

La Chaussure

Par Gérard Gautier
avec l'aide précieuse de Mark Festor

Les fonctions de la chaussure

Toute chaussure a pour fonction la protection du pied. A ski cette protection revêt une grande importance, notamment contre le froid, l'humidité et surtout les coups (carre, pointe de bâton...). A ski, la chaussure est aussi le levier de pilotage du skieur. Les impulsions sont transmises par les appuis du skieur contre le pourtour interne de la chaussure : languette, collier, bord interne, bord externe du sabot, telle ou telle zone de la semelle... La neige fournit au skieur des appuis pour maintenir sa posture érigée et générer sa direction, elle produit son glissement / freinage. Ce réseau de forces transite forcément par la chaussure. Le pied est enserré dans la chaussure qui transmet les forces au ski et reçoit en retour les informations provenant du contact ski-neige.

Pour devenir des perceptions sensorielles, ces informations (forces, vibrations, pressions, tensions...) doivent pouvoir être acheminées par la chaussure. Le pied est un organe sensoriel, ses structures internes sont garnies de capteurs. « Le pied adulte comprend 26 os, 16 articulations, 107 ligaments et 20 muscles » (Wikipedia). N'oublions pas la peau (corpuscules de Pacini, de Meissner, les récepteurs de Merkel, les terminaisons de Ruffini, les terminaisons nerveuses libres) qui concerne généralement la plante du pied, et de plus chez les skieurs, l'enveloppe des parties molles du bas de la jambe au contact du collier et le tibia au contact de la languette (schéma 2). Une chaussure près du pied favorise ce processus, une chaussure trop serrée (une injection très forte) peut enfermer le pied dans un étau et le rendre insensible comme s'il était moulé dans du béton. Une chaussure un peu « lâche » ne permet pas une sensibilité fine.

La technique du ski tient aussi sa part dans la conception de la chaussure. En appui, les fondamentaux doivent pouvoir être mis en œuvre : toute action du corps se transmet au contact de la neige et réciproquement... L'attitude posturale (attitude de base) en est le fondement



(schéma 1) ; pour une juste répartition des charges entre chacun des deux skis qui doit pouvoir être piloté indépendamment de l'autre, pour une répartition des flexions harmonieuses, pour encaisser musculairement les surcharges, pour mobiliser le ski sous le corps, pour charger davantage l'avant... Pour un pilotage fin, le pied ne doit pas pouvoir trop se déformer, mais il doit pouvoir malgré tout produire ses actions de pilotage. Par exemple son éversion doit être effective, au moins en contraction isométrique, pour produire la charge du ski sur sa carre, de même, il doit pouvoir se relâcher pour relâcher la carre (voir « les organes de transmission pied-ski », l'entraîneur de ski alpin, 107, p.6) (schéma 3). Le pied et le bas de la jambe ont un fonctionnement complexe qui doit être respecté et aidé par la chaussure.

Pour satisfaire ces exigences, la chaussure doit être parfaitement ajustée aux caractéristiques morphologiques et musculaires du pratiquant. Sinon, gare aux douleurs ! Et pour se faire, un grand nombre de paramètres sont à prendre en compte, ce qui rend sa fabrication et son éventuelle préparation (bootfitting) complexes. Il y a les mensurations : pointure, largeur du pied à la base des métatarsiens, volume du pied, diamètre de la jambe, hauteur du mollet, hauteur et volume de chacune des malléoles, angle d'inclinaison latérale du bas de la jambe, poids du skieur, longueur respective des orteils, déformations diverses... Il y a les données techniques dépendantes de la façon de skier spécifique au skieur, son

Posture du skieur et action de la jambe dans le pilotage



Illustrations Lange Spa

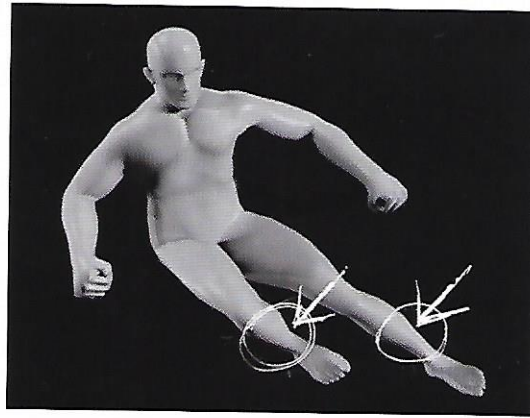


Schéma 1

Le pied sensible dans le pilotage

- Les 3 zones sensibles :
- Plante du pied – semelle
 - Jambe – collier
 - Tibia - languette

