



SEPTEMBRE 2019

LE GOLF ET LA METALLURGIE

Comment un choix matériau a obligé la fédération à revoir la norme liée aux drivers ?

1^{ère} partie : Introduction de l'effet trampoline (approche balistique).

Après s'être intéressé aux boules de pétanque, aux boules lyonnaises, aux bouteilles de plongées sous-marines, à l'art et au design, il fallait bien, un jour ou l'autre, s'intéresser au golf et ses clubs avec cette nouvelle trilogie. Avant d'éveiller la curiosité du mécanicien et du métallurgiste (Cf. Newsletter 41-42), il est nécessaire de fournir quelques éclaircissements sur le matériel. Qu'ils s'agissent des drivers pour débiter un parcours, des clubs intermédiaires (les bois, les fers), des clubs d'approche (les wedges) ou des putters une fois sur le green, ils sont tous composés de 3 éléments :

- Un grip correspondant à l'extrémité en caoutchouc permettant de tenir le club,
- Un shaft (tige ou manche en français) : c'est la partie liant le grip à la tête. Cet élément assure le transfert de force entre le joueur et la balle. Le principal critère du shaft est sa flexibilité. Les matériaux les plus utilisés sont les aciers (préférés par les professionnels) ou les composites.
- Une tête : il s'agit de la partie du club qui va venir frapper la balle. Qu'elle soit sous la forme d'une lame pleine ou d'un corps creux, elle est caractérisée :
 - par les matériaux métalliques qui la composent (en aciers maraging, inoxydable, fonte, en alliage d'aluminium, de titane, ...),
 - par la position de la face (ou semelle) par rapport au shaft :
 - le loft (ou le lie), qui correspond à l'angle entre le shaft et la face de la tête. Ce paramètre est le facteur principal qui détermine la hauteur et la longueur de la trajectoire de la balle.
 - L'offset, caractérisé par le décalage existant entre le shaft et le bord d'attaque de la tête, visant à obtenir des trajectoires de balle plus descendante.
 - Sa géométrie (degré d'évidement et la largeur de la tête) et son poids.

Un club de golf est un outil de précision qui doit être équilibré ; on parle de centre de gravité du club. Plus celui-ci est loin de la face de frappe et plus l'angle de décollage de la balle sera élevé tout en augmentant la rotation de la balle (le spin).

Avec un choix de matériaux aussi large (titane, aciers, aluminium, fonte, composite, ...) et des techniques de fabrications aussi divers (forgeage, fonderie, soudage, le collage, impression 3D, ...), le club de golf ne pouvait qu'éveiller notre curiosité de méca-llurgiste.



SEPTEMBRE 2019

Nous vous proposons de traiter dans un premier temps la métallurgie du driver (Cf. figure 1). Ce sujet nous permettra de comprendre les raisons mécaniques et métallurgiques qui ont poussé la Fédération Internationale de Golf à modifier son règlement en matière de fabrication des têtes.



Figure 1 : Exemples de drivers du commerce (Srixon et XXIO).

D'autres articles suivront, ils seront dédiés aux shafts et aux clubs plus traditionnels (fers, bois, wedge, ...). La description de ces produits de haute technicité permettra de dresser une liste non exhaustive des alliages métalliques utilisés auxquels nous associerons les caractéristiques mécaniques les plus en phase avec les sensations recherchées d'un joueur, vaste entreprise...

I. Un alliage métallique dans le viseur des officiels de la Fédération.

Comme nous le savons, les golfeurs souhaitent atteindre le green en un nombre de coups le plus faible possible. C'est pour cette raison qu'ils attendent de leurs drivers (mais également des bois de parcours) qu'ils leur permettent de frapper les balles à des distances les plus grandes possibles. Le paramètre primordial est donc la puissance de frappe, ensuite le golfeur va être sensible au son et au toucher. Ces derniers points sont liés à la résonance et à la faculté d'amortissement du club.

Une étude a été menée au début des années 2000 par USGA (Association de Golf des Etats Unis) sur l'évolution de la distance moyenne des balles frappées à l'aide de drivers lors du PGA tour (Professional Golfer's Association Tour). Ces résultats sont résumés dans la figure 2.



SEPTEMBRE 2019

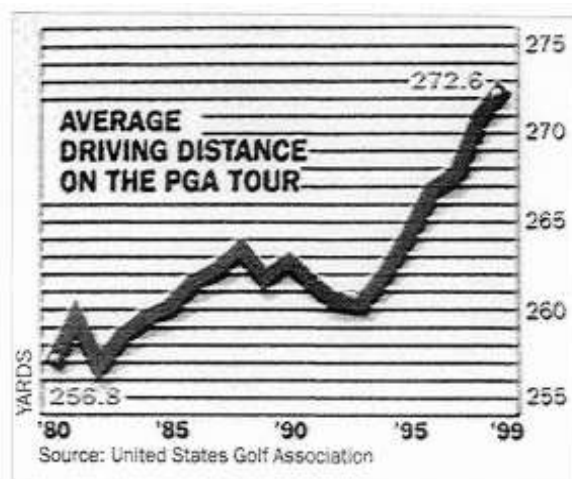


Figure 2 : Distance moyenne atteinte par un driver sur le PGA tour.
[V. Klinferborg, Golf Digest, Dec 2000, p 94.]

