



NOVEMBRE 2019

LE GOLF ET LA METALLURGIE

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

2^{ème} partie : approche mécanique et effet trampoline.

La Fédération Internationale de Golf a modifié son règlement en matière de fabrication des têtes depuis 2005. En effet, le Royal & Ancient de Saint Andrews et l'USGA ont décidé, de limiter le coefficient de restitution (C.O.R.) à 0,83 pour l'ensemble des golfeurs en 2008.

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 devrait nous permettre de répondre à cette question...

I. Approche mécanique et l'effet trampoline.

Afin d'améliorer le matériel, les fabricants travaillent en particulier sur le comportement mécanique de la tête de club, afin notamment d'assurer une bonne résistance du matériau aux efforts par le biais de la limite d'élasticité (R_e) et d'optimiser le transfert d'énergie vers la balle lors de l'impact (effet trampoline).

Sous la violence du choc, la surface de la tête de club va se déformer. Pour comprendre ce phénomène, il est intéressant d'effectuer un rappel sur le comportement mécanique d'un matériau métallique sollicité en traction. Pour connaître les caractéristiques mécaniques principales d'un alliage métallique, on réalise un essai de traction (Cf. figure 4) durant lequel l'éprouvette serrée dans des mores est étirée jusqu'à sa rupture. Cet essai permet de déterminer le comportement élasto-plastique et de quantifier la résistance à la traction (R_m) du matériau testé (Cf. figure 5).

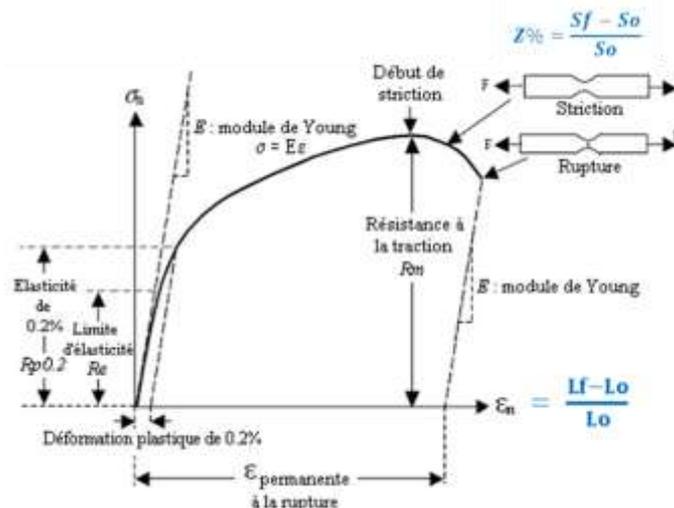




Figure 4 : Machine de traction



Figure 5 : Courbe de traction.

NOVEMBRE 2019

Deux comportements mécaniques sont envisageables :

- Si la contrainte appliquée est inférieure à la limite d'élasticité (R_e), l'éprouvette reprendra sa forme initiale si l'on relâche la charge. On parle de déformation réversible.
- Si la contrainte appliquée est supérieure à la limite d'élasticité (R_e), on observe une déformation permanente si l'on stoppe la sollicitation.

Le choix du matériau, en ce qui concerne la face du driver, dépend à la fois de la limite d'élasticité (R_e) et du module d'Young (E), paramètre qui correspond à la pente de la courbe de traction dans le domaine d'élasticité (Cf. figure 5). En effet, la face de frappe ne devant pas marquer ou se déformer au moment de l'impact, la contrainte appliquée au moment du choc doit être inférieure à la limite d'élasticité de la face de contact.

En ce qui concerne le module d'Young, cette grandeur caractéristique des alliages va nous permettre de comprendre les raisons pour lesquelles les alliages de titane possèdent un C. O. R. plus élevé que les aciers. Pour cela, il est nécessaire d'analyser les domaines d'élasticité d'un alliage de titane (Ta6V) et d'un acier trempé revenu (Cf. Figure 6).

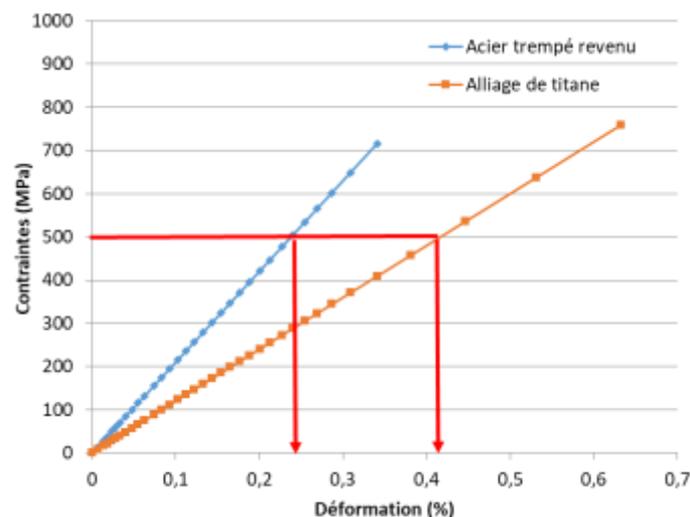


Figure 6 : Domaine d'élasticité d'un acier et d'un alliage de titane obtenu par des essais de traction.

La figure 6 nous montre que, pour l'application d'une contrainte de 500MPa, la déformation réversible est plus importante pour un alliage de titane (0,42%) que pour un acier (0,25%). Par conséquent le retour élastique sera plus important pour les faces en titane, ce qui entrainera un transfert d'énergie de la balle plus élevé. Ce phénomène également appelé



NOVEMBRE 2019

« effet trampoline » est étroitement lié au module d'Young du matériau sélectionné et à sa limite d'élasticité (Cf. tableau 1).

Tableau 1 : Analyse comparative.

	Alliages Titane	Aciers de construction	All. Aluminium
Masse volumique (ρ)	4,5 g/cm ³	7,8 g/cm ³	2,7 g/cm ³
Module d'Young (E)	~ 115 GPa	~ 210 GPa	~ 71 GPa
Résistance à la traction (Rm)	~ 235 à 1400 MPa	~ 410 à 1850 MPa	~ 115 à 570 Mpa
Limite d'élasticité (Re ou Rp _{0,2})	~ 140 à 1200 MPa	~ 300 à 1400 MPa	~ 80 à 500 MPa
Aspect économique	Elevé	Faible	Intermédiaire
Rapport (Re _{max} / E.10 ⁻³)	10,5	6,6	7

Le meilleur alliage métallique pour maximiser l'effet ressort ou effet trampoline est donc celui qui aura un rapport (Re / E.10⁻³) le plus élevé possible.

Il est également intéressant de remarquer que le titane à une densité 60% plus faible que celle de l'acier et une limite d'élasticité au moins deux fois plus grandes que les alliages d'aluminium. La faible masse volumique du titane permet de réaliser des têtes plus large avec des faces élargies permettant un sweetspot (zone de frappe optimale) plus important permettant un meilleur contrôle de la balle.

La Newsletter 42, nous permettra dans 2 mois, de faire un point sur la métallurgie des alliages de titane afin de mieux comprendre les relations existantes :

- entre la composition chimique des alliages, les structures métallurgiques et les caractéristiques mécaniques associées,
- au niveau de l'impact des paramètres de forgeage et des traitements thermiques sur la structure métallurgique.

Avec l'ensemble de ces informations, il vous sera possible d'y voir un peu plus clair au moment de l'achat de votre prochain driver, mais n'oublions pas que ce n'est pas l'arc qui fait un bon indien ! Il en est de même pour les golfeurs...

Remerciements auprès de Srixon et XXIO pour les illustrations.