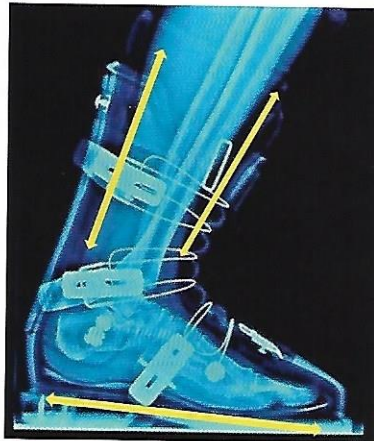
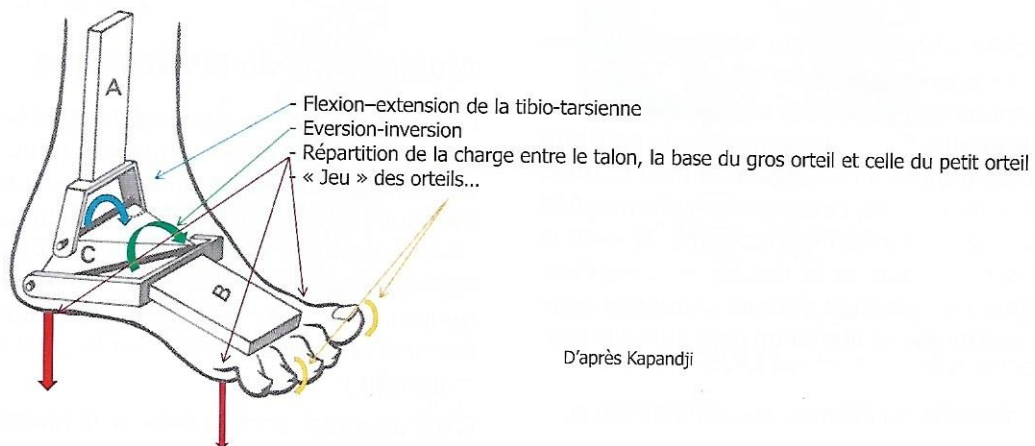


Schéma 2

Actions du pied dans le pilotage



D'après Kapandji

Schéma 3

style : son angle de flexion de cheville, son centrage, etc. Il y a encore d'autres contraintes qui interviennent, notamment fonctionnelles : les actions de pilotage du pied nécessitent des contractions musculaires lesquelles mobilisent et déforment le pied dans la chaussure ; d'autres éléments liés aux capacités à encaisser des charges, qui « écrasent » et donc allongent la base de sustentation du pied, et la fatigabilité qui contraint le pied et tend à le déformer... On voit bien ce paradoxe : tenir au mieux le pied pour un pilotage fin et efficace et « en même temps » permettre au pied de vivre, de « fonctionner ». Un chausson fin et un serrage important sont indiqués chez les skieurs de haut niveau, au détriment du bien-être qui les oblige au desserrage dès l'arrêt de l'activité, à la fin de chaque série d'entraînement ou d'une manche de compétition.

On peut considérer la chaussure comme une orthèse qui aide et soutient le pied et la partie inférieure de la jambe. Levier de commande au pied du skieur, la chaussure est l'élément central, essentiel de la pratique. Elle permet au pied de se prolonger par le ski. Pour qui veut pratiquer le ski, c'est le poste budgétaire qui mérite un investissement.

Les constituants de la chaussure

La coque

Présentation d'une chaussure de ski (schéma 4) : Cette chaussure est une botte. On distingue la coque et le chausson. La coque est constituée de deux parties articulées entre elles, le sabot et le collier. La coque se clôt avec la semelle. Comme son nom l'indique, la coque est rigide. Elle enferme un chausson amovible. Le chaussage - déchaussage nécessite l'ouverture de la chaussure par écartement du collier et soulèvement de la languette. La fermeture et l'ouverture de la chaussure se fait à l'aide des crochets, le réglage précis du serrage se réalise grâce aux crémaillères et vis micrométriques. Le strap est une sangle qui joue le rôle d'un 5^e crochet au sommet du collier. La semelle se prolonge d'embouts nécessaires à son emprise par la fixation.

