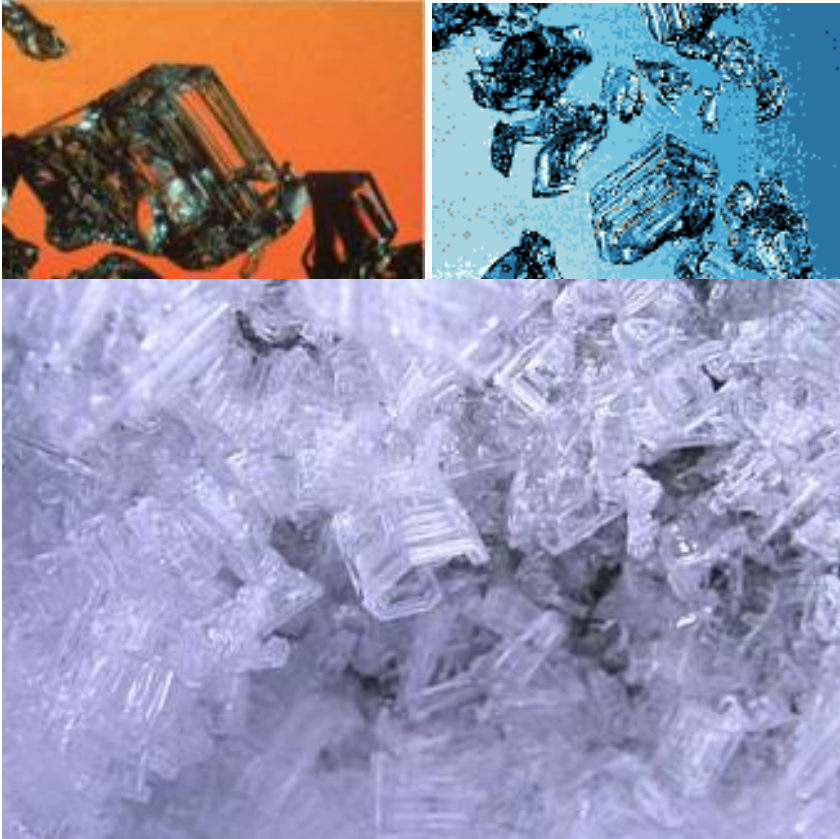


Les grains à face plane ont une taille d'environ 1 millimètre et la masse volumétrique se situe autour de 250 à 350 kg/m<sup>3</sup>. Ce sont des grains qui présentent des surfaces planes et des angles marqués. La principale caractéristique de ces grains est l'absence de liaison avec leurs voisins : la cohésion d'une couche de grains à faces planes est pratiquement nulle. Quand on en prend dans la main, les grains coulent entre les doigts.\*

---

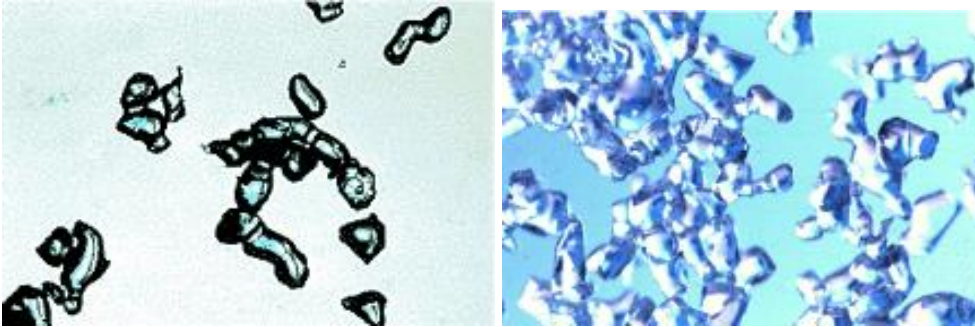
\* Photos de SnowCristals.com

## GOBELETS



Les gobelets ressemblent à des pyramides striées, généralement creuses. Ils peuvent mesurer plusieurs millimètres. Les gobelets possèdent les mêmes caractéristiques que les grains à face plane c'est-à-dire absence de cohésion et le glissement entre les couches est grandement facilité.

## GRAINS FINS



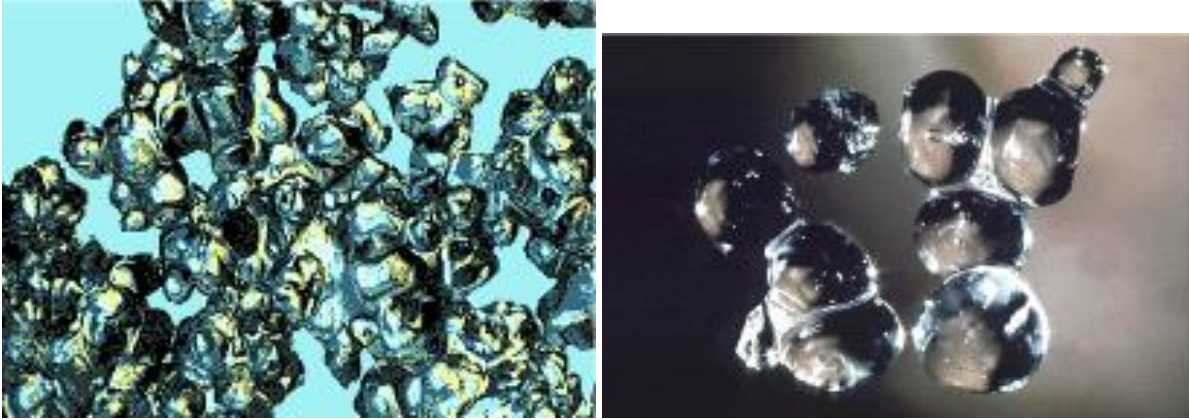
Les grains fins sont de petites particules de moins d'un demi millimètre, plutôt sphériques qui présentent de nombreux petits ponts de glace soudant les grains fins à leurs voisins, au niveau de leur point de contact (la cohésion de frittage). C'est le type de neige que l'on retrouve typiquement dans les congères ou les corniches. Comme elle se tient bien, on peut la découper et en faire des blocs pour construire un igloo par exemple.

Comme la masse volumétrique est assez élevée : 200 à 400 kg/m<sup>3</sup>, cette neige est moins isolante parce qu'elle contient moins d'air. Par contre, son pouvoir réfléchissant est assez élevé grâce aux petites tailles des grains. Le soleil aura donc peine à réchauffer une couche surtout en plein hiver quand les rayons sont moins ardents.\*

---

\* Photos de SnowCristals.com

## GRAINS RONDS



Les grains ronds se distinguent de tous les autres, car ils ont les caractéristiques de la neige humide ou mouillée, qui contient ou a contenu, de l'eau liquide dans les espaces entre les grains. Ils sont généralement sphériques, lisses et font parfois plusieurs millimètres de diamètre. La masse volumique d'une couche de grains ronds est élevée : 350 à plus de 500 kg/m<sup>3</sup>. À cause de leur grande taille, leur albédo est faible : ils absorbent une part importante de l'énergie solaire et se réchauffent donc vite en plein soleil. En quelques heures le dégel peut faire disparaître une couche de neige superficielle de 30 cm d'épaisseur au printemps.

La cohésion d'une couche de grains ronds est variable et de deux types. Si l'eau présente entre les grains est liquide et en faible quantité, elle a tendance à maintenir les grains les uns contre les autres (l'effet de ventouse) : on parle de cohésion capillaire. Par contre si la quantité d'eau liquide augmente, elle a un effet inverse : elle fait perdre à la neige sa cohésion. La neige devient pâteuse ("de la soupe"). Par contre si cette eau gèle, elle va ressouder très fortement les grains ronds les uns aux autres. La neige sera alors très dure (et souvent glissante) : on parle de croûte de regel. La cohésion est donc qualifiée elle aussi "de regel". C'est la plus résistante des quatre cohésions que nous avons vues.

Le grain rond est donc le dernier stade d'évolution de la neige, avant sa disparition par fonte.

## MÉTAMORPHOSE DE LA NEIGE SÈCHE

Parlons maintenant de la métamorphose de la neige sèche, c'est-à-dire celle qui ne contient pas d'eau sous forme liquide. Parmi les six groupes de cristaux et grains, seuls les grains ronds n'en font pas partie. Les 5 autres familles subissent une évolution au sol en tant que neige sèche.

Une fois au sol, ce qui reste des cristaux de neige et des particules reconnaissables va continuer sa métamorphose sous diverses formes dépendamment du gradient de température dans la couche concernée.

- par faible gradient, elles vont se transformer en grains fins;
- par moyen gradient, elles vont se transformer en grains à faces planes;
- par fort gradient, elles se transformeront en grains à faces planes, puis en gobelets.

Ces transformations sont irréversibles. Il n'y a pas de retour possible vers les particules reconnaissables. Cependant avec les gradients de température appropriés, la transformation entre grains fins et faces planes (ou en gobelets) est réversible.

Il est à noter que la neige roulée et le givre sont insensibles aux métamorphoses de la neige sèche.\*

---

\* Photos de SnowCristals.com

## **III) ENTRETIEN DE LA NEIGE**

### **ENTRETIEN DES PISTES**

L'entretien des pistes est un thème générique qui regroupe de multiples activités. Ceci peut comprendre des travaux tels que la préparation des pistes avant l'hiver, la fabrication et le damage de la neige, le travail mécanique, la préparation de la base, le déplacement des accumulations, le nivelage, le recouvrement d'endroits à découvert ou glacés, la signalisation, l'aménagement de pistes pour activités spéciales, etc. Pour le skieur moyen, certaines de ces activités peuvent passer pratiquement inaperçues alors que d'autres auront une importance capitale. Une base solide et dure sera possiblement un atout intéressant pour la station de ski afin de pouvoir déplacer la machinerie sans problème mais ne sera pas très palpable aux skieurs. Par contre, après une chute de neige très abondante, une piste non damée ravira certains skieurs experts et découragera les skieurs novices. Dans la même veine, une piste très achalandée deviendra rapidement recouverte de bosses, d'endroits dégagés ou glacés. Une telle piste non travaillée ne fera probablement pas bon ménage avec notre skieur moins habile. Quoi qu'il en soit, les stations de ski doivent tenir compte de ces facteurs, tout en conservant le cachet particulier de leur domaine.

#### **EFFET DU TRAVAIL MÉCANIQUE**

La neige fraîchement fabriquée artificiellement se situe déjà dans une zone compressible, instable et d'assez forte densité avec une masse volumétrique qui se situe entre 200 et 500 kg/m<sup>3</sup>. Les petits granules de glace ronds ne tarderont pas à créer de petits ponts de glace entre les grains rendant la surface durcie. C'est pour cette raison que la neige fabriquée artificiellement doit être travaillée souvent et régulièrement afin de recycler la surface. Les endroits durcis constitués de granules agglomérés sont littéralement concassés. Beaucoup de liens sont alors brisés laissant place à une texture plus aérée et malléable pour les skieurs.

Cependant, pour l'amateur de neige fraîche et poudreuse, l'effet sur les cristaux de neige naturelle est très dévastateur et irréversible. Les fines structures de glace volent littéralement en éclats. Plus les couches de neige naturelle seront travaillées plus vite elles seront transformées en grains fins. Lorsqu'il y a de la neige fraîche abondante, le compactage (damage) est généralement suffisant. De plus, une partie du travail mécanique développée par la machinerie sera transformée en chaleur ayant pour effet de créer des grains arrondis et contribuer à la formation de petits ponts de glace entre les grains

#### **DAMAGE**

À la suite d'une précipitation de neige, le damage des pistes est un travail de compactage exercé par de la machinerie, afin de maintenir la neige en place. En plus de conserver la neige dans les pistes, cette transformation contribue à réduire considérablement le déplacement de la neige par le vent et les skieurs. Enfin, les surfaces de neige damées offriront une condition beaucoup plus facile à skier pour l'ensemble de la clientèle.

#### **TRAVAIL MÉCANIQUE**

Pour des raisons historiques fortement ancrées dans les stations de ski le terme "Damage des pistes" est souvent utilisé pour parler du travail mécanique et ça ne se limite pas au simple compactage de la neige au sol. Cette activité s'oriente beaucoup plus sur les opérations de nivelage et de concassage des agglomérations dures. Les surfaces durcies ou glacées seront tantôt recouvertes de neige ou démantelées pour être recyclées. Les morceaux de neige durcie ou de glace sont ainsi broyés et réduits en granules pour recréer un tapis moelleux pour les skieurs. C'est pour cette raison que l'on parle souvent de neige recyclée mécaniquement. Le résultat final dépend du type de machinerie utilisé, de l'habileté des opérateurs, du temps et de la patience.

## ÉQUIPEMENTS



Beaucoup de skieurs ont remarqué l'avènement des "BR400" de la Compagnie Bombardier. Ces machines de haute technologie ont complètement révolutionné la qualité du travail mécanique des pistes de ski. Elles ont fait connaître, entre autres, le fameux fini "corduroy" aux skieurs. Aujourd'hui, ces machines sont fabriquées et vendues par la compagnie **Prinoth** et sont munies d'attachements appropriés pour minimiser les effets de l'achalandage et de la température, en transformant la surface, pour donner aux skieurs le fini auquel ils s'attendent à tous les matins.



### Dameuse de PistenBully

Souvent, la neige poussée par les skieurs de chaque côté de la piste est ramenée au centre de la piste pour être nivelée. Ensuite, toute la surface est déchiquetée laissant un tapis aéré de petits granules. La maîtrise de la technique d'entretien et du temps sont essentiels pour obtenir d'excellents résultats. Le travail mécanique comporte plusieurs facettes que ce soit pour niveler les pistes, pour redistribuer la neige aux endroits dégarnis, pour damer la neige fraîchement tombée ou encore pour concasser les plaques glacées ou de neige durcie. Le type de travail varie énormément quand il s'agit de neige naturelle ou fabriquée artificiellement. Cette dernière a tendance à durcir plus rapidement et doit être recyclée plus souvent selon l'achalandage. L'expression "neige recyclée" est souvent utilisée pour décrire la neige durcie qui a été broyée et aérée pour lui donner une texture plus moelleuse. Pour simplifier, le travail mécanique dans les pistes est évalué en fonction du résultat seulement. Le but recherché est d'obtenir une texture moelleuse et durable. Donc, l'appréciation du travail mécanique s'appuie fondamentalement sur ces deux qualités qui sont très perceptibles aux skieurs.

## COMMENT FAIRE LE TRAVAIL MÉCANIQUE

Dans ce chapitre, il existe plusieurs écoles de pensée dont nous allons dégager quelques lignes directrices. Disons d'abord qu'il n'existe aucune recette infaillible pour accomplir le travail quoique le but ultime est d'obtenir une surface de neige à consistance légère et malléable. Il semble généralement admis que la neige à faible densité (bien aérée et légère) présente une surface plus agréable à skier sur laquelle les virages en ski sont plus faciles à exécuter. Évidemment, cette affirmation ne s'applique pas aux parcours de courses de haut niveau de compétition. Ces pistes de courses sont prévues pour atteindre de grandes vitesses, la surface doit y être très dure avec une densité de l'ordre de 500 à 600 kg / m<sup>3</sup>, des agents chimiques étant souvent employés pour forcer le durcissement si nécessaire.

À chaque passage de machine on peut compter trois étapes en gros :

- D'abord avec la lame avant, l'opérateur cherche à ramener la neige poussée sur les bords vers le centre, ainsi qu'à remonter la neige descendue par les skieurs tout en brisant les bosses et amoncellements.

- Une fois, mieux répartie, la neige est écrasée et broyée par les chenilles et la faiseuse derrière qui finit le travail.
- Et enfin, la finition qui s'effectue avec le tapis derrière, pour lisser la neige et laisser un fini rainuré sur les pistes.



