

Les secrets de Peenemünde.

Thierry Piou sociétaire du Club d'astronomie "Pêcheurs d'étoiles" La Baule

Nous sommes le 3 octobre 1942 à Peenemünde, Walter Dornberger parle¹ :

" Le spécialiste de la propulsion venait d'abaisser le troisième levier, le plus critique. Le stade n°3 était commencé. Tournant à quatre mille tours-minute, développant une puissance de 540 CV, une turbopompe était entrée en action et chassait à raison de 125 litres par seconde, l'alcool et l'oxygène vers la chambre de combustion.

Environ une seconde plus tard, la poussée ascensionnelle atteignait 25 tonnes. Avec une accélération approximativement égale à celle de la chute libre d'une pierre, la fusée décolla de la table de lancement. Elle sortit du champ de l'écran du téléviseur, laissant dans son sillage un immense nuage de poussière.

Je braquai mes jumelles vers le nord. Le corps lumineux de la fusée, s'élevant à la verticale, apparut au-dessus de la forêt. Je n'oublierai jamais le tableau incomparable qui s'offrit à mes yeux. Eclairé par le Soleil, l'engin continuait à monter. La flamme à l'arrière était aussi longue que la fusée elle-même. Le jet était homogène parfaitement délimité. Tel un véhicule sur rails, la fusée suivait sa trajectoire. Le premier moment critique était passé. La preuve de la stabilité longitudinale de l'A4 était faite. L'engin ne tournait pas sur son axe. Les repères blanc et noirs restaient dans la même position par rapport à nous."



3 octobre 1942 : 1^{er} lancement réussi de la fusée A4

¹ D'après le livre de Walter Dornberger " Der Schuß ins Weltall".

1. Une fusée dénommée A4.

Le 1^{er} septembre 1939, le monde bascule dans la guerre. L'Allemagne, sans déclaration de guerre, envahit la Pologne.



1^{er} septembre 1939, la Whermacht franchit la frontière polonaise.

A Peenemünde, les travaux sur la fusée A4 se poursuivent. Dès 1937, le colonel Dornberger responsable du programme "fusées" en Allemagne avait défini les caractéristiques de l'engin : Une portée de 500 km, une vitesse maximale de 1500 m/s, une dispersion inférieure à 3% de la distance parcourue. Pragmatique, il imposa que la fusée puisse être transportée par route sans qu'on ait à la démonter et que sa largeur ne dépassa pas le gabarit des véhicules routiers . Elle devait en outre passer sous tous les tunnels.

Ces contraintes imposaient de facto le gabarit de l'engin : un poids au départ de 13 tonnes, une hauteur de 14 mètres et une poussée de 245 KN en sont les principales caractéristiques.



Le generalmajor Dornberger responsable du programme "fusées" en Allemagne.

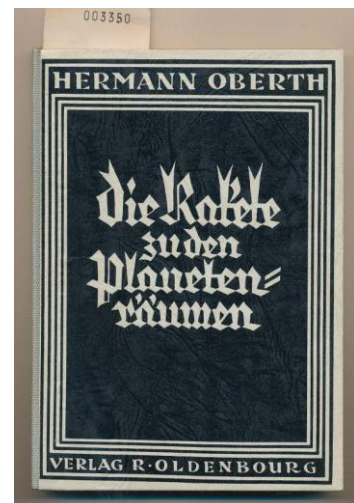
2. Un certain Wernher von Braun

Fraîchement diplômé de l'Ecole Technique de Berlin, Wernher von Braun est engagé le 1^{er} octobre 1932 par l'armée pour mettre au point un moteur-fusée à combustible liquide de forte puissance.



Le docteur Wernher von Braun fut nommé directeur technique de Peenemünde à l'âge de 25 ans. Hitler lui décerna le titre de professeur en 1943.

Ces techniques ne sont pas nouvelles pour le jeune ingénieur, adepte des théories du pionnier Hermann Oberth il fut membre de la société savante VFR et procéda à des tirs de fusées dont les dernières atteignaient dès 1932, l'altitude de 1500m et une portée de 5km.