C'est la coque qui permet les transferts de forces skieur-ski-neige-ski-skieur.

Le chausson

Le chausson (schéma 5) est constitué d'une face interne en tissu en contact avec la chaussette, d'une face externe plus rigide en contact avec la coque et d'un matériau de synthèse entre les deux. Cette mousse centrale peut être traditionnelle ou se mouler à l'anatomie du pied et de la jambe selon deux techniques, celle du thermoformage et celle de l'injection. Un chausson thermoformé, épouse la forme du pied à la chaleur et la conserve. L'injection consiste à introduire le matériau dans le chausson sous pression qui se met en forme autour du pied puis à le laisser se durcir.

Les chaussons destinés au ski alpin de compétition sont

très fins, avec un système de laçage pour plus de maintien avec des parties « thermoformées » au niveau de la cheville. Le chausson injecté équipe 10 à 20 % des coureurs actuellement (au lieu de plus de 80 dans les années 70-90). « Les chaussons thermoformés et surtout injectés ne sont que des produits complémentaires à haute valeur ajoutée si bien faits » (Mark Festor).

La languette complète le chausson auquel elle est fixée par sa base.

Chausson et languette assurent le confort et cela notamment dans les phases d'appui : pression tibia-languette, face intérieure de la jambe - collier, etc. Le chausson est « une enveloppe de liaison entre le pied et la coque » (Mark Festor). Cette enveloppe comprend la languette et est complétée par la semelle interne anatomique.

La semelle

Généralement, on parle de la semelle (schéma 6). Il faut pourtant préciser qu'il y en a plusieurs. La semelle externe assure le maintien de la chaussure par la fixation, elle est fabriquée en creux dans la même pièce que le sabot. Une semelle rigide de soutènement amovible y est insérée et participe de la coque. La fine couche de tissu de la semelle du chausson vient se poser dessus. A l'intérieur du chausson une semelle intérieure dite de propreté semi-rigide et légèrement anatomique est insérée, elle est amovible. C'est elle qui assure la liaison chaussure-pied.

Quelques éléments secondaires

- Certaines chaussures, généralement destinées au grand public sont équipées d'un loquet qui permet de débloquent le collier du sabot pour favoriser la marche (schéma 7a). Fermé, il solidarise les deux parties pour la pratique du ski.

- Marcher use les semelles (schéma 7b). La plupart des semelles de chaussures ont des embouts amovibles que l'on peut remplacer quand ils sont usés. Il existe des protections à fixer sous les chaussures.

- Il existe des semelles internes chauffantes (schéma 7c) pour améliorer le confort du skieur par basses températures, mais cela ne semble pas résoudre le problème du froid aux pieds...

Ajustements de la chaussure

Le pied repose donc sur un plan rigide (schéma 8). La semelle interne au chausson joue un peu le rôle d'un berceau qui englobe la face inférieure du pied et assure un minimum de confort tout en permettant les transferts de charge et les perceptions par la sole du pied. Le talon est légèrement plus haut que la pointe du pied (angle de rampe), la cheville est fléchie... On entr'aperçoit la complexité d'une liaison partie vivante (pied et jambe) - partie matérielle !