Fini "velours côtelé" (Corduroy)

Pour les parties plus abruptes il faut souvent effectuer le travail à l'aide de machineries équipées de treuils. Le treuil permet de retenir la machine à la descente pour un damage plus régulier et de meilleure qualité. Mais surtout, il permet de remonter la neige, ce qui serait pratiquement impossible avec une machine sans treuil.

### **CONSERVER LA NEIGE NATURELLE**

L'une des prémisses à l'obtention d'une surface légère est d'optimiser la conservation des attributs de la neige naturelle le plus longtemps possible. En effet, la neige naturelle se présente sous forme de cristaux qui s'accumulent de façon entremêlée avec beaucoup d'espace d'air composant une couverture dont la densité est relativement faible comme par exemple de 50 à 100 kg / m<sup>3</sup>. Une première décision est de choisir le moment le plus opportun pour effectuer le damage pour conserver la neige dans les pistes, pour offrir une condition de neige pas trop difficile aux skieurs et pour laisser suffisamment de temps à la neige fraîchement tombée de s'assécher afin d'éviter la compaction trop rapide de la neige lors du damage mécanique ou par le passage des skieurs. La neige humide se compacte plus facilement et plus rapidement devenant plus dure. Ensuite, le travail mécanique sera plutôt nécessaire au nivelage des pistes pour ramener la neige au centre des pistes, pour remplir les cavités, pour effacer les empreintes ou pour couvrir les endroits glacés ou durcis. Dans ce cas, le minimum de travail mécanique est préférable afin de conserver la structure des cristaux de neige proche de son état original. Cependant, la neige se transformera inévitablement au fil des jours, en devenant granuleuse, puis durcie. Dans l'échelle de densité, la neige se compacte difficilement au début, puis, dans la zone de 200 à 400 kg / m<sup>3</sup> le processus devient beaucoup plus évident pour atteindre un niveau où elle devient très dure. Dans la dernière phase, pour en arriver à la glace dont la densité excède les 830 kg / m<sup>3</sup>, la neige est de nouveau très peu compressible.

### **SKI DE PRINTEMPS :**

Après des mois de froid, un peu de soleil doux et agréable ajoute un plaisir certain au ski mais le travail des pistes n'est pas plus facile, au contraire. La neige devient lourde et gorgée d'eau et rend la traction plus difficile. La neige humide ou mouillée ne peut pas être compactée, les opérateurs tentent de fournir un fini lisse autant que possible en espérant que le reste de la nuit sera assez long pour permettre un certain regel pour que la neige se place et durcisse un peu. Les opérateurs commencent ordinairement par les pistes les plus faciles, puis intermédiaires, pour finir par les avancées en espérant toujours que le regel opère. La condition de ski au matin sera simplement "ski de printemps" dans les pistes ouvertes cette journée-là.

## TRAVAIL EN PROFONDEUR

La couche supérieure de la couverture de neige est plus vulnérable à la compaction dû aux effets combinés des skieurs, de la température extérieure et de la radiation solaire.

Après 2 heures de repos

Après 10 heures de repos



Une question fondamentale se pose : celle du travail en profondeur. Si le travail est effectué sur une très mince couche de neige, les skieurs se retrouveront très rapidement sur la base durcie.

D'autre part si le travail est effectué plus en profondeur, il faudra laisser plus de temps de repos à la neige avant d'ouvrir la piste aux skieurs, faute de quoi les pistes se creuseront rapidement et les bosses grossiront à vue d'œil laissant les parcours dans une condition pire qu'au départ.

Quand la surface de neige est devenue très dure, le broyage d'un tel

agrégat résulte en un substrat très granulé de particules de glace de haute densité qui est plus facilement skiable que la condition de départ mais n'est jamais aussi bon que la neige naturelle. Une façon connue de pallier ce problème est de fabriquer de la neige.

## QUAND FAIRE LE TRAVAIL

Les changements climatiques sont d'autres sources de soucis qui modulent les décisions. S'il neige au moment du travail mécanique, il faudra prévoir l'accumulation possible après la terminaison de celui-ci. Si la température extérieure est en voie de changement rapide, il faudra estimer l'effet d'un réchauffement et du ramollissement des surfaces dures ou l'effet d'un refroidissement et du durcissement des surfaces molles surtout si ces dernières sont humides. Un bon jugement, un bon dosage et beaucoup d'expérience sont nécessaires pour contrôler tous les éléments mentionnés et offrir aux skieurs le maximum de qualité de neige.

Certaines pistes, plus exposées au soleil ou plus abimées par le passage répété des skieurs sont généralement damées en premier dès la fermeture de la station afin d'obtenir le maximum de temps et laisser la neige se refroidir et durcir (se placer). En fonction de la météo, les horaires de damage ne sont pas toujours idéals. Normalement le froid de la nuit provoque un regel de surface et on obtient une bonne qualité de damage. Mais quand de fortes précipitations de neige tombent en fin de journée, dans la nuit, les dameuses doivent attendre et il ne reste pas assez de temps avant l'ouverture pour que la neige se place. La neige damée juste avant le passage des skieurs ne bénéficie pas du regel de la nuit et le damage est considéré moins bon et certainement moins durable.

Le damage ne peut pas donner un produit standard de qualité uniforme tout le temps. La neige en partant est un élément naturel qui varie continuellement. Si on combine à cela la forme des cristaux de neige, les températures à la hausse, à la baisse, les précipitations, le vent, l'ensoleillement et le passage des skieurs, ce n'est pas simple d'en arriver à offrir d'excellentes conditions tous les jours.

Enfin, une autre variable et non la moindre : le personnel qui effectue le travail. La gestion de ces personnes peut devenir compliquée et même peu réalisable si on fait intervenir des horaires variables de jour en jour selon la météo et des façons de procéder différentes selon l'état des pistes. Obtenir des personnes formées, disponibles et connaissant bien les façons de faire peut faire l'objet d'un compromis sur la perfection.

Pour plus amples informations sur la formation et le travail des opérateurs de dameuses, nous vous invitons à consulter le document suivant disponible sur Internet [https://guide-amenagement-sentiers.fcqg.qc.ca/fichiers/Guide de damage de pistes à l'usage des gestionnaires et des opérateurs d'équipements.pdf](https://guide-amenagement-sentiers.fcqg.qc.ca/fichiers/Guide%20de%20damage%20de%20pistes%20à%20l'usage%20des%20gestionnaires%20et%20des%20opérateurs%20d'équipements.pdf)

Cette organisation œuvre dans le secteur des pistes de quads et motoneiges et non pas des stations de ski mais on y retrouve beaucoup de points techniques et informations communes aux deux secteurs.

## **AJOUT DE NEIGE FABRIQUÉE**

Comme il n'est pas possible de compter uniquement sur la nature pour recevoir une excellente qualité de neige de façon régulière, en quantité suffisante et sans relâche, certains centres de ski optent pour un appoint de neige fabriquée artificiellement et pour le travail mécanique de concassage des surfaces durcies. À noter que la neige fabriquée artificiellement se situe dans la zone très compressible et "instable", typiquement la densité est de 200 à 500 kg / m<sup>3</sup>. Les besoins de nivelage des pistes sont les mêmes que ceux de la neige naturelle "fraîche" sauf que les plaques de neige durcie doivent être broyées et concassées en granules pour laisser une surface plus aérée et moins dense. La neige naturelle durcie et la neige fabriquée artificiellement doivent être ainsi recyclées pour revenir à un état plus agréable et plus facile aux skieurs. Mais attention, les granules fraîchement régénérés ne sont pas non plus dans un état statique. Tout en effectuant le travail mécanique sur la surface de neige, une certaine quantité d'énergie lui est transmise qui brise les liens entre les granules. Dans les heures qui suivent, cette énergie se dissipe en recréant des liens qui refont durcir la surface dans une certaine mesure. Il est donc recommandé de choisir le bon moment pour effectuer le travail. Il faut se rappeler également que l'excès de travail mécanique aura un effet négatif de durcissement de la neige.

# LA NIVOLOGIE AU SERVICE DE L'ENTRETIEN DE LA NEIGE

## INTRODUCTION

Un regard technique sur la neige, son mode de formation, l'évolution de sa structure et la façon dont l'action de la nature et de l'homme sur la neige réalisent cette évolution. Afin d'améliorer les surfaces neigeuses mises à la disposition des skieurs, il est utile d'avoir des rudiments de connaissance sur la neige dans l'atmosphère et au sol.

## MÉTAMORPHISME

Les cristaux de neige au sol, qu'il s'agisse de neige naturelle ou artificielle, subissent un processus *métamorphique* qui cause un arrondissement des grains.

- *Métamorphisme isotherme* (métamorphisme à température constante)

Les grains de neige commencent à s'arrondir sous l'effet du mouvement des molécules d'eau (*sublimation*) des zones à pression élevée vers les zones à pression faible sur la surface du cristal. Ce mouvement des molécules d'eau a pour effet d'éliminer les courbes accentuées, ce qui entraîne l'arrondissement du flocon ou du grain de neige. Lorsque deux ou plusieurs grains entrent en contact, une zone très concave se forme entre les grains.

Les molécules d'eau ont tendance à migrer vers cette zone et un processus de liaison réunissant les grains ensemble qu'on appelle « *frittage* » forme des liens entre les grains adjacents appelés « *ponts* ».

- Ce processus d'arrondissement et de liaison entraîne également une réduction des espaces d'air entre les grains. Ces espaces d'air sont appelés « *espaces poreux* ». Une augmentation dans la « *résistance au cisaillement* » de la densité grâce à la liaison et la réduction des espaces poreux qui en résulte peuvent également être augmentés par la pression vers le bas exercée par la gravité, par les skieurs, par les surfeurs des neiges et *par l'équipement de damage*.
- Les gens qui s'occupent de damage associent habituellement la densité plus étroitement à la « *résistance au cisaillement* », qui est mesurée par la capacité d'une quantité donnée de neige à résister à la rupture. Une neige facile à grimper pour un véhicule à chenilles serait considérée comme ayant une résistance au cisaillement élevée.



■ Neige artificielle (cristaux de glace)

◆ Il y a lieu de noter que la neige artificielle s'accumule habituellement au sol sous une forme en quelque sorte arrondie, même si la température froide et la pression d'air élevée provenant des canons à neige produisent des grains en quelque sorte



irréguliers et allongés. Dans certains cas, il peut y avoir de l'humidité libre susceptible de créer une certaine chaleur lorsque cette eau gèle à nouveau. *Notez que 80 calories de chaleur sont libérées pour congeler à nouveau 1 gramme d'eau.*

■ Neige de printemps (métamorphisme de fonte)

◆ Ce type de situation se produit au printemps et dans certaines régions en hiver. Lorsque la neige devient mouillée en raison de la pluie ou de la fonte et atteint une température avoisinant le point de congélation, les gros grains mouillés absorbent les petits grains adjacents. Avec l'alternance des cycles gel-dégel, les grains deviennent plus gros, formant ce qu'il est courant d'appeler une « **neige en gros sel** ».

■ Facteurs qui influencent les surfaces neigeuses et le processus métamorphique

- |                 |                            |
|-----------------|----------------------------|
| • Température   | • Gradients de température |
| • Conduction    | • Sublimation              |
| • Convection    | • Vent                     |
| • Humidité      | • Gravité                  |
| • Radiation     | • Compaction               |
| • Condensation  | • Ski                      |
| • Évaporation   | • Damage                   |
| • Précipitation |                            |

Tous ces événements influencent le processus du métamorphisme, soit en l'accéléralant, soit en le ralentissant.\*

## LES VÉHICULES ET LES INSTRUMENTS ET LEUR EFFET SUR LA NEIGE

---

\* "Snow science and its application to snow maintenance" – PRINOTH

Le damage de la manières, avec *véhicules et* varient selon les que la quantité de et l'aspect de la neige, la densité, degré de liaison, la quantité de utilisations et les chaque pente, les volume de autres critères.



neige s'accomplit de multiples toute une gamme de *types de d'instruments*. Les approches régions et selon des éléments tels neige existante au sol, le gradient pente, la teneur en humidité de la le type et la taille des grains, le la température de l'air, l'humidité, nouvelle neige tombée, les buts à court et à long termes de prévisions météorologiques, le circulation projeté et de nombreux

## REMBLAYAGE DES PISTES

- ◆ La préparation des pistes **en début de saison** commence souvent par le *remblayage des pistes* avec de la neige naturelle, l'objectif étant de créer une assise ferme sur laquelle les couches successives pourront s'accumuler. Le véhicule de damage est conduit sur la pente, ce qui laisse une surface raboteuse en raison des marques de chenilles. Les cristaux de neige sont compactés ensemble, ce qui accroît la densité (réduction de l'espace poreux). Selon les critères ci-dessus, le remblayage des pistes peut favoriser la construction d'une bonne assise.
  
- ◆ **Avantages du remblayage des pistes.**
  - Sous l'effet de la compaction, la pente devient plus ferme.
  - Une plus grande superficie est exposée à l'atmosphère, ce qui, dans certaines conditions, peut augmenter la liaison plus en profondeur sous la surface.
  - Des milliers de minuscules clôtures à neige sont créées.
  
- ◆ **Désavantages du remblayage des pistes**
  - Les vents forts sur une surface inégale ont plus de neige à transporter.
  - Les vents chauds sur une surface inégale se font sentir sur une plus grande superficie, ce qui accroît la fonte.
  - Les effets du rayonnement solaire se font sentir sur une plus grande superficie.\*

---

\* "Snow science and it's application to snow maintenance" – PRINOTH

## LE ROULEAU



■ Le rouleau, tracté derrière un engin de damage sert à compacter la nouvelle neige pour en faire une surface ferme. Le rouleau n'est plus utilisé autant qu'avant mais il a toujours sa place dans un parc d'instruments, étant particulièrement utile en début de saison pour compacter la neige de profondeur limite. Des études ont démontré que le rouleau offre une pression plus élevée mesurée en livres au pouce carré que le compacteur, d'où un degré de compaction plus dense.

Cela est dû à une plus petite superficie en contact avec la neige.

### ■ Avantages

- ◆ Bonne compaction.
- ◆ Ne déplace pas autant la neige des surfaces convexes que le compacteur.
- ◆ Déformation minimale des cristaux de neige.
- ◆ Exige un effort minimal de traction du véhicule.

### ■ Désavantages

- ◆ Peu maniable dans les endroits étroits et sur les pentes abruptes.
- ◆ Certains types de neige collent à la surface du rouleau.
- ◆ Devenu plutôt rare de nos jours.
- ◆ Certaines conditions de densité (dure) et de profondeur (grande) donnent une piètre finition.\*

---

\* "Snow science and its application to snow maintenance" – PRINOTH

## LA BARRE DE COMPACTAGE

- La barre de compactage qui est tractée derrière le véhicule est utilisée principalement dans des conditions de neige nouvelle et de faible densité afin de créer une surface lisse plus ferme. À



mesure que le compacteur est tiré sur la surface, les grains et amas de grains sont tirés et poussés sous la surface. Les projections à grande surface sont déplacées et les concavités sont remplies. Un peigne de plastique est tiré sur le dessus de la surface, ce qui comprime celle-ci en une série de crêtes et de vallées et donne à la surface l'aspect du « *velours côtelé* ».

- Dans des conditions de neige à densité plus faible, un véhicule qui tire un compacteur de largeur identique à la sienne peut offrir une plus grande pression calculée en livres par pouce carré et des surfaces de ski de densité plus uniforme. Même si les compacteurs à ailes couvrent une plus grande superficie, ils donnent des surfaces à densité plus faible et peut-être moins uniforme, des parties de la zone couverte par le compacteur n'étant pas touchées par les chenilles.

### ■ Avantages

- ◆ Incidence minimale sur les cristaux (en comparaison de la fraise).
- ◆ Adoucit les surfaces tout en ayant une incidence relativement faible sur la compaction.
- ◆ Faible consommation d'énergie pour obtenir un produit fini.
- ◆ Aide au maintien d'une surface lisse à faible densité.
- ◆ La neige de faible densité réagit mieux au compacteur.