Hermann Oberth fut le mentor de Wernher von Braun. Son livre " La fusée, clef des espaces interplanétaires" est la synthèse de ses réflexions et de ses calculs. Beaucoup le considère aujourd'hui comme le père spirituel de la fusée A4.

D'abord affecté à Kummersdorf dans la banlieue de Berlin, von Braun poursuit ses expérimentations mais ils s'avèrent rapidement que le centre de recherche de l'armée est trop petit. Un autre terrain d'essai expérimental est nécessaire.

3. Peenemünde

En mars 1936, un vaste terrain de l'île de Usedom devient propriété de l'armée allemande, c'est ainsi que le petit village de pêcheurs de Peenemünde entrera dans l'Histoire comme étant le premier centre d'essais de fusées du monde.

Dans cette partie septentrionale de l'Allemagne, les essais pouvaient se faire en toute discrétion.



En direction de l'Est, les techniciens de Peenemünde disposait d'un champ de tir de quatre cents kilomètres le long du littoral poméranien.

Contrairement à une idée répandue, le programme "fusée" ne fut pas, tout d'abord, jugé prioritaire par les dirigeants nazis. Il ne le fut qu'en juillet 1943 après les défaites de la Wehrmacht à Stalingrad et en Tunisie, celle des U-boat dans l'Atlantique Nord face aux convois alliés ; et alors que les villes allemandes commençaient à subir les affres des bombardements massifs des anglo-américains.



Contrairement à une idée répandue, Hitler n'a jamais cru dans le potentiel militaire de la fusée A4
A droite du dictateur, en civil, on remarque l'ingénieur Ferdinand Porsche.

Bien qu'elle n'eue aucune influence sur l'issue de la guerre, il n'en reste pas moins que la fusée A4 est la mère de tous les missiles et lanceurs spatiaux qui lui succéderont. Penchons-nous sur les secrets de Peenemünde.

4. Les secrets de Peenemünde

Il est probablement excessif d'affirmer que tout fut inventé en Allemagne. Aux Etats-Unis, Robert H Goddard mena des travaux intéressants avec sa petite équipe, mais ceux-ci ne peuvent rivaliser avec les réalisations allemandes.

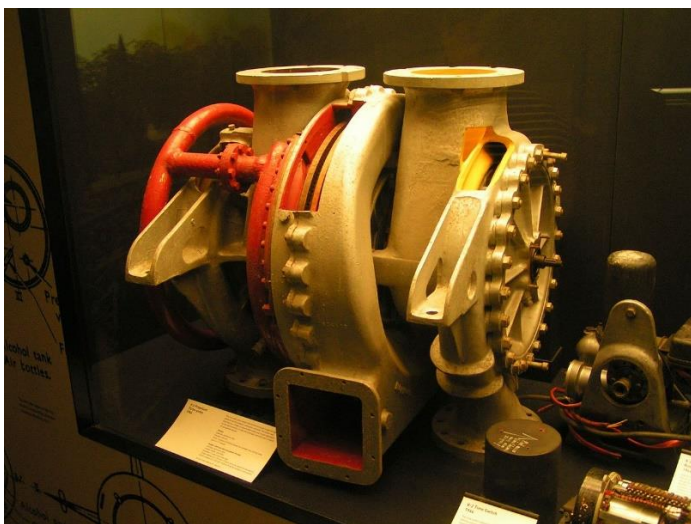


Le 16 mars 1926 Robert H Goddard lança la 1^{ère} fusée à combustible liquide de l'histoire.

Parmi les plus belles réalisations de l'équipe allemande, on trouve bien entendu la turbopompe capable de propulser 130 kg de propergol par seconde vers la chambre de combustion du moteur fusée, autre merveille mécanique conçu par Walter Thiel :