C'est pourquoi, compte tenu de la rigidité de sa coque, la

La chaussure



Schéma 4

Le chausson



Schéma 5

les semelles

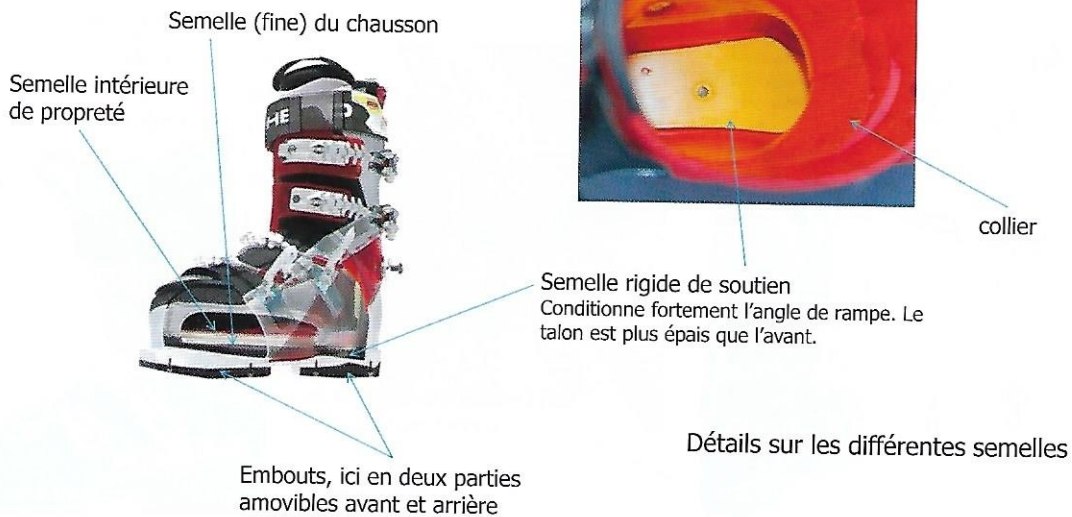


Schéma 6

Éléments de confort

Schéma 7b : Marcher use les semelles des chaussures de ski.

- 1) Certains embouts de semelle sont interchangeables.
- 2) Il existe des protections amovibles à fixer sous la semelle pour marcher



Loquet de blocage-déblocage du collier sur le sabot pour favoriser la marche avec possibilité de flexion-extension de la cheville.

Schéma 7c : Semelles chauffantes



Schéma 7

Liaison chaussure-pied

Coupe longitudinale d'une chaussure.

- Éléments rigides de la chaussure : la coque et les différentes couches de semelle
- La semelle anatomique qui épouse le pied.

Le chausson a été enlevé.

Plan de soutien du pied

Angle de flexion

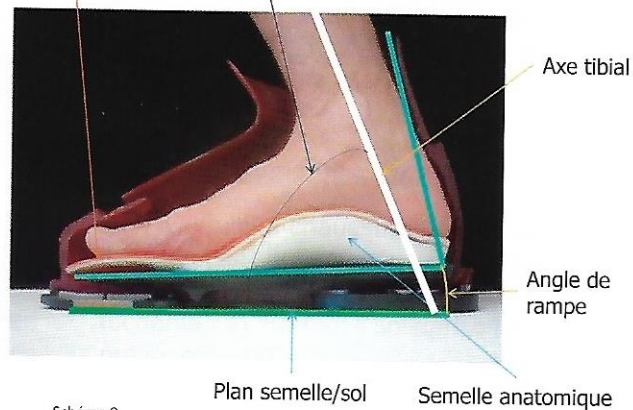


Schéma 8

Les réglages d'inclinaisons d'une chaussure



Schéma 9a

chaussure doit pouvoir être ajustée à la morphologie du skieur et à sa façon de skier (schéma 9a). L'angle de rampe est l'inclinaison du plan qui porte le pied par rapport à l'horizontale, il est légèrement incliné vers l'avant. L'angle de flexion (schéma 9b) correspond à l'avancée du collier sur le sabot et donc à la flexion de cheville adoptée par le skieur dans sa pratique. L'angle d'inclinaison latérale (schéma 9c) de la chaussure se voit plutôt de l'arrière et correspond à l'angle que forme le segment tibial avec la verticale. Le marketing l'appelle « canting ». Ces deux derniers angles doivent pouvoir être modifiés facilement pour être adaptés au skieur. Ces angles peuvent varier quelque peu avec l'intensité de la flexion générale du skieur. Mais il s'agit bien ici de se situer dans une moyenne fonctionnelle. La plupart des chaussures permettent l'adaptation de la plupart des morphologies et des styles techniques.

Le bootfitter

Mais certaines morphologies de pied et du bas de la jambe ne peuvent pas être correctement adaptées sans passer entre les mains d'un professionnel, un bootfitter (encore un anglicisme ! désolé pour les puristes...). Il peut travailler directement la coque (schéma 10a). C'est le cas par exemple des skieurs ayant des excroissances comme des bursites, des exostoses, provoquées parfois par le port prolongé de chaussures de ski... Ce peut être aussi le cas de skieurs avec des pieds plats, pieds creux, pronateurs, supinateurs, etc. qui peuvent nécessiter la confection d'une semelle thermoformée adaptée à leur morphologie plantaire (schéma 10b).

Il peut aussi faire du sur mesure, faire le choix d'une injection du chausson, éventuellement d'une languette (schéma 10c), travailler le collier pour réduire sa hauteur

Réglage de l'angle de flexion

L'angle de flexion doit être ajusté à la morphologie et à la posture adoptée par le skieur dans sa pratique. Cet angle initial se modifie pendant l'activité sous la poussée du tibia :

- Vers l'arrière
- Vers l'avant

La chaussure offre une résistance à cette poussée : son flex.