### ■ Désavantages

- ◆ Le compacteur ne parvient pas à briser la vieille neige bien liée et très dense.
- ◆ La finition de la nouvelle neige très humide est difficile à réaliser.
- ◆ Le découpage des bosses et la finition à l'aide d'un compacteur sont rarement effectués en une opération. La neige est extraite des surfaces convexes.\*

---

\* "Snow science and its application to snow maintenance" – PRINOTH

## LA FRAISE (TILLER)

- La fraise dans des conditions de nouvelle neige sert à réduire les espaces poreux ou à



expulser l'air, rendant le ski plus plaisant pour les non-initiés à la poudreuse. Le fraisage de la nouvelle neige accélère le processus d'arrondissement et de liaison en brisant la délicate structure des cristaux, réduisant l'espace poreux et augmentant la compaction. Toute cette friction causée par les impacts génère une certaine chaleur. Il en résulte une fonte et une congélation infimes, d'où une plus grande liaison de la neige. Le bord de fuite de la fraise et le peigne de plastique compriment la neige davantage, ce qui accroît la densité.

■ Le fraisage des surfaces dures brise les grains de neige consolidés et permet d'ajouter une certaine quantité d'air entre les grains et amas de grains. La fraise ne touche habituellement que les 2 à 4 pouces supérieurs de la surface habituellement soumise au passage des skieurs qui redevient dure à nouveau si elle est laissée intacte.

- La fraise ne peut traiter qu'une quantité donnée de neige à la seconde. Cela dépend de la profondeur atteinte, de la taille de l'arbre, de la forme des dents et de la boîte et de la liaison et de la taille des grains de neige. Une faible pénétration et de la granulation se produisent souvent en raison d'une trop grande vitesse du véhicule.

### ■ Avantages

- Grande souplesse dans pratiquement toutes les conditions.
- Produit des surfaces de qualité uniforme dans divers types de neige.
- Donne une surface ferme rapidement à partir de neige nouvellement tombée.
- Permet de traiter efficacement la neige artificielle.
- Fonctionne bien dans la neige très dense et bien liée.

### ■ Désavantages

- Nécessite 40 à 80 HP et plus pour fonctionner, d'où une consommation accrue de carburant.
- Accélère le vieillissement (arrondissement) et le durcissement de la neige.
- Une utilisation excessive ou mauvaise peut créer prématurément la dureté ou une neige morte non liante.
- S'il y a peu de neige, la fraise peut être endommagée et de la terre et des débris peuvent être mélangés à la surface de la neige.\*

---

\* "Snow science and its application to snow maintenance" – PRINOTH

## LE RÉNOVATEUR AVANT



■ Le **rénovateur avant** est utilisé depuis un certain nombre d'années dans le damage des pistes de ski de fond et n'a commencé que récemment à l'être dans le secteur du ski alpin. Fixé à l'avant du véhicule à la place de la lame, le renovateur sert à ameublir les surfaces dures. À mesure qu'il est poussé dans la neige, il découpe une couche de la couverture de neige. Cette couche est alors brisée par les chenilles du véhicule et concassée par une fraise.

■ Son utilisation régulière sur les pentes réduit la densité et améliore la qualité et l'uniformité globales de la surface. Dans la neige durcie, le mélange des couches de différents types de grains de neige et l'ajout de cristaux de nouvelle neige à la couche travaillée peut augmenter l'espace poreux, ce qui donne des surfaces plus résilientes.

### ■ Avantages

- Grande productivité, faible consommation d'énergie.
- Fonctionne dans pratiquement toutes les conditions de neige.
- Transport minimal de neige, bon sur les pentes abruptes (particulièrement en descente).
- Rivalise avec le cultivateur mécanique comme le moyen le plus efficace de briser la neige dure.

### ■ Désavantages

- Ne doit pas être utilisé en situation de profondeur limite.
- Incapacité à transporter de la neige (aucune capacité propre à une lame).
- Selon la dureté et la liaison, la surface peut nécessiter deux passages avec la fraise afin d'obtenir une finition acceptable.\*

---

\* "Snow science and its application to snow maintenance" – PRINOTH

## LES CULTIVATEURS MÉCANIQUES



■ Aujourd'hui disparus, les cultivateurs mécaniques sont des instruments aratoires utilisés en remorque derrière un engin de damage afin de briser les surfaces dures. Lorsqu'ils sont remorqués, leurs dents, qui sont montées à angle par rapport au sens de la course du véhicule, creusent la surface de la neige. Certaines stations utilisent cet instrument constamment; le fraisage de la surface que le cultivateur a brisée donne une surface à résilience excellente.

### ■ Avantages

- Façon rapide de briser les surfaces dures.

- Instrument utilisable toute l'année si on possède une ferme.

### ■ Désavantages

- Par piètres conditions de neige, de la terre et des débris peuvent se mélanger à la couverture de neige.
- Difficile à manoeuvrer en remorque.
- Complètement disparu dans nos stations de ski
- Ne donne pas un produit fini; la neige doit être fraisée ou transformée en poudre.

## CERTAINES STRATÉGIES UTILISÉES EN CONDITIONS DIFFICILES

- Étant donné la multitude de variables changeantes dont il faut tenir compte lorsqu'il s'agit de damer de la neige, les esprits créatifs de milliers de personnes sont parvenus à de nombreuses solutions pour venir à bout des conditions climatiques et d'une neige en constante évolution. Seules quelques-unes de ces stratégies sont indiquées et bon nombre d'entre elles ne peuvent être mises en application qu'au moment et dans les conditions appropriées.
  
- Neige imbibée de pluie  
Ce type de neige peut constituer l'un des plus grands défis, en particulier la neige nouvelle imbibée de pluie !
  - ◆ Quelles sont les prévisions météorologiques à court terme ? Va-t-il geler, continuer à pleuvoir, le temps va-t-il s'adoucir ou descendre en dessous du point de congélation ? Savoir le temps qu'il va faire peut avoir une grande influence sur les mesures à prendre.
  - ◆ De nombreux exploitants se tiennent à l'écart de la surface ou attendent qu'elle soit suffisamment chargée d'humidité pour créer un produit valable.
  - ◆ Dans certaines régions, on compacte à la chenille la neige imbibée de pluie et on la laisse reposer, lorsqu'on sait qu'il va geler, puis on retourne la travailler à la fraise après le gel.
  - ◆ Les véhicules de damage ne donnent pas de bons résultats sur la neige imbibée de pluie en pente abrupte.\*

---

\* "Snow science and it's application to snow maintenance" – PRINOTH

- Neige de printemps (métamorphisme de fonte et de gel)
  - ◆ En phase de fonte, la surface se dame assez bien si elle n'est pas trop saturée d'eau. Toutefois, au cours de la partie gel du cycle, il devient plus difficile de produire une surface de qualité.
  - ◆ Choisir le bon moment est l'élément crucial à considérer en situation de fonte et de gel. Les opérateurs ne disposent habituellement que d'un mince délai pour produire une surface de qualité.
    - Le compacteur fonctionne bien en situation de fonte et de gel, particulièrement lorsqu'il y a de l'eau entre les grains, tout comme la fraise. La fraise peut augmenter le délai où il est possible de travailler la neige.
    - De subtils changements de température peuvent avoir des effets importants sur la neige en situation de fonte et de gel, en prolongeant ou raccourcissant l'une ou l'autre des parties du cycle. Du soleil et un ciel nuageux peuvent apporter beaucoup de chaleur à la couverture de neige.
    - Les projets de poussée doivent être réalisés avant qu'il ne gèle dur.

- Neige morte parfois appelée neige des sucres

Cette vieille neige à gros grains semble saboter le milieu de la saison dans la plupart des stations après une période prolongée de basse température sans nouvelle neige et une circulation intense. Les engins de damage sortent à la fin de la journée et poussent et passent à la fraise ces monticules de neige meuble à gros grains jusqu'à ce que la piste soit plane. Bizarrement, avant 10 heures le lendemain, les monticules sont réapparus. Que s'est-il passé ?

- ◆ Le temps – rappelez-vous que plus la température est froide, plus le processus de liaison est lent.
- ◆ Ajoutez la chaleur – une fonte partielle peut donner certaines molécules d'eau qui faciliteront la liaison. La chaleur peut provenir du rayonnement solaire, d'un vent chaud, de l'eau ou de produits chimiques.
- ◆ Il peut être utile de mélanger des grains plus petits ou des grains nouveaux moins arrondis à la neige problématique : il faut aller en profondeur ou prendre de la neige en bordure de la piste.
- ◆ Lorsqu'on obtient de la neige naturelle, il faut la mélanger avec la neige morte.
- ◆ Fabriquez de la neige et la mélanger avec la neige morte.

Il s'agit généralement d'une situation difficile à corriger, les meilleurs résultats proviennent d'un événement météorologique majeur (chute de neige) !\*

---

\* "Snow science and it's application to snow maintenance" – PRINOTH

## QUELQUES RÈGLES SIMPLES

- Plus la neige est chaude, plus l'arrondissement et la liaison s'accomplissent rapidement.
  - Plus les grains sont petits, plus la surface sera dure.
  - La résilience de la surface (douceur) est liée à la structure des grains et à l'espace poreux, des grains moins arrondis et plus d'espace poreux augmentant la résilience.
  - La surface subit l'influence de nombreux facteurs.
  - Les engins de damage traitent habituellement la couche de 6 pouces du dessus de la couverture de neige; se procurer une lentille grossissant 10 fois pour prendre conscience de la taille et de la structure des grains et de ce qui se passe.
  - La neige fond.
- À la fin d'une journée, les véhicules et les instruments les plus modernes disponibles peuvent être mis à contribution pour travailler une surface de ski et la quantité et la qualité peuvent quand même être médiocres si les opérateurs ne sont pas bien formés, sont mal dirigés et ne font pas preuve d'esprit de défi et d'imagination. Tout comme l'agriculture, le damage de la neige nécessite une connaissance de la substance travaillée, la sensation de l'uniformité de la surface et de la façon dont le véhicule réagit avec la neige.

## TERMES COMMUNS EN NIVOLOGIE

- **Processus d'arrondissement** – processus naturel de réduction de la superficie subi par toute neige avant la fonte. (Aussi appelé métamorphisme isotherme).
- **Densité de la neige** – proportion de neige et d'espaces d'air.
- **Solidité de la neige** – dépend de la densité de la couche, du type et de la taille des grains de neige et de la température. Partie du processus de frittage.
- **Dureté de la neige** – résistance à la pénétration d'un objet dans la neige.
- **Neige à gradient de température** – processus de recristallisation attribuable au mouvement de vapeur. (Aussi appelé forme de croissance cinétique).
- **Processus de fonte et de gel** – métamorphisme de la neige à des températures élevées.
- **Grain** – une seule particule de neige (naturelle ou artificielle).
- **Neige granulaire** – neige à gros grains ou amas de grains.
- **Forme d'équilibre** - forme des grains de glace créés par le processus d'arrondissement.
- **Grains facettés** – formés par la recristallisation attribuable à d'importants gradients de température.
- **Régime funiculaire** – de l'eau libre existe dans des passages continus entre les grains de neige.
- **Forme de croissance cinétique** – processus de recristallisation causant le facettage des cristaux.
- **Métamorphisme** – sert à décrire l'évolution de la structure de la neige dans la couverture de neige.
- **Ponts** – liens étroits entre les grains.
- **Régime pendulaire** – de l'air existe dans des passages continus entre les grains.
- **Espaces poreux** - les interstices entre les grains de neige et de glace de la couverture de neige.
- **Recristallisation** – processus de sublimation de la vapeur d'eau d'une surface glacée qui forme un cristal de neige et de glace structuré.
- **Frittage** – liaison de ponts grâce à la migration des molécules d'eau de la partie arrondie du grain à la concavité ou à l'espace poreux.
- **Sublimation** – capacité d'une substance de passer de l'état solide à la vapeur et de revenir à l'état solide sans passer par l'état liquide.\*

---

\* "Snow science and it's application to snow maintenance" – PRINOTH

## IV ) DONNÉES SCIENTIFIQUES

### DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

#### NUAGES

À titre d'information, disons que certains nuages peuvent donner des accumulations plus ou moins abondantes, sous forme d'averse de neige, de neige continue ou intermittente. En voici les principaux :

Le **STRATO-CUMULUS** : en forme de gros rouleaux ou en galets, se présente comme une couche ondulée et ombragée ou en série de formes arrondies et plutôt plates. Il se retrouve à l'étage inférieur entre 300 et 2000 mètres. Il peut donner une faible accumulation sous forme d'averse de neige.

Le **CUMULUS BOURGEONNANT** (Congestus) est un nuage à base plate, presque horizontale avec des extensions verticales en forme de choux-fleurs. C'est un cumulus extrêmement dense et très développé, qui peut laisser une accumulation sous forme d'averse de neige importante. La base se situe généralement de 450 à 2000 mètres.

Le **NIMBO-STRATUS** est un nuage qui forme une couche épaisse grise sombre ou noire et faiblement nuancée. Il se retrouve à bas niveau, soit moins de 2000 mètres. Il peut apporter une forte précipitation de neige continue ou intermittente.

**L'ALTOSTRATUS ÉPAIS** est un nuage qui forme un voile uniforme et épais gris sombre qui masque entièrement le soleil ou la lune. On le retrouve à des hauteurs moyennes de 2000 à 6000 mètres. Il peut également apporter de fortes accumulations sous forme de neige continue ou intermittente.

#### MESURE D'UNE CHUTE DE NEIGE

Il faut déterminer la quantité de neige qui est tombée au sol au cours d'une période donnée en mesurant, au moyen d'une règle, la hauteur de la neige nouvelle et en faisant la moyenne des hauteurs. Autant que possible, il faut mesurer l'épaisseur de la neige nouvelle aux endroits où la neige tombée n'a pas été dérangée par le vent. Lorsque la neige a été balayée par le vent, il faut mesurer l'épaisseur de la neige aux congères et aux endroits exposés; l'observateur doit alors estimer l'épaisseur de la neige qui se serait accumulée s'il n'avait pas venté. Il arrive que la neige fonde entre les observations. Par conséquent, la quantité de neige qui demeure au moment de l'observation ne sera pas l'épaisseur totale de neige qui s'est accumulée depuis la dernière observation. Dans ces conditions, la hauteur signalée ne constituera qu'une estimation de ce que l'épaisseur de neige aurait été s'il n'y avait pas eu fonte. \*

---

\* Manobs d'Environnement Canada

## **PRÉCIPITATIONS SOLIDES**

**BRUINE** : Précipitation sous forme de très petites gouttes d'eau qui semblent flotter dans l'air.

**BRUINE VERGLAÇANTE** : Bruine qui gèle lorsqu'elle entre en contact avec un objet.

**NEIGE EN GRAINS** : (bruine gelée) Très petits grains de glace blancs et opaques. Ces grains sont relativement plats et allongés; leur diamètre est généralement inférieur à 1 mm. Lorsque les grains tombent sur une surface dure, ils ne rebondissent pas et ne se désintègrent pas. Ils tombent généralement en petite quantité et proviennent le plus souvent de stratus ou de brouillard. Ils ne tombent jamais en averse.

**NEIGE ROULÉE** : Précipitation sous forme de particules sphériques ou coniques, de glace blanche et opaque; lorsqu'elles tombent sur une surface dure, elles rebondissent et se désintègrent souvent. Leur diamètre varie entre 2 et 5 mm. La neige roulée tombe toujours en averse et est souvent accompagnée de flocons de neige ou de gouttes de pluie, lorsque la température en surface est voisine de 0 °C.

**GRÊLE** : Morceaux de glace présentant généralement des couches concentriques de glace claire et opaque. Le diamètre varie entre 5 et 50 mm.

