

**LA METALLURGIE ET LA CONQUETE DE L'ESPACE !****Mai 2014**

Bonjour à toutes et à tous,

Pour cette 7^{ème} newsletter, le collectif **METALLO CORNER** vous propose de plonger dans le monde de l'espace dans lequel nous détaillerons sommairement le fonctionnement d'une fusée pour en arriver à notre leitmotiv les interactions entre la métallurgie et ce secteur d'activité.

Principe de base de la propulsion : un objet est attiré vers le centre de la Terre, quel que soit son emplacement sur le globe terrestre. La raison de ce phénomène est l'attraction newtonienne. Une énorme pesanteur dont la fusée va pouvoir s'affranchir grâce à la poussée de ses moteurs et au principe de l'action-réaction qui veut, comme l'a énoncé le savant anglais Issac Newton, qu'à toute action corresponde une réaction égale et de sens opposé. Prenons un exemple : dans un ballon de baudruche gonflé, la force élastique du ballon comprime l'air contenu à l'intérieur ; lorsque cet air est expulsé par l'orifice du ballon (action), ce dernier est propulsé dans le sens opposé (réaction).

Pour les fusées, c'est le même phénomène : le moteur éjecte des gaz à grande vitesse vers le sol (c'est l'action) et, en réaction, la fusée subit une poussée dans le sens opposé. Elle peut alors décoller du sol si cette poussée est supérieure à son poids.

La métallurgie est une science à cheval entre la physique et la chimie qui a pour objectif d'élaborer et de transformer par traitement thermique des matériaux métalliques pour répondre aux sollicitations mécaniques et environnementales d'un produit. Comme on peut l'imaginer, l'espace, ou la rêve et la réalité se côtoient très souvent, suscitent beaucoup d'intérêts pour les « MECALLURGISTES » (mi-métallurgistes, mi-mécaniciens) que nous sommes. (Nous nous permettons cet écart de vocabulaire puisque le thème nous le permet). Les experts de METALLO CORNER ont été plus particulièrement sensibles aux exemples suivants :

- L'élaboration en apesanteur de nouveaux alliages intermétalliques à base de Ti-Al ultra purs (2010 par l'équipe d'Yves Fautrelle) pour la réalisation d'aubes de turbine de grandes dimensions et de poudres pour le stockage d'hydrogène dans les piles à combustible.
- Les projets d'extraction minière (tel que le platine, l'or, le nickel, le magnésium, le fer ...) à partir d'astéroïdes de types M ou S (classification suivant la taille) mis en orbite autour de la lune.
- Ou sur la lune elle-même, où l'on parle de l'extraction de l'isotope de l'He 3 qui pourrait être utilisé dans les centrales thermonucléaires.



- Ou encore en cette année de la cristallographie, les analyses par diffraction des rayons X menés par l'astromobile Curiosity sur le sol de Mars, pour compléter la compréhension de sa minéralogie.
- Où plus terre à terre, la recherche spatiale autour des alliages à mémoire de forme en Ni-Ti, qui a permis, entre autre, la fabrication des stents dans le domaine médicale.

Les intérêts techniques que suscite un secteur d'activité sont souvent couplés à des problématiques de taille pour les mécaniciens et les métallurgistes, compte tenu des conditions environnementales de l'espace,

- telles que l'ultra vide,
- les variations des températures,
- le rayonnement cosmique)
- et les conditions d'utilisations des engins développés pour son exploration :
 - pression et température de combustion,
 - vitesse de rotation,
 - problématiques tribologiques ou celles associés au fluage ou à la fatigue des composants,
 - Les applications cryogéniques.

Pour répondre correctement à l'ensemble de ces contraintes, le mécallurgiste dispose d'une large palette de matériaux que l'on peut diviser en 2 grandes familles :

- Les alliages et métaux réfractaires : superalliages (Ni, Co), aciers à hautes résistances ou inoxydable à l'azote, le Mo, le tantale, le Niobium, le tungstène et les cermets.
 - Les superalliages
 - Les éléments du moteur ou les tuyères
 - Et certains aciers pour les enveloppes de propulseurs solides qui permettent de résister aux fortes pressions des boosters ;
- Les alliages légers : avec l'aluminium, le titane et le magnésium.
 - On retrouve les alliages de titane lorsque l'application nécessite une robustesse mécanique associé à une tenue thermique :
 - dans le moteur Vulcain d'Ariane 5 (dans les zones où H_2-O_2 se combinent et sa combustion)
 - au niveau des réservoirs pour les gaz de propulsion des satellites
 - sous la forme d'outil sur les navettes ou stations spatiales
 -



- ou encore sous la forme de certaines pièces moulées pour les panneaux solaires destinés aux satellites.
- On retrouve également les alliages d'aluminium :
 - Pour les réservoirs cryotechniques (série 2000 qui offre une soudabilité acceptable et des propriétés mécaniques correctes) et les structures inter-étages (avec les série 7000).
 - Des structures sandwichs composite dont la peau est en fibre de carbone et une âme en nid d'abeilles aluminium pour la partie haute du lanceur.

On peut également ajouter comme centre d'intérêt, les travaux que les « Mécallurgistes » ont dû entreprendre au niveau de l'élaboration des matériaux :

- Les multiples refusions sous vide et/ou sous laitier pour travailler sur le niveau de purification pour les aciers (auquel on peut associer aisément la notion de propreté inclusionnaire) ou les alliages de titane entre autre,
- les technologies liées à la solidification dirigée,
- la métallurgie des poudres, que l'on retrouve dans les moteurs, les écrans thermiques on les pièces structurales,
- ou les techniques permettant d'obtenir des monocristaux.

Pour conclure sur l'importance du choix, de l'élaboration et des Traitements Thermiques et des Traitements de Surface des matériaux métalliques dans l'aérospatial, j'aimerais vous décrire les problématiques associées à l'emploi d'hydrogène liquide dans les moteurs cryotechniques, un exemple qui me tient à cœur compte tenu des réflexions à mener. Dans ce cas précis, les difficultés rencontrées sont :

- la fragilisation liée à la migration de l'H dans le réseau cristallin des alliages.
- la contraction et la fragilisation intrinsèque des matériaux métalliques compte tenu des très basses T°C de travail. Sur ce point, il est important d'y associer les problématiques liées aux variations de températures que peut rencontrer certains éléments,
- Et le dimensionnement des réservoirs qui doivent être volumineux et lourds vu la très faible densité de l'H.

Comme on dit, y a du travail !

A l'image de la tour Eiffel au début du XXème siècle, l'aventure spatiale incarne pour les MECALLURGISTES la métallurgie et la mécanique moderne d'aujourd'hui et de demain...