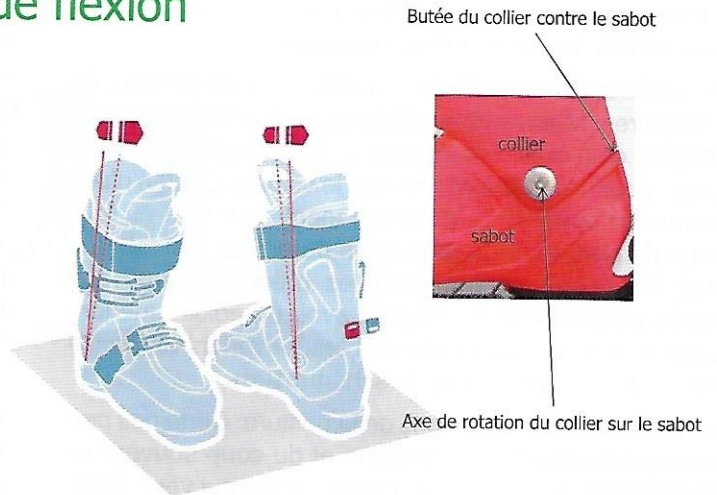


Schéma 9b

Réglage du canting

Le canting = inclinaison latérale de la chaussure. Cet angle est réglable pour l'ajustement à la morphologie du skieur.

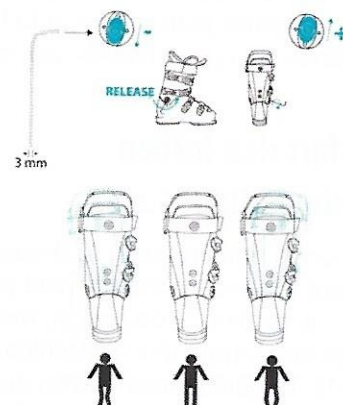


Schéma 9c

Personnalisation de la chaussure

- Personnalisation de la coque par un professionnel, réservée à des cas très particuliers...

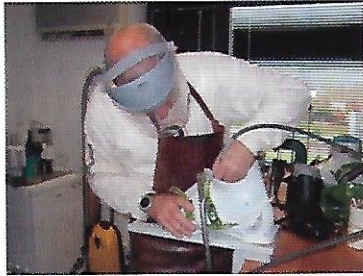


Schéma 10a

pour certains skieurs aux segments tibiaux courts et/ou à fort mollet. Il sait caler les chaussures pour modifier certains angles (rajout de cales, meulage, etc.).

Le bootfitter est un technicien, il n'est pas un vendeur de chaussures. Mais sa connaissance du marché lui permet d'être un conseiller, notamment dans le choix des chaussures : pour une pointure donnée, le volume change d'une marque à l'autre, et cela parfois même sur telle ou telle partie du pied ou de la jambe, en particulier, notons que chez les jeunes, notamment les préadolescents aux grands pieds la chaussure peut avoir un poids, une longueur et une hauteur considérables, devenant un handicap... (Voir le cas d'école du schéma 10d).

Les pieds sont les fondations de la posture. Certaines personnes consultent un podologue et du coup souvent un orthopédiste afin de réaliser des semelles qui vont assurer un rééquilibrage de la chaîne posturale pour un usage quotidien, que ce soit pour la ville ou pour les activités sportives. Le podologue et l'orthopédiste sont de bons indicateurs pour un passage chez le bootfitter. Certains bootfitters ont d'ailleurs suivi des formations en ce sens, et quelques-uns sont podologues. J'ose ici renvoyer le lecteur sur notre numéro hors-série spécial posture de 2017 car le port de chaussures de ski transforme la posture. Une chaussure peut même, à la longue, et surtout chez les jeunes encore en croissance, déformer le pied...

Le transfert des forces pied-jambe / chaussure

Pour une bonne transmission, la chaussure doit être correctement ajustée, non seulement par le bon réglage des angles de canting et de flexion, mais aussi par le bon réglage du serrage des différentes zones du pied (schéma 11). Traditionnellement, on distingue trois zones de serrage. Au niveau de l'arrière pied : le talon ne doit pas bouger. La face interne de la base des métatarsiens doit pouvoir transmettre sans « jeu ». La partie

sus-malléolaire doit aussi être parfaitement solidaire du collier ; le strap (schéma 3) ou « booster » est bien apprécié des skieurs pour une meilleure solidarité collier-jambe.