**NEIGE** : Cristaux de glace blancs et translucides, généralement de forme hexagonale ramifiée ou en étoile, souvent soudés les uns aux autres de manière à former de gros flocons.

**PLUIE** : Précipitation sous forme de gouttelettes d'eau plus grosses que celles de la bruine.

**PLUIE VERGLAÇANTE** : Pluie qui gèle lorsqu'elle entre en contact avec un objet.

**GRÉSIL** : (pluie gelée) Grains de glace transparents ou translucides de forme sphérique ou irrégulière, ils rebondissent ordinairement lorsqu'ils tombent sur une surface dure et font un bruit au moment de l'impact. Le diamètre est inférieur à 5 mm.\*

---

\* Manobs d'Environnement Canada

## AUTRES ASPECTS TECHNIQUES

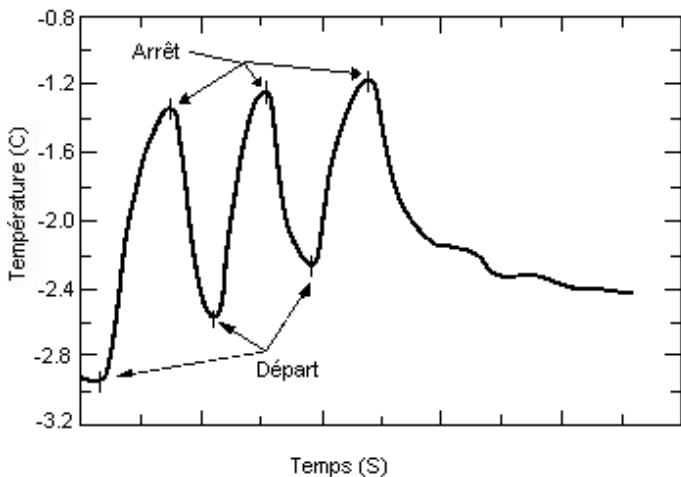
Plusieurs experts se penchent quotidiennement sur les multiples facettes des propriétés de la neige. Plusieurs détiennent un doctorat dans leur spécialité et affirment travailler avec un matériau dont le comportement est très complexe. Pour citer quelques exemples, des recherches sont exécutées pour étudier et prévenir le phénomène des avalanches, l'effet sur les réseaux hydrologiques et l'irrigation, la friction des pneus et bien d'autres encore. Pourtant la neige encore si mal connue peut recouvrir jusqu'à 53 % des terres de l'hémisphère nord et jusqu'à 44 % de la surface terrestre du globe (selon Gray et Male, 1981).

Prenons comme exemple la friction : cette propriété joue un rôle important dans une activité récréative comme le ski. La friction n'est pas due à un phénomène unique. En effet, on pourrait se représenter la friction sur une planche de ski comme la somme des frictions qui sont dues à différents phénomènes indépendants comme :

$$\mu_{\text{total}} = \mu_{\text{sec}} + \mu_{\text{film}} + \mu_{\text{charrue}} + \mu_{\text{capillarité}} + \mu_{\text{saleté}}$$

où les indices signifient la déformation solide (sec), la friction due au labourage, la friction due au film d'eau, celle due à l'effet de capillarité et enfin l'effet des contaminants de surface. Mais tel n'est pas le cas, puisque plusieurs phénomènes sont interdépendants et l'équation décrivant l'effet collectif devient extrêmement complexe. Afin d'avancer dans la compréhension, il devient absolument nécessaire d'étudier chaque phénomène individuellement. Prenons comme exemple la friction sèche et la transition à lubrification due à la fonte des cristaux de glace. Si on plaçait un thermocouple sous le ski on pourrait mesurer la température au point de contact avec la neige. Cette expérience a été réalisée et les résultats démontrent que la température s'élève de quelques degrés (°C) et redescend au cours de chaque virage avec une tendance à la hausse tant que le skieur est en mouvement pour redescendre significativement quand le skieur s'arrête. On se doit de noter que la température varie également selon l'endroit où elle est mesurée sur le ski.

Voici à quoi la courbe de température ressemble :



*Température mesurée à la base d'un ski au cours de trois cycles de départ et arrêt.*

Une telle expérience est documentée dans "*Bottom temperatures of skating skis on snow*" de Samuel C. Colbeck 1993.

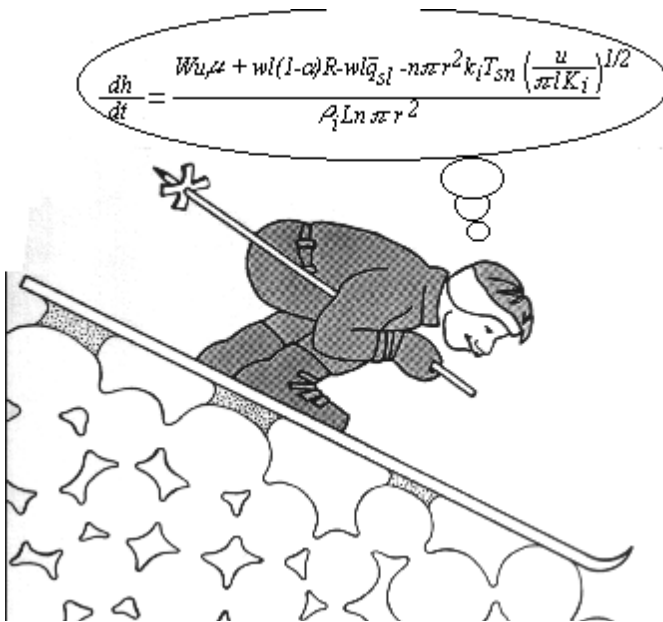
Une fois que la température devient connue, des équations (pour experts seulement) peuvent être utilisées.

Voici un exemple d'une formule dérivée par Colbeck (1988) :

$$I_{dry} = \frac{\pi u k_f^2}{K_i} \left( -\frac{2u\mu_{dry}}{cT_{sn}} - \frac{K_{sl}}{\Phi H} \right)^{-2}$$

Chacune des composantes de la friction totale peut être ainsi étudiée et décrite avec un modèle mathématique. Ensuite, les scientifiques tenteront de reconstituer l'assemblage de toutes les parties selon leurs interférences indépendantes ou simultanées.

Nous n'allons pas tenter de combiner toutes ces formules mathématiques pour approfondir davantage ce chapitre. En guise de conclusion voici une touche humoristique tirée de la page couverture de "A Review of the Process That Control Snow Friction" par Samuel Colbeck, 1992 que nous avons intitulée "Le monde en ski selon S. Colbeck".



## TYPES DE FRICTIONS SUR LA NEIGE

À la lumière de ce qui a été expliqué précédemment, il faut ajouter le fait que la friction sur la neige est vraiment une question de conjoncture. Si la densité de la neige est trop faible pour supporter l'application rapide d'une contrainte, le skieur va exercer du labourage et de la compaction; alors que l'interaction friction sèche et la lubrification due au film d'eau devient le phénomène dominant quand la fonte des cristaux est générée. Comme l'a dit un jour Anaxagore de Clazomènes : "Rien ne se perd, rien ne se crée mais tout se transforme". Les moteurs des remontées mécaniques dépensent de l'énergie pour vous remonter au sommet et vous laissent ainsi l'énergie potentielle nécessaire pour dévaler les pentes. À votre tour vous allez transformer cette énergie potentielle en énergie cinétique (la vitesse en descendant). Mais il y a aussi une partie de l'énergie qui sera utilisée pour faire le travail à la surface de la neige : pour déplacer la neige en descendant (effet charrue) par exemple et aussi pour vaincre la friction sur la neige. La friction fait fondre une couche microscopique de neige qui forme une mince pellicule d'eau sur laquelle on glisse. Une quantité d'énergie est donc transformée en chaleur. En fait, à la fin du processus, nous ressentons très bien l'effet de l'énergie qui s'est transformée en chaleur alors que les muscles des jambes sont chauds et que nous ressentons la fatigue.

## ÉCHELLE DE DURETÉ DE LA NEIGE

La mesure de la dureté de la surface de neige est suggestive et dépend de la méthode utilisée. Il existe un outil (Rammsonde) dessiné pour cet ouvrage qui utilise une pointe conique de 60 ° avec une base de 40 mm et pesant 1 kg; il mesure la dureté en Newton. Un autre test plus pratique est couramment utilisé, celui du test manuel qui consiste à utiliser la main, un crayon ou une lame de couteau et d'appuyer avec

une force d'environ 5 kg. Le tableau ci-dessous indique la comparaison entre la méthode du Rammsonde, le test manuel et la méthode du bâton de ski de Skicast décrite dans la section III de ce manuel.

Catégorie de dureté	Appareil Suisse Rammsonde (N)	Ordre de grandeur de la force (Pa)	Test manuel	Test du bâton Skicast	Catégorie Skicast
Très basse	0-20	$0-10^3$	Poing	<b>Très facile</b>	<b>Ferme</b>
Basse	20-150	$10^3-10^4$	4 doigts	<b>Très facile</b>	<b>Ferme</b>
Moyenne	150-500	$10^4-10^5$	1 doigt	<b>Facile</b>	<b>Ferme</b>
Haute	500-1000	$10^5-10^6$	Crayon	<b>Résistance</b>	<b>Durcie</b>
Très haute	>1000	$>10^6$	Lame de couteau	<b>Beaucoup de résistance</b>	<b>Durcie</b>
Glace				<b>Résistance extrême</b>	<b>Glace</b>

The International Classification for Seasonal Snow on the Ground

## L'UTILISATION DES FARTS

On ne pourrait passer sous silence le choix des farts sur la glisse qui modifie appréciablement la friction et donc l'aisance de déplacement sur la neige. Vous est-il déjà arrivé de constater que vos skis semblent coller à la neige ? Il y a quelques facteurs principaux qui causent ce désagrément. Premièrement, par temps très froid, les cristaux de neige deviennent plus durs et pénètrent dans la couche de cire qui recouvre la base de vos skis. Cela crée un effet d'interférence mécanique à la glisse. Les solutions possibles consistent à enlever l'excédent de cire ou d'appliquer une cire plus appropriée pour la basse température. Si ce n'est pas possible, vous devrez essayer de garder une certaine vitesse en skiant pour continuer à vous amuser. Par temps chaud, la neige qui a tendance à fondre crée un film d'eau qui effectue une succion sous la base des skis. Une meilleure préparation de la structure de la base de vos skis et une cire adaptée aux températures plus chaudes évacuera l'eau plus facilement pour minimiser l'effet de succion. Il y a toujours une infime couche d'eau qui se forme lors de la friction de vos skis sur la neige. C'est grâce à cette pellicule d'eau très mince que nous pouvons glisser facilement. Par temps très froid, c'est une autre raison qui fait que la glisse est moins facile, puisque cette mince couche d'eau est plus difficile à se former. Le rendement optimal sur neige est obtenu avec le juste choix du fart en fonction du type de neige. Certains manufacturiers proposent des codes de couleurs chaudes pour temps chaud et des couleurs froides pour temps froid. Il y a aussi des tableaux visuels pour consultation rapide qui sont souvent offerts avec l'emballage des produits. Certaines compagnies offrent même des farts aromatisés à l'odeur de "banane", "melon" ou "pomme" afin de faciliter la pertinence du choix.

Lorsque la neige est tombante, les farts servent surtout à minimiser l'action mécanique sur la surface de la neige, pour réduire la perte d'énergie entre la semelle du ski et la surface de la neige et à résister à la pénétration des cristaux de neige et, par temps plus doux, à repousser l'eau. Lorsque la neige est vieille, les farts servent à fournir une meilleure lubrification pour faciliter la glisse et les virages et réduire la pellicule d'eau causée par la fusion frictionnelle. Lorsque la neige est artificielle, les farts offrent une protection de la semelle contre l'usure tout en réduisant la friction grâce à une meilleure lubrification.

# FACTEURS INFLUANT SUR LES DÉCISIONS DE FARTAGE

## TEMPÉRATURE

Les températures indiquées sur les farts sont les températures de l'air. Avant de choisir un fart, il faut d'abord mesurer la température de l'air à l'ombre. À moins d'avis contraire, se fier à la température de l'air. Connaître la température de la neige en surface peut également s'avérer utile. Mais rappelez-vous qu'une fois que la température atteint le point de congélation (0 °C ou 32 °F), la neige restera à cette température même si celle de l'air continue de grimper. Il vaut mieux alors se fier à la température de l'air et prendre les mesures appropriées pour composer avec la teneur en eau de la neige.

## HUMIDITÉ

L'humidité est un facteur important, davantage pour tenir compte de la tendance climatique locale que pour connaître précisément chaque point de pourcentage. Il est important de savoir si nous sommes dans un climat sec présentant un taux d'humidité moyen inférieur à 50 %, dans un climat normal (taux d'humidité de 50 % à 80 %) ou dans un climat très humide (taux d'humidité de 80 % à 100 %). Au-delà de ces valeurs, il faut bien entendu s'ajuster à la situation qui prévaut en matière de précipitations. S'il y a excès d'humidité, il en résulte une condensation sur la surface de la neige. Cette situation libère de l'énergie latente et demande l'utilisation de farts plus tendres que ceux qui sont simplement dictés par la température. D'autre part, par temps sec, les molécules passent du stade solide à gazeux, un processus qui prélève l'énergie de la couverture de neige. Il faut donc dans ce cas utiliser des farts plus durs que ceux qui sont simplement dictés par la température de l'air.

## GRANULATION DE LA NEIGE

L'apparence des cristaux de neige et de la surface qui en résulte est très importante dans le choix d'un fart. La neige qui tombe ou la neige très fraîche qui vient de tomber constitue la situation la plus critique pour le fartage. Les cristaux rugueux demandent un fart qui résistera à la pénétration des cristaux de neige mais qui doit également pouvoir résister à l'eau par temps plus chaud.

La neige artificielle est la plus fréquente de nos jours dans la majorité des stations de ski. La neige fraîchement fabriquée par temps froid exige absolument l'ajout de paraffines synthétiques. Lorsque la neige artificielle a été fabriquée déjà depuis quelques jours et que la surface de la neige a été affectée par l'air ambiant, les caractéristiques de glisse de la neige s'améliorent et les situations de fartage normal prévalent de nouveau.

Lorsque la température de l'air dépasse 0°C (32°F), la température de la neige demeure à 0°C. L'eau entourant les cristaux de neige augmente jusqu'à ce que la neige devienne saturée d'eau. Il faut alors utiliser des farts qui sont très résistants à l'eau.\*

---

\* Extrait du Manuel technique du ski alpin de SWIX

## FRICION SUR LA NEIGE

De manière générale, pour le fartage, la friction est regroupée en trois catégories.

### 1. Friction sur neige mouillée

Quand la température est au-dessus du point de congélation et que la neige est saturée et que l'eau s'écoule entre les cristaux, il peut y avoir lubrification causée par les gouttelettes d'eau ou une résistance issue de la succion causée par les pellicules d'eau épaisses. Il faut utiliser des farts pour friction sur neige mouillée.

### 2. Friction intermédiaire

Lorsque la température oscille entre 0 °C et -12°C (32°F et 10°F), la friction sur la neige varie selon la température. Il y a un fluide en situation de glisse qui prend la forme de pellicules d'eau entourant les cristaux de neige, dont l'épaisseur varie selon la température. Il faut utiliser des farts pour friction intermédiaire du côté chaud de l'échelle ou des farts pour friction intermédiaire du côté froid de l'échelle

### 3. Friction sur neige sèche

Si la température est à -12°C (10 °F) et moins, à mesure que baisse la température, les pellicules d'eau lubrifiantes s'amincissent jusqu'à disparaître presque complètement en situation de glisse. La glisse dépend alors davantage de la déformation des cristaux de neige, de la poussée, de la rotation, etc.

Il faut utiliser des farts pour friction sur neige sèche

Il peut convenir de mélanger ces farts pour friction intermédiaire jusqu'à ce que la température descende jusqu'à -18 °C; en dessous de cette température, les farts pour friction sur neige sèche sont plus efficaces seuls.