L'analyse de ce document montre qu'à partir de 1994, la distance moyenne atteinte par une balle est en constante augmentation. Cette date correspond à l'arrivée dans le circuit des têtes de club en alliage de titane. Mais pour quelle raison, ces alliages permettent de tels gains ?

Face au constat que les balles étaient frappées de plus en plus loin, le Royal & Ancient de Saint Andrews et l'USGA ont décidé, depuis le 1er janvier 2008, de limiter le coefficient de restitution (C.O.R.) à 0,83 pour l'ensemble des golfeurs. Cette restriction était déjà appliquée aux « highly skilled players », autrement dit les joueurs de haut niveau, depuis 2005.

II. Approche balistique : le C.O.R. ou l'effet « trampoline ».

En dynamique, le Coefficient de Restitution, appelé également élasticité au rebondissement ou vitesse au rebond (« e » ou « C.O.R. ») est un coefficient physique qui intervient lors de l'étude d'une collision. Lors d'un choc entre deux objets, il y a une perte d'énergie liée à leurs déformations. Son introduction dans l'étude des chocs de solides réels dans l'air a été suggérée pour la première fois par Isaac Newton en 1687, c'est pourquoi il est parfois appelé « coefficient de Newton ». Il dépend des caractéristiques physiques des matériaux dont sont faits les corps qui entrent en collision.

Le coefficient « e » est défini comme le rapport entre les vitesses relatives après et avant l'impact.

$$e = \text{Vitesse relative après collision} / \text{Vitesse relative avant collision}$$

Le coefficient peut prendre des valeurs entre 0 et 1. Dans un choc parfaitement élastique (e = 1), il y a conservation de l'énergie cinétique.



SEPTEMBRE 2019

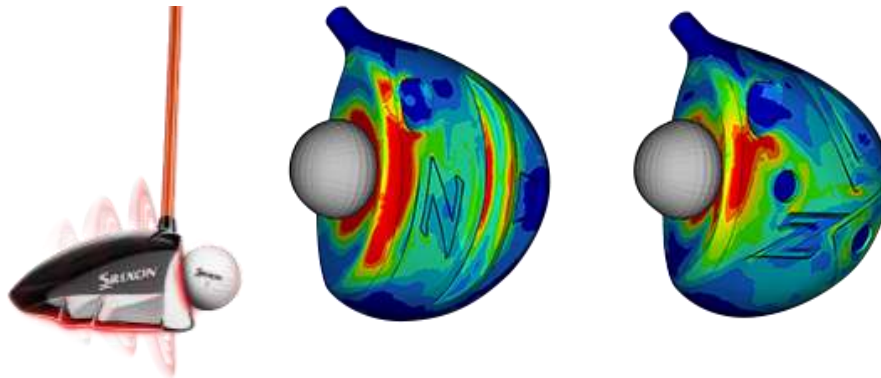


Figure 3 : Etude balistique sur une tête SRIXON.

Au moment de l'impact, la face du club (pour le driver en particulier mais également pour certains bois de parcours, clubs utilisés juste après le driver) s'enfonce légèrement (de même que l'enveloppe de la balle), accumulant ainsi une énergie considérable, dans un laps de temps extrêmement court : on appelle également ce phénomène « effet trampoline » (Spring effect). En optimisant le C. O. R., la restitution de cette énergie permet de propulser la balle encore plus loin. Limiter ce coefficient de restitution à 0,83 signifie que si la balle percute la face du club à 160 Km, elle rebondira à une vitesse de 133 Km. D'après l'USGA, l'augmentation d'un dixième le C. O. R. permet de gagner environ 2 m de distance supplémentaire.

Avant 2002, le test de conformité du C. O. R. consistait pour l'USGA à taper une balle via un robot, au centre de la face, à une vitesse de 174 km/h. La « vitesse de rebond » était mesurée à l'impact et ne devait pas dépasser les 144,7 mph. A partir de 2002, un ingénieur de l'USGA, Matt Pringle, a mis au point une méthode plus rapide pour mesurer le C. O. R., baptisée « CT test » (*Characteristic Time*) qui repose sur le fait de mesurer le temps de contact (en μ s) entre une surface à caractériser et un capteur projeté sur celle-ci.

L'effet trampoline n'a pas vu le jour avec l'émergence des clubs en alliage de titane, les fabricants travaillaient déjà le sujet en créant des faces à épaisseurs variables, avec au centre de la face l'épaisseur la plus importante et aux bords la moins importante et c'était la jonction entre les différentes épaisseurs qui créait l'effet trampoline. Il ne faut pas oublier que la balle aux multiples alvéoles joue un rôle également important en ce qui concerne le transfert d'énergie au moment de la frappe.

Mais pour quelle raison, l'arrivée du titane a inquiété suffisamment les fédérations, face aux distances parcourues de plus grandes, pour être amenées à modifier les règlements au niveau de la performance des drivers ? L'approche mécanique et métallurgique devrait nous permettre de répondre à cette question...

La suite de cet article vous sera envoyée début novembre, en attendant bonne réflexion...

Remerciements auprès de Srixon et XXIO pour les illustrations.