En effet, en attitude d'avancée le talon ne doit pas pouvoir se soulever. La base des métatarsiens doit, elle aussi, « adhérer » à la semelle pour une meilleure transmission des appuis latéraux (sur la carre) ou des actions de pivotement. La jambe doit pouvoir entraîner le collier vers l'avant, pour fléchir la cheville... Notons que dès l'appui languette terminé, la chaussure doit reprendre son angle de flexion initial.

Les transmissions verticales, la charge, passe par la coque au sein de laquelle est fixée la semelle rigide (schémas 8 et 12). Les traditionnels trois points d'appui du pied (talon, bases des métas 1 et 5) trouvent leur assise sur la semelle. Le centrage peut ainsi évoluer pour venir se projeter en avant (ou en arrière) du point d'équilibre, mais aussi latéralement jusqu'à l'aplomb de la carre.

C'est la coque qui joue le rôle de levier (schéma 13). On peut représenter la chaussure comme un levier qu'on fait basculer autour de l'axe O avec une force F. Cet axe n'est pas le même dans le plan longitudinal (axe d'articulation collier-sabot) et dans le plan latéral (le fil de la carre). Plus grande est la hauteur, plus le levier est efficace.

Ce levier transfère l'appui languette sur l'avant du ski ou plus généralement sur la carre interne de l'avant du ski (appui oblique), il transfère de même l'appui spoiler sur le talon du ski (schéma 14). C'est lui aussi qui incline et maintient le ski sur sa carre généralement intérieure. Il permet à l'ensemble de la chaussure de s'incliner latéralement d'un seul tenant, sans déformation pour une meilleure prise et tenue sur la carre (schéma 15). Cependant, la transmission des forces au ski, autrement dit l'efficacité du levier, dépend fortement du flex, c'est-à-dire de la rigidité, de la résistance de la coque à sa déformation. Il dépend aussi de la résistance (qui doit être progressive) de la flexion du collier sur le sabot et de son amplitude. Il en est de même pour l'extension et dans une amplitude très

Personnalisation de la chaussure

- Moulage d'une semelle



Schéma 10b

Personnalisation de la chaussure

L'injection



Languette injectée Chausson injecté

Schéma 10c

Personnalisation de la chaussure

Cas d'école proposé par Mark Festor



Longueur semelle chaussure
Rouge : 315mm
Bleu : 332mm
Remarquer la différence de hauteur
du collier



Minime 1
1994
178
61 kg
Pointure pieds 42

Schéma 10d

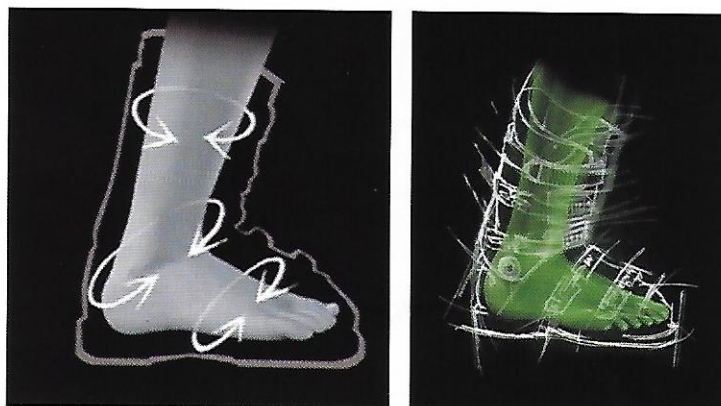
réduite limitée par la butée collier-sabot. Un chiffre quantifie le flex de la chaussure, plus ce chiffre est élevé, plus la chaussure est rigide, mais il n'y a pas de norme universelle. La rigidité latérale de la chaussure facilite son effet de levier, elle participe grandement à la solidité et à la force de maintien que le skieur exerce sur son ski pour qu'il tienne parfaitement l'angle nécessaire (schémas 13 & 15).