La friction sur la glace et sur la neige est une friction mixte. Ce n'est ni une friction purement à sec, ni une friction purement fluide. Le contact se fait partiellement à sec, partiellement par l'interposition d'une couche fluide. Quand les températures sont très basses, le mécanisme de friction répond progressivement aux lois régissant la friction à sec. Quand les températures sont légèrement sous le point de congélation, entre -4°C et -10°C, la pellicule d'eau interposée entre les surfaces est d'une épaisseur idéale pour créer une friction cinétique faible. Quand les températures sont près du point de congélation, la pellicule d'eau s'épaissit et quand la neige fond, de l'eau libre circule entre les surfaces. Au fur et à mesure d'un réchauffement, la surface de contact entre le ski et la neige devient de plus en plus grande, ce qui augmente la friction. Un effet de succion se développe progressivement à mesure que la quantité d'eau augmente.

## AUTRES FACTEURS

De la neige fraîche à la glace, les propriétés s'étendent d'un extrême à l'autre. Ces extrêmes et tous les stades intermédiaires demandent donc un certain nombre de farts à ski et de structures correspondantes pour la surface de la semelle.

L'atmosphère et la surface de neige subissent des changements constants. La chaleur peut quitter la neige ou l'envahir selon divers phénomènes météorologiques.

Le taux de changement est fonction de la température de l'air et de l'humidité.

**Le vent** peut changer rapidement la topographie de la surface de neige. Les skieurs connaissent souvent une glisse difficile sur la neige soufflée par le vent. Les particules de neige sont séparées en particules encore plus petites qui se frottent entre elles, produisant une surface compacte plus dense. Cette surface dense augmente la surface de contact entre la semelle et la neige, augmentant ainsi la friction.

**L'albédo ou réflectance**, est un facteur important souvent ignoré. La capacité de réflectance de la surface de la neige, également appelée albédo, régit la quantité d'énergie rayonnante absorbée par la couverture de neige. La capacité de réflexion dépend de la grosseur et de la densité des grains de neige,

de l'angle du soleil, de l'élévation et du degré de pollution sur la couverture de neige. La neige propre et sèche avec un angle peu élevé du soleil peut avoir un albédo d'environ 95 %, ce qui signifie que la quasi-totalité du rayonnement incident est reflété vers l'espace. La neige mouillée poreuse et très sale peut afficher un albédo de l'ordre de 30 % à 40 %. Dans ce cas environ 2/3 du rayonnement incident est absorbé par la neige.

Ce rayonnement est appelé rayonnement à ondes courtes. Il y a également un rayonnement de corps noir ascendant, à ondes longues, qui consiste en un rayonnement issu de la surface de la terre. Si le ciel est dégagé, il peut se produire un refroidissement considérable en surface. Si le ciel est couvert, le rayonnement de corps noir est réfléchi à nouveau, provoquant un réchauffement.

Ce que cela veut dire, c'est que, outre les facteurs de température et d'humidité, vous devriez savoir si la couverture est dans un état de refroidissement ou de réchauffement en raison du rayonnement, car il s'agit là d'un facteur indépendant de la température.

En résumé, il faut avoir une bonne idée des conditions qui prévalent en matière de température moyenne de l'air, de température de la neige, de taux d'humidité et de teneur en eau sur la surface de la neige. Tenez également compte des tendances météorologiques quotidiennes comme la vitesse de réchauffement de l'air entre l'aube et le milieu de la journée.\*

---

\* Extrait du Manuel technique du ski alpin de SWIX

## **V) LES CONDITIONS DE SKI**

### **RAPPORTS DE SKI**

Les conditions de ski, aussi appelées les conditions d'enneigement ont été longtemps utilisées pour décrire l'état des pistes de ski dans les stations. Cette information recueillie la veille ou très tôt le matin même était relayée aux divers médias pour informer la clientèle et en même temps promouvoir l'industrie du ski alpin.

Plusieurs groupes de reporters existants étaient en compétition pour recueillir et transmettre l'information. Il est apparu nécessaire d'utiliser un langage commun afin de bien se comprendre. C'est l'ancêtre de SKICAST, RSA qui a créé ce langage, l'a documenté, l'a distribué dans tous les médias du Québec et les stations de ski. Le document de référence a dès lors été déposé officiellement dans les Bibliothèques Nationale du Québec et Bibliothèque Nationale du Canada.

Les évaluateurs de chacun des groupes devaient principalement évaluer le genre de neige en surface et le type de base en-dessous. D'autres informations comme le nombre de pistes ouvertes, la quantité de chaises en opération ou les activités de ski de soirée pouvaient se greffer au rapport de ski entre autres.

Les termes du rapport de ski décrits plus loin dans ce chapitre sont toujours en utilisation, partout dans les stations de ski, les médias et l'Association des Stations de Ski du Québec.

## DÉFINITION DES TERMES DU RAPPORT DE SKI

Quand il s'agit d'eau il existe plusieurs mots qui décrivent le type de précipitation : Pluie, bruine, brouillard, brume, fumée de mer, averse, précipitation, ondée, mousson, grêle, inondation, orage, rosée, crachin, grain, cataracte, déluge, trombe, serein, embruns, pluie verglaçante, verglas. Autres expressions populaires : pluie torrentielle, pluies acides, mouiller, mouiller à "sociaux", pleuvoir à boire debout. Mais lorsqu'il est question de neige il semble que les mots nous manquent rapidement : neige, giboulée, blizzard, grésil, gelée blanche, givre, névé, frasil.

Par contre plusieurs **expressions** sont utilisées pour décrire la neige :

**Neige sèche** : la neige qui ne contient qu'un faible pourcentage d'eau et est évidemment légère et poudreuse. Elle tombe par temps froid.

**Neige humide** : la neige qui contient un peu d'eau liquide. Elle tombe autour de 0°C. C'est une neige lourde, qui colle.

**Neige mouillée** : la neige qui contient beaucoup d'eau et qui tombe à 0°C ou plus. C'est une neige fondante.

**Neige transformée** : la neige qui a subi des modifications entre le gel et le dégel. Pour les skieurs c'est souvent une neige qui a été travaillée mécaniquement.

**Neige croutée** : la neige qui a fondu plus ou moins en surface pour subir un regel. Elle présente une croûte dure près de la surface mais plus molle en dessous. On l'appelle aussi neige tôle.

**Neige dure** : la neige qui s'est durcie. (Neige durcie) plus difficile à skier.

**Neige glacée** : cette neige se révèle solide, verglacée. On l'appelle aussi neige vitre ou neige carrelage. À éviter si possible !

**Neige "trafollée"** : la neige déjà tracée par d'autres skieurs.

**Neige poudreuse** : la neige naturelle très fraîche, qui a subi un minimum de transformation pendant sa chute ou au sol.

**Neige pourrie** : la neige transformée, qui n'a pas regelé ou qui a trop subi des transformations.

**Flocons de neige** : agglomération de plusieurs cristaux qui se sont entremêlés en descendant (cohésion de feutrage).

**Neige balayée** : qui est déplacée par le vent et s'accumule en banc.

**Neige collante** : idéale pour construire un bonhomme de neige. C'est la neige collante.

**Neige de printemps** : gros grains de neige mouillée.

**Neige granulée** : **neige granuleuse** ou **en grains** de différentes sortes, en transformation.

**Neige fraîche** : neige naturelle fraîchement tombée.

**Neige instable** : couches de neige accumulées présentant un risque d'avalanche

**Neige roulée** : cristaux de neige sur lesquels des gouttelettes d'eau ont gelé. Des petites boules qui rebondissent au sol.

**Neige damée** : neige qui a été piétinée par les skieurs ou aplatie par de la machinerie (les dameuses).

**Neige recyclée** : Neige durcie au départ qui a été travaillée mécaniquement pour lui redonner un aspect plus léger et aéré.

**Neige durcie** : Neige transformée qui se présente en surface durcie (cohésion de frittage).

**Neige vieillie** : Neige en transformation qui commence à perdre de sa fraîcheur. En voie vers la neige granuleuse.

**Neige artificielle** : qui devrait être neige fabriquée artificiellement ou neige de culture

**Neige naturelle** : neige fabriquée par la nature et qui tombe du ciel.

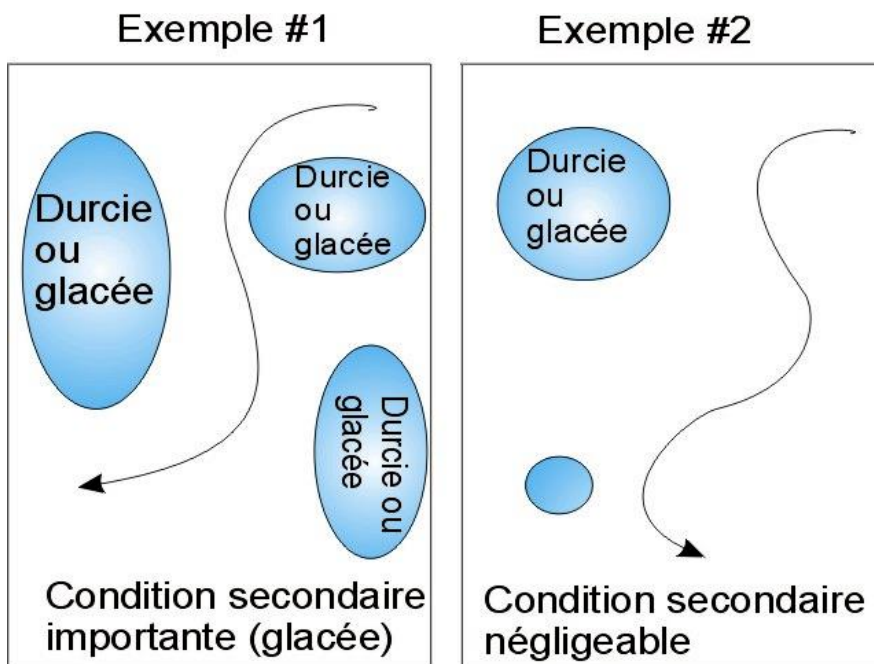
De plus, les innus possèdent encore d'autre mots pour désigner la neige : Kun (neige), Nekauakun (neige granuleuse), Kassuauan (neige humide). Voici les termes les plus couramment utilisés par Skicast définis dans les prochaines pages.

### CONDITION PRIMAIRE

La condition primaire est celle qui décrit la mieux la plus grande superficie de la (ou des) piste(s). Si l'on doit abrégé le communiqué et ne s'en tenir qu'à l'essentiel, c'est la condition que l'on choisira.

### CONDITION SECONDAIRE

Une condition secondaire est digne de mention si elle représente au moins 20 % de la surface (1/5) et est différente de la condition primaire.



## **SURFACE**

La surface est la seule couche de neige avec laquelle le skieur est en contact. Il peut y avoir en dessous d'innombrables couches plus ou moins durcies et plus ou moins stratifiées mais rien n'aura d'égale importance que la texture de la surface. La qualité des conditions sera donc fortement influencée par les caractéristiques de la surface. Les rapports de conditions de neige doivent nécessairement décrire cet aspect puisqu'il est le plus visible et le plus palpable. C'est ici que seront utilisées les expressions comme "poudreuse légère", "poudreuse profonde", "poudreuse damée", "granuleuse", etc. La texture de la neige est un des critères que Skicast tient en ligne de compte dans son évaluation. Plus que la texture offre une condition facile à skier (comme la poudreuse légère) plus haut sera le pointage qui sert à déterminer l'indice de facilité à skier. Inversement, lorsque la texture présente une condition difficile à skier (comme des surfaces durcies ou glacées) le pointage pour cette catégorie sera assez bas.

## **CONDITIONS PRINTANIÈRES**

C'est une façon élégante de résumer l'ensemble des conditions qui prévalent au printemps, alors que l'on retrouve en fait une situation quelquefois chaotique. En cette saison, il arrive souvent qu'on trouve à la même station de ski des pistes orientées vers le nord en bonnes conditions, alors que d'autres, exposées vers le sud, sont en voie de disparition. On peut y retrouver des endroits à découvert, de la neige en gros sel, de la neige fondante, des bosses, des ruissellements d'eau, alors que d'autres endroits sont parfaitement skiables.

## **COUVERTURE NIVALE**

Communément appelée la base, la couverture nivale est l'accumulation au sol de neige, de granules de glace ou de verglas. La base ne revêt d'importance que dans une certaine mesure. Elle recouvrira la terre, les branches et les roches à mesure qu'elle épaissira. Son épaisseur assurera peut-être une saison plus longue. Certaines stations de ski vont afficher fièrement l'épaisseur totale de la base de neige. Pour Skicast une approche différente est utilisée. En effet, nous croyons que la base de neige n'a d'importance que dans la mesure où elle est palpable. Il n'y a pas de différence pour le skieur qui s'exécute sur une base de neige qui atteint 1 mètre ou 2 mètres. C'est un peu comme une personne qui nage dans un bassin d'eau de 2 ou 3 mètres de profondeur; à partir du moment où il ne pourra atteindre le fond, il ne saura pas en faire la différence. Ce que le skieur va ressentir de la base est sans nul doute la dureté. Si la base est bien couverte et devient non détectable le skieur ressent un effet de coussin et le ski sera relativement lent. Par ailleurs si la base est facilement détectable à cause d'une couche de surface très mince, le skieur ressent alors beaucoup moins de coussin, le fond est dur et le ski rapide. Mais l'expression la plus palpable de la base est reliée à la perception tactile du skieur. La sensation d'un coussin plus ou moins dur détermine à coup sûr la qualité du fond. Ainsi, la technique d'évaluation de la base consiste à déterminer jusqu'à quel point la base est perceptible et avec quelle dureté.

## **LA BASE**

### **BASE FERME**

Étant constituée de neige compacte, elle offrira l'effet de coussin maximum avec une condition de ski moins rapide. La base ferme est difficilement palpable. Quand on plante un bâton de ski, ce dernier s'enfonce jusqu'au panier.

### **BASE DURE**

Elle est constituée de neige durcie et offrira beaucoup moins d'effet de coussin avec une condition de ski plus rapide. La base dure est plus facilement palpable. Quand on plante un bâton de ski, ce dernier peut s'enfoncer de plusieurs centimètres, à condition de procéder fermement.

### **BASE GLACÉE**

C'est une neige très durcie ou glacée. Le fond est très dur avec un effet de coussin nul. La condition de ski est très rapide. Elle est très palpable. Il est donc impossible d'y enfoncer un bâton de ski.

### **BASE RAMOLLIE**

Cela se rencontre seulement par temps doux prolongé. En fait, c'est une condition où c'est en train de fondre, donc rarement en hiver mais surtout au printemps.

## **POUDREUSE**

Ici on se réfère à la neige naturelle exclusivement. Elle a l'apparence de cristaux étoilés et est relativement sèche. Une façon pratique de déterminer le taux d'humidité, est de faire une balle de neige. En effet, il n'est pas possible de faire une balle de neige avec de la neige poudreuse (sèche). C'est donc une neige naturelle fraîchement tombée mais sèche. Une légère poudreuse est la surface la plus facile à skier alors qu'une épaisse couche de poudreuse, qui est cependant plus difficile à skier, est néanmoins très recherchée par les skieurs plus aguerris. Pas étonnant que les stations de ski ont véhiculé ce terme parfois d'une façon induite. La poudreuse est le type de neige le plus connu de la population et correspond à une neige naturelle dont le taux d'humidité est très bas. Une couche de neige poudreuse de moins de 10 centimètres sera désignée comme "poudreuse légère". Si cette couche excède les 10 centimètres, elle sera désignée comme "poudreuse profonde". Enfin, quel qu'en soit l'épaisseur initiale, après damage, elle sera désignée comme "poudreuse damée". Attention, la poudreuse damée a une vie limitée, les cristaux s'affaissent normalement en dedans de quelques jours et la texture devient granuleuse.

### **POUDREUSE PROFONDE**

C'est le résultat de l'accumulation de neige poudreuse excédant 10 cm. On parle ici de neige non damée.

### **POUDREUSE LÉGÈRE**

Il s'agit d'une légère couche de neige poudreuse non damée dont l'accumulation ne dépasse pas les 10 cm.

### **POUDREUSE DAMÉE**

Peu importe l'accumulation de la plus récente précipitation, la neige a été damée mécaniquement. Mais on y constate encore la présence de cristaux étoilés.

### **POUDREUSE SKIÉE**

Quelques fois utilisé pour décrire une condition plus nuancée de pistes couvertes de neige encore poudreuse qui n'ont pas été damées par une dameuse mais qui ont été sillonnées par des skieurs.

## **NEIGE HUMIDE**

On retrouve ici une neige naturelle qui contient un haut taux d'humidité. Elle s'agglomère facilement, donc idéale pour fabriquer des balles de neige; par conséquent elle est plus lourde et plus difficile à skier que la poudreuse. Nous faisons souvent une conversion rapide et pratique en utilisant la règle 1/10; ce qui veut dire que 10 centimètres de neige contiennent l'équivalent de 1 centimètre d'eau. Si on faisait fondre une couche de 10 cm de neige on obtiendrait un centimètre d'eau soit 10% ou 1/10. Quoique cette valeur est souvent près de la réalité, la neige fraîche peut contenir aussi peu que 1% d'eau, 5%, 10% 15% ou peut-être même jusqu'à 40% d'eau. Cette teneur en eau, assez imprédictible, fait en sorte que les annonces météo sont difficiles à faire. La quantité de neige reçue varie beaucoup en fonction de la manière que les cristaux de neige se sont formés. Pour la même quantité d'eau dans les nuages, l'accumulation au sol sera complètement différente selon que la neige tombe sèche (faible teneur en eau) ou humide et collante (forte teneur en eau). De plus, il faut se rappeler que le tout se joue souvent autour du point de congélation et qu'un degré de plus ou de moins fait toute une différence. En effet, un degré peut faire que la précipitation ne contient plus aucune neige et ne contient que de la pluie (100% d'eau). Pour ce qui est de la neige accumulée au sol au cours de l'hiver, nous devons comprendre qu'il y a plusieurs couches de neige à teneur d'eau variable qui se sont asséchées, compressées, transformées ou fondues. Il y aura sans doute des couches de glace. La meilleure façon de le savoir serait d'extraire une carotte au travers de toute la couche de neige et de la faire fondre pour calculer la teneur moyenne en eau, ce genre d'information peut intéresser les experts en hydrologie, irrigation ou en agriculture par exemple. Tout le monde sait que la neige contient une certaine quantité d'eau, il suffit de prendre une certaine quantité de neige, de la faire fondre et de vérifier la quantité d'eau ainsi obtenue. Lorsque le taux d'humidité contenu dans la neige est bas on dit que la neige est sèche et poudreuse. Lorsque le taux d'humidité augmente la neige s'alourdit. Ainsi, la neige est plus lourde parce qu'elle contient plus d'eau par mètre cube. La poudreuse sèche est généralement facile et agréable à skier alors que la neige collante et humide est beaucoup plus difficile. Exécuter un virage en déplaçant de la neige légère qui glisse bien est plus facile que de déplacer de la neige lourde et collante. Il est donc important de noter cette condition. Un moyen très simple et à la portée de tous, pour trancher la question, est de faire des balles de neige. Lorsque la neige est lourde et collante, il est facile de faire des balles de neige, on parle alors de "neige collante".

## **GRANULEUSE**

C'est une catégorie qui englobe toutes les possibilités entre la poudreuse et la glace. Cette neige se présente sous forme de granules qui peuvent provenir de la fabrication artificielle ou de neige poudreuse qui a vieilli. La neige granuleuse a quelques fois, à tort, une connotation négative. En effet, dès que les cristaux de neige ramifiés commencent à se transformer, ils se recroquevillent et prennent une forme plus granulaire d'où le nom de "granuleuse". En réalité, cette neige est toujours d'excellente qualité, facile à skier, donc très agréable. Il ne s'agit en fait que de la première étape de transformation. La classification "granuleuse" englobe une très vaste plage de possibilités qu'il s'agisse de neige naturelle ou fabriquée artificiellement. Cette catégorie s'étend depuis la neige qui n'est plus poudreuse jusqu'au début de la formation des plaques durcies. Elle s'applique également à presque tous les gabarits de granules formés par le travail mécanique de recyclage de la neige durcie. Ce type de granule n'est pas toujours d'excellente qualité dépendant du travail exercé, ce qui pourrait être la source de la mésentente.

### **GRANULEUSE FINE (POUDRE COMPACTE)**

Ce sont des granules ultra fins. L'apparence peut se comparer à du sel fin ou de la farine. Le skieur soulève un petit nuage de poussière sur son passage.

### **GRANULEUSE**

La granuleuse proprement dite, est la neige qui se présente en granules concassés de toutes dimensions à l'exception du très petit (granuleuse fine).

### **GROS SEL**

Une appellation populaire de neige granuleuse du printemps. Alors que la température se réchauffe et que les rayons du soleil sont plus ardents, la neige durcie commence à absorber de l'énergie qui brise les liens et laisse se former des petits granules semblables à du gros sel.

### **GRANULEUSE MOUILLÉE**

Occasionnellement ce type de condition se rencontre par temps chaud alors que la neige est en processus de fonte. La présence de pluie peut aussi accompagner cette condition et accélérer le processus. La neige devient imbibée d'eau et détremnée.

### **GRANULEUSE RECYCLÉE**

Il s'agit ici d'une expression qui signifie que la neige a été travaillée mécaniquement pour concasser les granules agglomérés et les retourner en plus fins granules. Si les granules sont réduits au point de ressembler à du sel fin ou de la farine, le résultat est alors une granuleuse fine.

### **GLACE**

Causée par les cycles thermiques et par le gel subséquent, la glace se forme et prend une consistance très dure. La neige granuleuse peut se transformer à tel point, qu'il sera impossible d'y planter un bâton de ski. À ce moment, la base ou la surface devient glacée. La glace véritable, translucide et bleutée, peut quelquefois être observée.

### **ENDROITS À DÉCOUVERT**

Cette condition se rencontre quand la couche de neige est trop mince pour bien recouvrir le terrain à certains endroits. Des plaques de terre plus ou moins étendues, sont alors exposées avec l'herbe, les branches ou les cailloux qui les recouvrent. Un obstacle ou une surface à découvert, qui est localement balisé, est en général considéré sécuritaire et n'entre pas dans les conditions de ski.

### **AMONCELLEMENTS**

Ce sont des buttes de neige qui se sont formées par le passage répétitif des skieurs. Ils représentent des obstacles dans la piste qu'un bon skieur peut contourner ou absorber au gré de son plaisir. En général, ces amoncellements ne sont pas durcis ou gelés et sont relativement distancés.

### **BOSSSES**

Elles sont formées de la même façon que les amoncellements mais sont à un degré plus avancé. Dans une piste à bosses, celles-ci sont pratiquement impossibles à éviter. Elles peuvent être de consistance nettement plus dure et sont plus ou moins rapprochées les unes des autres. Pour skier sous contrôle dans ce genre de condition, le skieur doit maîtriser une technique spécialisée.

### **SURFACE BOSSELÉE**

Il y a des stations de ski qui préfèrent laisser un cachet naturel à leurs pistes en même temps qu'un certain défi pour leurs skieurs. Elles laisseront alors des pistes non nivelées pendant un certain temps. Avec le passage des skieurs, de petits amoncellements et bosses se formeront pour créer une surface bosselée.

### **SURFACE DURCIE**

Ces surfaces sont le fruit de cycles thermiques dus à la chaleur et à l'achalandage. Après s'être agglomérés, les granules ont gelé et forment des plaques durcies.

# INDICE DE FACILITÉ À SKIER

## PRINCIPES GÉNÉRAUX

Les conditions d'enneigement sont une description objective et fidèle des éléments recouvrant les diverses pistes de ski. L'évaluateur doit faire exclusion des éléments subjectifs. En termes clairs, l'évaluateur ne mesure pas la clémence de la température, le plaisir éprouvé en bonne compagnie, l'ambiance de la station de ski ou encore sa jouissance à dévaler une piste.

L'indice de facilité à skier est un résumé simple et pratique pour situer la condition d'enneigement du centre de ski par rapport à l'idéal. On peut ainsi apprécier les fluctuations d'une région à l'autre et d'une journée à l'autre. L'idéal représente les conditions les plus faciles qui soient et est défini en fonction des goûts particuliers des skieurs qui sont à l'écoute des conditions de ski.

L'indice de facilité à skier est un service exclusif de Skicast qui conserve le titre de propriété et détient les droits d'auteur sur ce dernier.

Les conditions de ski sont toujours rapportées en termes positifs dans le but de promouvoir l'industrie du ski. C'est pour cette raison que la distribution statistique des indices est un peu décentrée vers le haut de l'échelle.

## ÉCHELLE DES INDICES

Il est possible d'accorder les indices suivants :

**F, E, E+, D, D+, C, C+, B, B+, A, A+, A++**



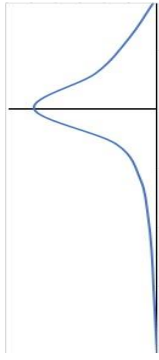
Cependant, nous nous attendons à obtenir dans la très grande majorité des cas les indices suivants : "**C+, B, B+, A**". Donc 75 % à 80 % des indices tomberont dans cette catégorie.

Les indices "**C et A+**" devraient être très rares. 10 % à 20 % des indices tomberont dans cette catégorie. Et l'indice "**A++**" devrait être rarissime, c'est-à-dire que seulement quelques individus dans l'ensemble du réseau et ce, pour toute la saison, auront la chance de rencontrer cette condition. 1 % à 2 % des indices tomberont dans cette catégorie.

ATTENTION : L'échelle des indices est exclusive, il n'existe pas d'indice du genre **A-**, **B-**, **C-** ou encore **B++**, etc.

## DESCRIPTION DES INDICES

Pour attribuer l'indice de facilité à skier, il est nécessaire d'exercer un jugement. Pour faciliter cette tâche, l'expérience peut aider ainsi que la comparaison avec d'autres évaluations faites dans des conditions diverses. Afin de créer des paramètres assez objectifs pour développer une évaluation éclairée, il sera nécessaire d'estimer l'indice en additionnant les points positifs suggérés dans le tableau de pondération (voir tableau page 68). Dans chacune des catégories de ce tableau, est indiqué un choix prévisible de conditions de ski, allant progressivement de très mauvaises à idéales. Il n'est certes pas possible d'indiquer toutes les éventualités et c'est pour cette raison qu'il sera parfois permis de faire une interpolation entre deux valeurs ou encore d'attribuer un pointage équivalent à l'intérieur de l'échelle d'une catégorie.

DISTRIBUTION STATISTIQUE	INDICE	POINTS MINIMUM	QUALIFICATIF DES CONDITIONS
	A++	100/100	IDÉALES
	A+	95/100	PARFAITES
	A	90/100	EXCELLENTES
	B+	85/100	TRÈS BONNES
	B	80/100	BONNES
	C+	75/100	MOYENNES
	C	70/100	PASSABLES
	D+	65/100	MÉDIOGRES
	D	60/100	MAUVAISES
	E+	55/100	TRÈS MAUVAISES
	E	50/100	IMPRATICABLES
F	N/A	STATION FERMÉE	

## CONDITIONS DE PRINTEMPS

Beaucoup de skieurs habiles vont grandement apprécier les conditions de printemps, surtout avec une température plus clémente. Cependant, à cause de la neige humide devenue plus lourde et plus difficile à skier, des bosses et des endroits à découvert que l'on retrouve généralement au printemps, il sera très difficile, voire impossible, d'obtenir la catégorie "A". Le skieur débutant considérera ces conditions comme étant plutôt difficiles; il faut donc en tenir compte. Au printemps, alors que le soleil plus chaud donne parfois de magnifiques journées, les conditions de neige sont en changement très rapide. Cette douce chaleur, agréable pour la peau, affecte également la transformation de la neige. Sous l'effet de la chaleur, la neige poudreuse devient collante, la granuleuse devient mouillée, les plaques durcies ou glacées se ramollissent et forment le "gros sel". Bientôt, la neige fondue crée des flaques d'eau, des ruisselets et des endroits à découvert. Malgré la température agréable, cette condition n'est certes pas facile à skier pour les skieurs moins aguerris; c'est pour cette raison que l'indice de facilité à skier baisse sensiblement. De plus, étant donné la grande variété de conditions présentes le même jour et qui plus est, qui peuvent être complètement différentes d'une piste à l'autre selon l'orientation par rapport au soleil, il convient de simplifier la description en utilisant simplement l'expression "conditions printanières".

## ENDROITS À DÉCOUVERT

Les pistes de calibre "**expert**" font partie de l'évaluation. Les endroits à découvert observés dans ces pistes doivent être considérés. Les obstacles balisés tout comme les pistes fermées sont exclus. Bien indiqué, un obstacle est considéré comme une petite partie fermée de la piste. Cependant, un pictogramme ou un écriteau indiquant des endroits à découvert de façon générale, n'indique pas une piste fermée. Même si plusieurs skieurs s'aventurent dans ces pistes, elles ne seront pas évaluées. De plus, les évaluateurs ne doivent en aucun cas transgresser les consignes de sécurité, ils sont connus et identifiés et le simple fait de skier dans un secteur fermé constitue un geste inacceptable.

## ÉVALUATION MÉTHODIQUE

Voici comment procède un évaluateur des conditions de neige en suivant plus ou moins ces étapes :

1. Vérification de l'accumulation de nouvelle neige reçue au cours des dernières 24-48 heures. Selon l'accumulation récente, il peut s'attendre à de la neige poudreuse plus ou moins présente.
2. Vérification de la consistance de la neige en surface: **poudreuse, granules fins ou grossiers, plaques durcies.**
3. Évaluation du travail mécanique : **traces de machinerie, bosses, surfaces durcies, durabilité de la condition.**
4. Ski dans plusieurs pistes principales avec des niveaux variés : faciles, intermédiaires et difficiles.
5. Vérification de la base : même s'il a constaté un ski plus ou moins rapide, il s'arrête à plusieurs endroits et pique avec votre bâton de ski.
6. Observation de toute autre particularité.
7. Demande d'impression des skieurs de différents calibres en remontant dans les chaises par exemple.
8. Usage de la grille de pondération de Skicast pour calculer l'indice de facilité à skier.
9. Transmission des données constatées.

## FICHE DE PONDÉRATION

La grille est conçue pour représenter le **degré de facilité** à skier le jour et à l'endroit où l'évaluation est effectuée. Plus les conditions seront faciles à skier, meilleure sera l'indice. Il faudra donc garder en tête ce principe pour aider au jugement requis à chacune des catégories de la grille. Le maximum de points d'une section représente une condition parfaite (idéale) pour cette section. Si la condition n'est pas absolument parfaite, il faudra chercher l'équivalent en pointage parmi les repères dans la grille. Il est entendu que ces repères ont été choisis pour décrire des possibilités parmi les plus courantes seulement. Il s'agit donc d'accorder un pointage le plus proche possible du repère qui décrit le mieux la condition ou d'en trouver l'équivalent en termes de points. Il est également possible d'accorder un pointage qui se situe entre les valeurs citées dans la grille.

## DURETÉ DE LA SURFACE

"C'est glacé !" Vous avez certainement entendu cette remarque lorsque vous demandez à quelqu'un "Comment sont les conditions de neige aujourd'hui ?" Nous croyons que le fait que les surfaces skiables soient glacées ou non est sans contredit le critère le plus critique que les gens invoquent pour évaluer les conditions de neige lorsqu'on leur pose la question. C'est pour cette raison que Skicast a placé très haut dans l'échelle d'appréciation ce critère parmi tous les autres qui servent à décrire les conditions de neige.