Ces différents facteurs doivent cependant être adaptés à l'âge, à la force musculaire, à la préparation physique du skieur, à la longueur des segments voire au diamètre osseux. Un levier sert à démultiplier une force, c'est pour cette raison que la chaussure de ski a évolué historiquement (plus haute, plus rigide). Mais comme on parle de « retour de bâton », un levier peut aussi « retourner » des forces extérieures aux mains et aux bras de son manœuvre ! Les bûcherons le savent bien... Chez les skieurs, la

chaussure-levier renvoie des forces de contact ski-neige au bloc pied-chaussure qui transfère ces forces, ces chocs et ces vibrations tout au long du membre inférieur et en particulier au genou ! Sans négliger les problèmes de cheville, de fracture tibiale et du péroné... A ce sujet, il est possible de voir que la longueur des segments, en particulier celle du segment jambe, importe dans le transfert des forces... Le levier d'action est plus grand chez les skieurs à grands segments (schéma 13, flèche noire). Cela signifie que pour eux, un peu moins de force peut être engagée pour mobiliser le levier-chaussure, mais que le retour de levier est un peu plus fort et leur genou plus exposé... Voici la proposition de Mark Festor quant au choix du flex de la chaussure en fonction de l'âge... Avec toutes les précautions envisageables ! (schéma 16).

Une plaque intercalaire joue évidemment un rôle dans la hauteur, puisqu'elle s'ajoute à celle de la chaussure et

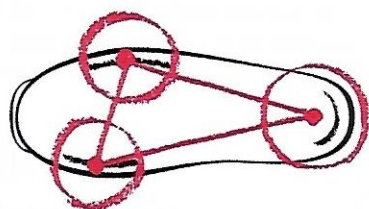
Le serrage



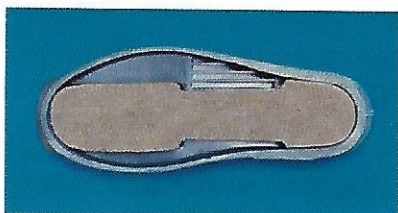
Illustrations Lange Spa

Schéma 11

Transmission pied-ski via la chaussure



Le pied repose sur un plan solide à la base de la coque. La transmission des forces verticales, la charge est assurée.



Illustrations Mark Festor

Schéma 12

La chaussure - levier

La hauteur h est la somme des épaisseurs du ski, de la fixation, des plaques éventuelles et de la hauteur de la chaussure. La hauteur h_1 est la hauteur du collier. L'axe de pivot O est le fil de la carre pour le levier latéral et l'articulation collier-sabot pour le levier longitudinal.

D'après Cambell & Lundberg, « La technique du ski alpin » Les éditions de l'Homme, 1987.

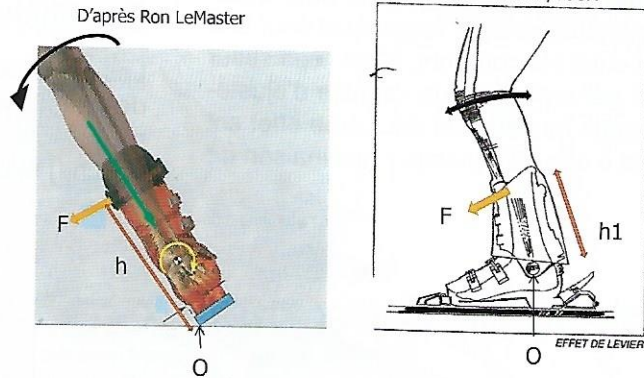


Schéma 13

Effet de levier longitudinal.

Influence du flex sur le pilotage du ski = amplitude de déplacement du centrage.

D'après Jahn, Karlsson, Shultes, « Ski alpin » Editions du Fanal, 1980.

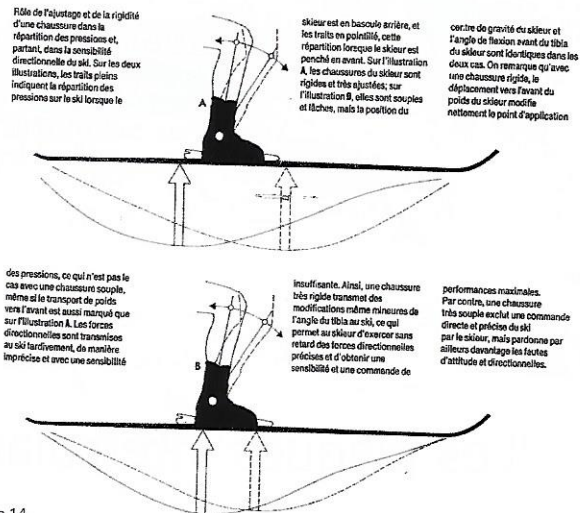


Schéma 14

Effet de levier latéral

A ski sur la carre, il y a un décalage entre la réaction normale de la surface d'appui sur la carre R_n et la poussée transmise au pied par le tibia (flèche verte). C'est un levier qui tend à plaquer le ski à plat sur la neige (flèche jaune), le pied tend à se tordre et la chaussure à se déformer.

La flèche noire indique la force nécessaire à produire pour maintenir l'angle de prise de carre. Elle représente la résultante des forces internes (action de pronation du pied) et des forces d'appui latéral entre la jambe et le bord interne de la chaussure.

Images Ron LeMaster

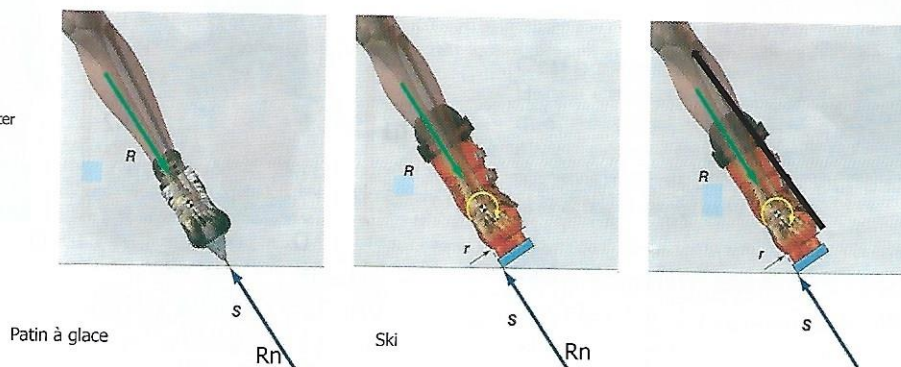


Schéma 15

cela particulièrement pour les inclinaisons latérales. Elles ajoutent leur épaisseur à celle de la chaussure, des plaques des fixations et de l'épaisseur du ski. La hauteur sous le pied est heureusement réglementée, pour éviter les répercussions traumatisantes sur le genou et pour une égalité de traitement entre les coureurs. C'est l'épaisseur de la plaque qui sert généralement de variable d'ajustement au respect de cette hauteur. Un deuxième effet est induit par la présence d'une telle plaque : l'inclinaison de

la jambe peut être légèrement plus forte avant que la chaussure ne touche la neige (schéma 17).

En conclusion

Les pieds sont complexes ce qui complique l'adaptation des chaussures de ski. N'oublions pas que nos deux pieds sont non seulement symétriques (un droit, un gauche) mais qu'ils sont différents l'un de l'autre... ■

Tableau de choix du flex

Choix de la dureté chaussure

Age	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	FLEX									
Garçon	50-60	70-90	90-110	110-130	140 et + (service cour					
Fi l l e	50-70	70-90	80-110	110-140						

Les valeurs de flex sont aléatoires :

- ✓ Taille/poids
- ✓ Pointure pieds
- ✓ Hauteur collier/bas de jambe
- ✓ Condition physique /style de ski

Schéma 16

Les plaques intercalaires

La chaussure est surélevée de l'épaisseur de la plaque :



Ligne limite de contact chaussure-neige

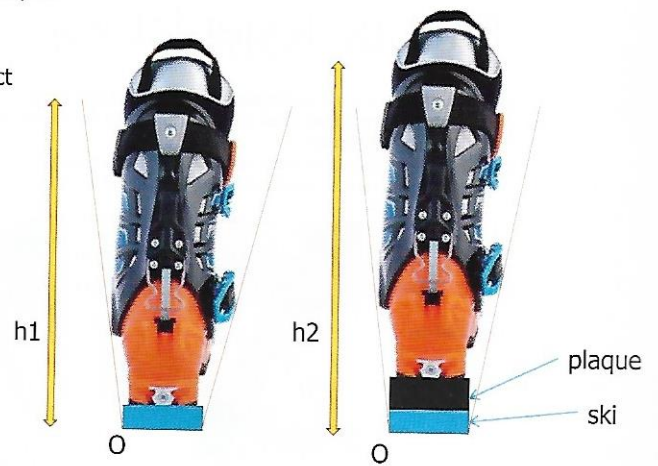


Schéma 17