Pendant, pour plus de détails et de clarté, nous distinguons la glace des surfaces dures. En effet, la glace prend une allure translucide parfois bleutée alors que les surfaces dures sont plutôt blanches et opaques. De plus, nous avons institué une méthode qui détermine la dureté caractéristique de la glace. À l'aide du bâton de ski si vous tentez de planter ce dernier dans la surface à évaluer, le bâton va s'enfoncer d'un ou plusieurs centimètres dans une surface durcie et ne pénétrera pas du tout dans une surface glacée même si on insiste énergiquement.

Cette partie de l'évaluation tient compte de l'élément certes le plus palpable aux skieurs. En effet, c'est la première notion que tout skieur moyen rapporte en général en guise d'évaluation des conditions de ski. Comme c'est le critère le plus important, c'est celui qui étale le plus grand écart de pointage et celui qui permet d'accumuler le plus de points. Plus les pistes sont libres de toute surface glacée ou durcie plus la note est élevée.

## L'ENTRETIEN

Pour cette section, il faut d'abord vérifier si les pistes présentent une surface malléable, facile à skier; puis vérifier si les belles conditions du matin persistent tout au cours de la journée et enfin évaluer quel pourcentage des pistes offrent de belles conditions. Il n'est pas question ici de juger de la quantité de travail exécuté durant la nuit mais bien de constater les faits tels qu'ils se présentent pendant la période de ski. Le fini "corduroy" sur toutes les pistes n'est pas absolument nécessaire dans la mesure que les pistes soient proprement bien damées et offrent une surface malléable, facile à skier, appropriée au niveau de difficulté de ces dernières. Pour l'évaluation, il faut donc soupeser les divers éléments possiblement observés dans les pistes et accorder le pointage représentant le mieux l'ensemble.

## **LA COUVERTURE**

Particulièrement utile en début et fin de saison, cette section consiste simplement à créditer les pistes quant à la qualité de la couverture de neige qui recouvre les obstacles naturels. Tout endroit à découvert fait retrancher quelques points selon l'échelle de pointage proposée dans la grille à moins qu'il ne soit clairement balisé pour éviter à l'éventuel skieur de s'y aventurer.

## **LA TEXTURE**

La texture de la neige de surface est plus ou moins facile à skier. Le repère représentant le mieux l'ensemble des pistes doit être choisi. Évidemment, toutes les pistes ne sont pas toutes identiques, surtout lorsqu'il s'agit de conditions de neige travaillée mécaniquement. Ainsi, l'attribution de pointage équivalant consiste en fait à calculer la superficie des pistes offrant chacune des conditions notées pour en considérer l'importance relative de chacune d'elles dans l'estimation globale de l'ensemble. Cette approche de calcul est également valable pour toutes les autres sections.

## **LA BASE**

La base est simplement sentie lors du plantée de canne en skiant. La dureté de la base peut être évaluée à plusieurs endroits selon la technique décrite à la section III. L'épaisseur de la base n'a aucune importance dans le calcul.

## **LE SONDAGE**

L'évaluation des remarques d'appréciation d'autres skieurs peut être assez suggestive. En gardant la question à son expression la plus simple afin de savoir leur degré de satisfaction, la compilation générale est ordinairement très semblable ou du moins du même ordre de grandeur que l'évaluation technique effectuée à l'aide de la grille. Lors de l'établissement de l'indice de facilité à skier, des conditions de ski, le sondage auprès de plusieurs skieurs est transformé en points et fait partie du calcul. Il est naturel de penser qu'un bon sondage va de pair avec un indice élevé. Inversement si plusieurs personnes ne sont pas entièrement satisfaites, il est fort à parier que l'indice sera moins élevé. De plus, ce sondage sert également à transmettre une appréciation plus objective à la station de ski.

## CALCUL DE L'INDICE DE FACILITÉ À SKIER

<b>STATION DE SKI</b> ..... <b>CALIBREUR #1</b> ..... <b>CALIBREUR #2</b> ..... JOUR ..... MOIS ..... AN ..... HEURE ..... TEMP ..... °C	<b>FACILES</b>	<b>INTERMÉDIAIRES</b>	<b># CALIBREUR</b> #1..... #2.....	
<b>DURETÉ DE LA SURFACE :</b> (choisir la plus proche) Surface solide, verglas, croûte <span style="float: right;">(12)</span> Plusieurs endroits glacés <span style="float: right;">(15)</span> Plusieurs endroits à surface très dure <span style="float: right;">(17)</span> Quelques endroits seulement durs ou glacés <span style="float: right;">(20)</span> Aucun endroit glacé ou dur dans presque toutes les pistes <span style="float: right;">(23)</span> Aucun endroit glacé ou dur <b>nulle part</b> <span style="float: right;">(25)</span>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<span style="float: right;"><b>POINTS</b></span> (12) (15) (17) (20) (23) (25)	
<b>L'ENTRETIEN :</b> Traces de machinerie gelées <span style="float: right;">(10)</span> Pistes non travaillées <span style="float: right;">(12)</span> Neige fabriquée non travaillée <b>ou bosses,</b> <span style="float: right;">(14)</span> Pistes travaillées mais gelées ultérieurement <span style="float: right;">(15)</span> Pistes travaillées ou malléables, mais non durables <span style="float: right;">(16)</span> Fini moelleux, malléable, très durable, <b>ou poudreuse damée</b> <span style="float: right;">(18)</span> presque partout Surface malléable et très durable, <b>ou poudreuse légère &lt; 10 cm,</b> <span style="float: right;">(20)</span> <b>PARTOUT</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	(10) (12) (14) (15) (16) (18) (20)	
<b>LA COUVERTURE :</b> Partielle, plusieurs endroits sont à découvert <span style="float: right;">(10)</span> Seulement quelques roches, terre, branches <span style="float: right;">(15)</span> Bonne couverture dans presque toutes les pistes <span style="float: right;">(18)</span> Bonne couverture sur toutes les pistes <b>sans exception</b> <span style="float: right;">(20)</span>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	(10) (15) (18) (20)	
<b>LA TEXTURE :</b> Granules grossiers, billes de glace <b>ou conditions printanières</b> <span style="float: right;">(7)</span> Neige collante, fondante ou gros sel <b>ou granuleuse mouillée</b> <span style="float: right;">(9)</span> <b>Poudreuse profonde &gt; 10 cm</b> <span style="float: right;">(10)</span> Granules concassés, peuvent être mélangés <span style="float: right;">(11)</span> Fine granuleuse, neige vieillie <span style="float: right;">(12)</span> Mélange de poudreuse et fins granules <span style="float: right;">(14)</span> <b>Poudreuse sur toute la surface skiable &lt; 10 cm</b> <span style="float: right;">(15)</span>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	(7) (9) (10) (11) (12) (14) (15)	
<b>LA BASE :</b> Base glacée à découvert à plusieurs endroits <span style="float: right;">(5)</span> Base glacée avec une mince couche <span style="float: right;">(6)</span> Base dure à découvert à plusieurs endroits <b>ou base ramollie</b> <span style="float: right;">(7)</span> Base dure avec une mince couche de neige <span style="float: right;">(8)</span> Base bien couverte difficile à percevoir <span style="float: right;">(9)</span> Base très bien couverte - non détectable <span style="float: right;">(10)</span>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	(5) (6) (7) (8) (9) (10)	
<b>SONDAGE : sur les conditions de glisse</b> La moitié ou moins des skieurs de tous calibres sont satisfaits <span style="float: right;">(5)</span> La majorité des skieurs de tous calibres sont satisfaits <span style="float: right;">(7)</span> Unanimité d'au moins 10 skieurs de tous calibres très satisfaits <span style="float: right;">(10)</span>			(5) (7) (10)	
<b>TOTAL DES POINTS POUR LA COTE:</b> 100% = A++, 95 à 99% = A+, 90 à 94% = A, 85 à 89% = B+, 80 à 84% = B, 75 à 79% = C+, 70 à 74% = C, 65 à 69% = D+, 60 à 64% = D, 55 à 59% = E+, 50 à 54% = E	Cote		Total	<hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/> 100

Signature du calibre SKICAST

## **VI) LES PRÉVISIONS-SKI**

Les « conditions de ski » ordinairement annoncées pour une station sont un aperçu de la condition d'enneigement la journée même à cet endroit. Elles tentent de décrire ce qu'un skieur devrait retrouver à cette station comme conditions de ski. Cette description est basée sur une évaluation faite la veille ou dans le meilleur des cas, le matin même, très tôt. Cette pratique assume que les conditions de ski seront les mêmes qu'observées et qu'aucun changement ne subviendra pour faire fluctuer ce qui prévalait hier ou le matin même. Cette façon de procéder est maintenant révolue grâce aux prévisions mises au point par Skicast qui nous permettent de consulter toutes les informations pertinentes en un coup d'œil, sur les sept jours à venir pour l'ensemble des stations de ski.

### **LES PRÉVISIONS**

Avec le temps et l'expérience acquise aux cours des années, l'équipe Skicast a considérablement évoluée et est maintenant capable de prévoir les conditions d'enneigement pour sept jours à venir. L'utilité de cette technique étant d'offrir l'information aux skieurs qui auront le loisir de choisir la journée qui leur convient, en connaissant d'avance ce qui les attend.

#### **COMMENT FAIRE DES PRÉVISIONS**

Ne s'improvise pas qui veut dans ce domaine, d'abord l'expérience acquise par divers skieurs ayant parcouru beaucoup d'endroits différents, petites et grandes montagnes, enneigées naturellement ou fabriquée, à haute et basse altitude, travaillées mécaniquement selon des méthodes les plus diversifiées, constitue un ingrédient. Une bonne connaissance de la nivologie, de la transformation de la neige dans le temps et sous l'influence de plusieurs facteurs tels que le travail, mécanique, l'achalandage, les changements de température et beaucoup d'autres, représente une autre pièce complémentaire. Une très vaste expérience des techniques d'évaluation des conditions de ski, des critères précis, des termes utilisés et des indices de facilité à skier attribués, est aussi essentiel dans le processus de prévision. Il y a bien sûr les informations sur la météo à venir mais surtout de bien cibler les changements qui y seront tributaires; nous pensons entre autres aux précipitations sous forme de neige ou de pluie, des changements de la température en hausse ou en baisse, du vent et plusieurs autres éléments qui feront changer les propriétés physiques ou l'aspect général de l'enneigement. Vient ensuite une modélisation qui requiert des algorithmes complexes, des calculs faisant appel à des techniques d'évaluation booléenne et de la logique floue et des statistiques. Et finalement, pour rendre cette information accessible au public, il est indispensable d'obtenir l'aide d'habiles programmeurs afin de manipuler les données, les transformer, créer des bases de données afin d'accueillir les nouvelles prévisions recalculées automatiquement et remises à jour fréquemment. De plus, des interfaces utilisateurs, comme un site Internet, des applications mobiles "iPhone " et "Android" doivent également être programmés et mis en place pour servir les skieurs de façon plaisante et facile.

## TYPES DE STATIONS DE SKI

Afin de calculer les prévisions-ski, l'algorithme de Skicast doit faire intervenir des valeurs qui concernent les stations de ski. Prenons comme exemple une station très peu fréquentée comparativement à une autre connaissant un haut niveau d'achalandage : le résultat sur la neige ne sera pas le même. De même, une station située dans un endroit où il neige souvent, presque à tous les jours, sera fort différente d'une autre où il neige beaucoup moins et dont les pistes sont quasi entièrement couvertes de neige fabriquée artificiellement. Voici donc une liste de points qui contribuent à classer les différents types de stations de ski :

- Quantité de neige fabriquée artificiellement
- Quantité de neige naturelle reçue annuellement
- Qualité de la neige reçue à la station due à l'altitude
- L'achalandage à la station en fonction de sa superficie
- Le ski de soirée contribuant à l'achalandage de la station
- La grandeur de la station et le nombre de pistes qui doivent être travaillées mécaniquement
- La fréquence et la quantité de travail mécanique qui est exercé pour l'entretien des pistes
- L'équipement nécessaire à l'entretien des pistes que la station possède
- La qualité de l'entretien des pistes adapté aux types de neige généralement présents à la station
- Les fluctuations de températures constatées régulièrement à la station
- La fréquence de précipitations sous forme de pluie constatées à la station

Cette liste n'est pas exhaustive; en fait, Skicast dispose d'une possibilité de 25 types de stations qui interviennent dans les calculs des prévisions-ski.

## SKICAST



Des applications pour téléphones intelligents sont également disponibles pour visualiser les prévisions-ski partout dans le monde. Le site Internet de Skicast est accessible avec <https://skicast.ski>. Les applications sont offertes pour les téléphones de type "iPhone" ou "Android" en les téléchargeant tout simplement depuis les magasins d'applications APP Store ou Google Play. Pour les téléphones intelligents, les applications vont géolocaliser l'utilisateur et proposer les cinq stations les plus proches; l'utilisateur peut cependant, faire une recherche par continents et pays et par ordre alphabétique et aller voir les prévisions de n'importe quelle station dans le monde.

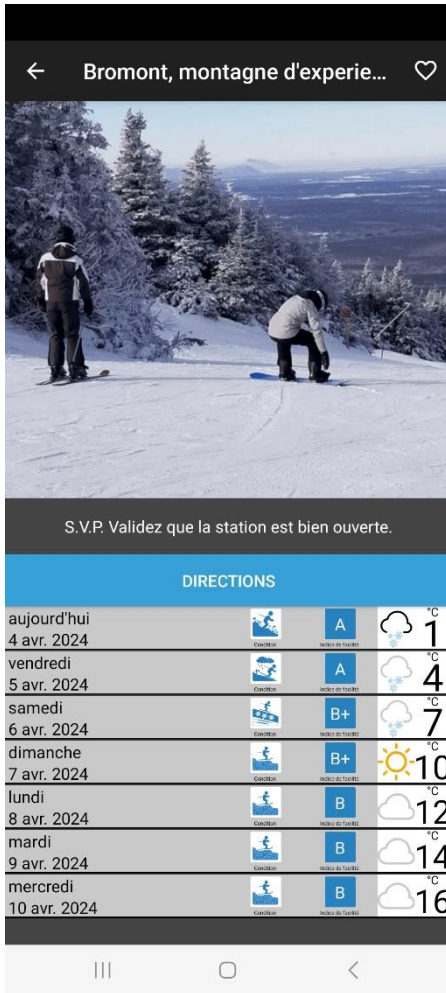
**LES INFORMATIONS** : selon le mode de l'utilisateur plusieurs variables d'information différentes se retrouvent. Citons comme exemple le site Internet Skicast.ski : les tableaux de prévisions présentent : le jour, la date, la température maximum de la journée, une étiquette sur la météo, l'indice de facilité à skier, le type de texture de neige en surface, le type de base et un pictogramme qui illustre d'un coup d'œil les conditions de ski de cette journée. Les évaluations professionnelles faites par tous ses membres certifiés sont intégrées instantanément dans les prévisions du centre visité la journée de l'évaluation; ce qui contribue à une excellente précision des prévisions-ski.

**L'INDICE DE FACILITÉ À SKIER** : l'indice de facilité à skier est un moyen simple pour les skieurs de niveau moyen et les familles de se faire une idée des conditions globales présentes à leur station. Par exemple, des précipitations de 20 cm (8 pouces) de neige fraîche pourraient signifier un indice de A ++ pour les experts; mais pour les familles, un indice de B+ sera affiché en raison de la plus grande difficulté. Les indices sont attribués avec les critères d'évaluations de l'équipe Skicast utilisés depuis plus de 30 ans. De plus, les évaluations professionnelles faites par tous les membres certifiés de Skicast sont intégrées instantanément dans les prévisions-ski du centre visité la journée de l'évaluation; ce qui contribue à une excellente précision des prévisions-ski.

**ÉTIQUETTE MÉTÉO** : l'étiquette météo n'est sans doute pas celle que l'on retrouve sur le site de vos prévisions locales pour la météo. Seule l'information pertinente aux skieurs est retenue en priorité ex. : "faible neige", "neige abondante", "pluie", ... Tous les attributs trop négatifs sont retirés ex. : facteur de refroidissement éolien, bombe météorologique, avertissement de froid intense, etc. L'information a été intentionnellement filtrée pour renseigner adéquatement mais sans faire du sensationnalisme ou pire, décourager les skieurs. L'approche positive est toujours de mise.

**LES PICTOGRAMMES** : des pictogrammes ont été créés pour résumer très rapidement les conditions de ski en un coup d'œil. Le temps est précieux pour tout le monde et très rapidement, le lecteur sait à quoi s'attendre et est en mesure de choisir quelle journée lui conviendra le mieux avec toute l'information pertinente.

# APPLICATIONS POUR TÉLÉPHONES INTELLIGENTS



**SKICAST est la meilleure façon de planifier vos journées de ski.**

- Application de ski simple à comprendre
- Les stations de l'Amérique, Europe, Asie
- Condition des 7 prochains jours avec pictogrammes
- Prévisions pour les skieurs ou planchistes
- Indice de facilité à skier

Patrouilleurs : vous serez mieux en mesure d'évaluer votre charge pour les journées à venir.

Direction de la station de ski : planifiez le personnel selon les prévisions

**L'objectif de l'application** est de permettre aux skieurs d'avoir une idée réaliste des conditions qu'ils retrouveront sur les pentes de leur station de ski.

**Avec SKICAST** le skieur peut prendre une décision éclairée pour optimiser ses sorties aux stations de ski.

Plusieurs types d'informations pertinentes ont été créés pour les skieurs et cela pour les 7 prochains jours :

– Les conditions de neige détaillées : type de neige en surface,

dureté de la base et un pictogramme.

- Indice de facilité à skier pour la famille et skieurs novices : un indice A+, A, B+, B ....
- Une Alerte de poudreuse pour les skieurs plus aguerris
- Météo dominante que l'on retrouvera à la station pendant les heures d'ouverture (9:00 AM – 16:00)

**Les conditions de neige détaillées** : les conditions de ski ont été regroupées en différentes classifications simples à consulter. Elles sont représentées par des pictogrammes spéciaux faciles à identifier pour les **SKIEURS** et pour les **PLANCHISTES**.

## INTERPRÉTATION DES PICTOGRAMMES

Pictogramme	Indices probables	Conditions de ski associées
	A ++ A+ A	Conditions idéales présentant une surface poudreuse sur un fond moelleux, très facile. Conditions d'enneigement presque parfaites de neige poudreuse Excellentes conditions de neige poudreuse ou fine granuleuse très malléable sur un fond doux <b>* Idéales pour la famille, petits et grands</b>
	A ++ A+ A	Conditions idéales présentant une surface poudreuse sur un fond moelleux, très facile. Conditions d'enneigement presque parfaites de neige poudreuse Excellentes conditions de neige poudreuse ou fine granuleuse très malléable sur un fond doux <b>* Avec faible neige</b>
	B+	Très bonnes conditions généralement faites de neige travaillée sur un fond assez dur <b>* surface damée ou travaillée</b>
	B+	Très bonnes conditions généralement faites de neige profonde <b>* neige poudreuse profonde de plus de 10 cm</b>
	B	Bonnes conditions générales, avec quelques endroits durcis <b>* ski rapide, quelques endroits durcis ou glacés</b>
	B+	Bonnes conditions avec une <u>base ramollie</u> et une texture <u>granuleuse</u> (gros sel) Conditions printanières <b>* causant des accumulations ondulées par endroits</b>
	B, B+, C, C+	Bonnes conditions générales, avec quelques endroits durcis Conditions changeantes ou en changement <b>* Température en baisse importante ou très venteux</b>
	C C+ D D+	Conditions moyennes, présentant plusieurs endroits durcis ou glacés Conditions passables avec plusieurs endroits glacés ou aux conditions difficiles Conditions médiocres et difficiles à skier Mauvaises conditions d'enneigement, très difficile à skier <b>* Ski plus difficile aujourd'hui</b>
	B+ B C+	Sous la pluie, Conditions moyennes ou passables avec des endroits ramollis ou conditions printanières <b>* Pluie annoncée, prévoir le coup</b>
	F	Pas de ski, station de ski fermée <b>* Station fermée</b>

Sur les téléphones intelligents, il existe la possibilité d'utiliser les pictogrammes de planchistes au lieu des skieurs pour ceux qui les préfèrent.

## RÔLE D'UN ÉVALUATEUR SKICAST

En plus d'être des passionnés des sports de glisse, les évaluateurs de SKICAST sont dûment formés pour décrire les conditions d'enneigement et parler des stations de ski. L'évaluateur décrit en réalité son expérience en ski à la station visitée; il est désigné comme "expérimentateur" de "l'expérience ski". Les évaluateurs sont invités à sillonner les diverses stations de glisse à la mesure de leur disponibilité, y compris les plus petites stations de glisse qui ont plus besoin de cette visibilité. Jamais plus de deux évaluateurs ne sont en fonction à une station de glisse le même jour. Cette entente avec les stations est assurée grâce à un système de réservation accessible sur l'Internet qui est mis à la disposition des évaluateurs.

Un balayage représentatif des pistes doit être fait avant d'évaluer les conditions d'enneigement. À chacune de leur visite, les évaluateurs SKICAST remettent à la station visitée un rapport de ski qui comporte une évaluation détaillée des conditions d'enneigement. Cette expérience client en ski doit être transmise à la centrale ISCF pour devenir disponible à tous, sur le site Internet <https://skicast.ski>

Les évaluateurs SKICAST se doivent d'être actifs sur les réseaux sociaux et parler plus en détail de leurs expériences vécues aux stations de ski avec des anecdotes, histoires, activités à la station, des photos ou autres faits d'intérêt spécial. Un des programmes mis en place est le parrainage d'une station de ski. Avec ce programme une station ou plus, est attribuée à chacun des évaluateurs SKICAST qui doit suivre cette (ces) station(s) au cours de la saison et en parler régulièrement sur les réseaux sociaux. Ce programme vise à accorder une attention médiatique à toutes les stations, petites ou grandes et peu importe sa localisation.

## FIABILITÉ DES PRÉVISIONS

### CALIBRATION

Les évaluateurs SKICAST (aussi appelés Calibreurs) servent également à raffiner les prévisions de plusieurs façons. D'abord, comme mentionné précédemment, l'évaluation du calibreur qui devient la description de "l'expérience-ski" sur le site Internet skicast.ski est automatiquement retransmise au bureau de Skicast. Et cette dernière remplace carrément la prévision qui était faite pour cette station cette même journée. Évidemment, ce processus assume dès le départ que l'évaluation faite sur place reflète la réalité puisque le calibreur dûment formé utilise une grille de pondération pour enfin calculer l'indice précis de facilité à skier.

L'évaluateur des conditions d'enneigement a donc un rôle de calibreur puisque l'indice précis de la journée influence les indices des journées subséquentes. Pour simplifier le fonctionnement, disons que le calcul des indices de facilité à skier pour les journées à venir propose des changements progressifs (des différentiels) par rapport à l'indice de départ. Ainsi, l'algorithme propose pour demain l'une des possibilités : "plus ou moins pareil", "un peu mieux", "beaucoup mieux", "un peu moins bien" ou "beaucoup moins bien". Citons comme exemple qu'un évaluateur détermine un indice de "B" au lieu de "B+" qui était prévu à la station la journée de sa visite, autrement dit un peu moins élevé que prévu; et bien la séquence pour les sept jours à venir disons "B+, B+, A, A, A, A+, A+" deviendrait une meilleure prévision "B, B, B+, B+, B+, A, A" basée sur le fait qu'au départ le "B+" prévu était réellement un "B" après la vérification sur place. C'est ainsi que le système est recalibré pour cette station.

### CALCUL DE LA FIABILITÉ

Skicast s'était donné un objectif assez ambitieux de présenter des prévisions-ski avec une justesse évaluée à 95%. Mais encore fallait-il avoir une méthode de le démontrer en mesurant la véracité. Bien entendu, la possibilité d'en arriver à 100% avait été écartée dès le départ. Un ingrédient absolument nécessaire à l'algorithme pour déterminer les prévisions est bien sûr les prévisions météorologiques qui ne sont pas elles-mêmes ni précises ni sûres à 100%.

Skicast a donc procédé de la façon suivante, en comparant des points de repères : les calculs sur place par nos calibreurs sont comparés aux prévisions préalablement faites à ces dates pour ces stations de ski visitées. Ainsi donc si le calibreur trouve le même indice de facilité à skier que celui qui était prévu par l'algorithme, la précision est de 100%. Quand le calibreur trouve un indice différent de celui prévu, des points sont retranchés à la précision par tranches successives à mesure que la mesure de l'indice s'éloigne de la prévision.

Après des centaines de mesures et avec le temps, Skicast peut démontrer que les calibreurs trouvent le même indice que celui prévu dans la grande majorité des cas. Le taux de fiabilité des prévisions est mesuré systématiquement et est disponible en temps réel, par évaluation, par mois, par trimestre ou la saison entière si désiré. Le taux de fiabilité se situe autour de 97% pour l'ensemble des dernières saisons de ski.

### RAFFINEMENT DE L'ALGORITHME

Les évaluations des calibreurs et le calcul de la précision a aussi servi à d'autres utilités. La détermination du taux de fiabilité en temps réel a offert une opportunité d'identifier facilement les écarts entre la prévision et la mesure sur place. Les écarts importants ont certainement fait l'objet d'une investigation plus approfondie pour tenter de colmater les problèmes. À la recherche de la source des problèmes identifiés, étaient-ce des imprécisions de la météo, des variables incorrectes, des erreurs de calcul ou de programmation ?

Avec l'expérience acquise des mesures des calibreurs et les interventions ponctuelles des programmeurs, l'algorithme de calcul des prévisions-ski a rapidement atteint le niveau de haute fiabilité souhaité. Le système de calcul de la précision est toujours en place comme témoin de la fiabilité.

## AVANTAGES POUR LES STATIONS DE SKI

- 1- Les prévisions-ski placées sur le site Internet d'une station sont beaucoup plus utiles aux skieurs comparativement aux conditions de ski qui existaient avant. Les anciennes conditions de ski ne donnent que les informations de la veille ou au mieux, celles d'aujourd'hui alors que la personne qui les consulte constate qu'il est déjà trop tard pour s'organiser pour aller skier et en profiter. Les prévisions quant à elles permettent aux skieurs de décider avec de bien meilleurs outils quand ils iront skier et cela plusieurs jours d'avance.
- 2- Selon des propriétaires de stations de ski, beaucoup de nouveau skieurs sont attirés chaque année par les stations pour essayer ce sport mais malgré ce succès, très peu reviennent par la suite. Certaines stations ont travaillé fort pour améliorer l'accueil et offre même un encadrement avec l'assistance de l'école de ski pour maximiser l'expérience positive; mais le problème demeure. L'une des causes est simplement un mauvais choix de journée pour faire l'expérience. Un exemple : il y a eu du temps chaud et peut-être même de la pluie dans les jours précédents, demain la météo nous annonce -10C avec un beau soleil. Une personne non initiée voit une température acceptable, pas trop froide, avec du beau soleil, alors qu'en réalité, la neige humide et imbibée sera transformée en glace par un froid soudain. Dans cette transition, les stations auront maille à partir afin de ramener de meilleures conditions et notre skieur à l'essai aura connu beaucoup de difficulté et certainement pas une journée de rêve. Ce phénomène de changement de température est malheureusement devenu assez fréquent ces dernières années. Donc, pour obtenir un meilleur taux de rétention des nouveaux skieurs mieux vaut leur proposer d'en faire l'essai là où les conditions de ski seront plus faciles.
- 3- Un avantage à une station de s'abonner au fil d'information est la possibilité d'y mettre une photo qui sera vue par tous les utilisateurs des applications SKICAST. La photo peut être une annonce, une publicité au choix des stations. De plus, les stations membres peuvent changer la photo aussi souvent qu'elles le désirent. C'est une fenêtre de publicité qui est offerte.
- 4- Il est connu que beaucoup de personnes consultent les prévisions météo avant de sortir pour une activité. Les stations de ski ont pour la plupart incorporé les données météo directement sur leur site Internet, pour faciliter le travail aux gens intéressés par leur station. Le hic est que les médias exploitent de plus en plus des caractères sensationnalistes dans leurs prévisions. Ainsi, on retrouve des températures avec des facteurs de refroidissement éoliens sinon des avertissements, des "bombes météorologiques" et "risques" de tous genres. Cela a pour effet de décourager bien du monde de sortir. ISCF présente les informations de façon beaucoup plus positive : d'abord pas de refroidissement éolien, de "bombe" ou "d'alerte", la température maximum sèche est donnée ce qui correspond à celle du milieu de journée ordinairement, les étiquettes descriptives sont : neige légère, neige abondante, ensoleillé etc, ce qui correspond aux informations que les skieurs veulent savoir.
- 5- Les stations n'ont plus à payer pour des liens avec les médias de prévisions météorologiques puisque ISCF fournit déjà les informations sur ces prévisions mais d'une façon beaucoup plus positive. Une économie mais en plus, des prévisions-ski y sont accrochées directement avec des pictogrammes faciles à consulter. Toute l'information est offerte en un bloc, au même endroit.
- 6- Enfin, avec les applications sur téléphones intelligents, non seulement les photos sont véhiculées mais d'autres informations sur la station deviennent facilement accessibles pour un rayonnement de la station sur la scène internationale.

## AVANTAGES POUR LES SKIEURS ET PLANCHISTES

L'application Skicast est un outil précieux et fort utile pour tous les skieurs et planchistes qui visent à profiter au maximum de leurs sorties. Voici quelques-uns des avantages à consulter l'application :

- La planification des journées de ski devient très facile et très rapide pour choisir les conditions qui conviennent le mieux, la journée, la station et les vêtements requis
- Avec les pictogrammes, constater d'un coup d'œil ce qui vous attend à cette station
- Savoir à l'avance le genre de neige en surface et la dureté de la base. Pas besoin d'aller voir sur les sites Internet des stations; de toute manière cette information n'est pas toujours présente et parfois même pas très fiable
- Constaté instantanément si la condition de ski convient, grâce à l'indice de facilité à skier. Cet outil est une exclusivité de Skicast.
- Obtenir au même endroit et en même temps les prévisions météo importantes pour les skieurs telles que la température maximale de la journée si de la neige est attendue en quantité faible ou abondante, de la pluie, de forts vents ou une température extrêmement froide. Si on est très patient, on pourrait toujours chercher ces données chez notre fournisseur de prévisions météo préféré mais attention ! il faut se méfier des alertes météo, des bombes météorologiques, des exagérations de facteurs de refroidissement éoliens et pire encore : un beau soleil n'est pas une garantie de belles conditions de ski et une chute de neige abondante ne signifie pas qu'elle sera facile à skier. Alors, n'est-ce pas plus simple, plus facile et plus fiable de s'en tenir aux prévisions-ski de Skicast.
- La possibilité de comparer les conditions, la météo et toutes les autres informations entre les stations sur la même page.
- Les "alertes de poudreuse " sont bien utiles aux skieurs un peu plus aguerris. On peut constater quelles stations recevra de la neige abondante et à quelles journées.
- Inutile d'aller scruter les caméras (webcam) installées dans les stations; il est fort à parier qu'aucune des informations fournies par Skicast n'y sera décelée.
- L'avantage incontournable : l'application est gratuite et disponible en tout temps.