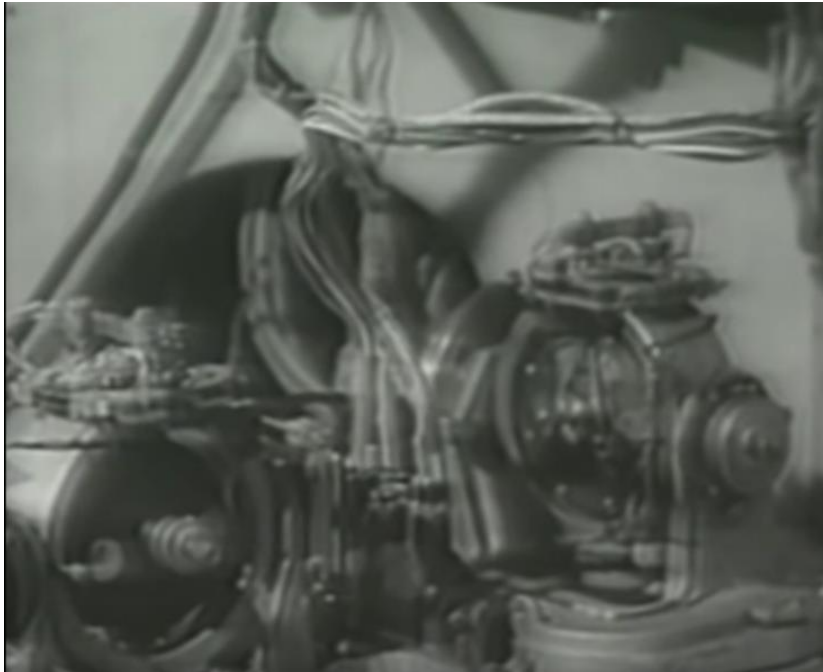


Walter Thiel et son équipe à Peenemünde, deuxième à droite et fumant la pipe. Il mis au point, en outre, le refroidissement de la chambre de combustion par la circulation d'un mince film de propergol liquide sur la paroi de celle-ci.



La turbopompe et le moteur fusée de l'A4. Lorsqu'on évoque Peenemünde on pense aux savants : von Braun ; Thiel, Riedel, Steinhoff, Gröttrup, mais on oublie les dizaines d'ouvriers hautement qualifiés, tourneurs, fraiseurs, ajusteurs, soudeurs sans qui rien n'aurait été possible.

Un autre secret est le système de stabilisation de la fusée (voir annexe 1), dispositif d'une rare complexité qui fut long à mettre au point. Une fusée qui démarre est un peu comme un crayon que l'on fait tenir en équilibre sur sa pointe...avec pas mal de tonnes de plus qu'un crayon. Afin d'assurer sa stabilité, la fusée A4 est dotée de deux gyromètres qui permettent de définir ses angles d'attitude.



Les deux gyromètres de la fusée A4 sur un banc d'essai à Peenemünde. On peut remarquer qu'ils sont perpendiculaires. L'un a son axe parallèle à l'axe longitudinal de la fusée et permet de corriger le tangage de l'engin. L'autre gyroscope, dit gyroscope d'azimut, a son axe perpendiculaire au plan de la trajectoire et permet de maintenir l'engin selon le cap voulu en corrigeant les mouvements de roulis (film d'époque).

Les dispositifs aérodynamiques classiques sont inefficaces pour orienter et stabiliser la trajectoire d'une fusée, ils sont inopérants aux basses vitesses, c'est-à-dire à l'instant du décollage puis leur efficacité décroît rapidement avec l'altitude au point de devenir nulle dans l'atmosphère raréfiée. L'idée retenue consiste à dévier le flux gazeux en sortie de tuyère grâce à des déflecteurs pilotés par les gyromètres².



Les déflecteurs du jet gazeux (film d'époque à gauche ; musée de la RAF à Londres à droite). Sur la photo de droite on distingue les injecteurs de la chambre de combustion.

² D'autres dispositifs avaient été envisagées : des petites fusées d'appoint disposées en croix, ou encore rendre mobile la chambre de combustion sur son axe. Ces solutions jugées trop complexes ont été abandonnées.



Décollage d'une fusée A4, on distingue nettement sur cette image que la fusée s'écarte vers la gauche suite à un problème de stabilisation. Elle s'écrasera quelques kilomètres plus loin (film d'époque).

Il est incontestable que le mise au point du système de stabilisation de la fusée est l'une des plus belle réussite des techniciens de Peenemünde.



2 mai 1945. Wernher von Braun, bras en écharpe, se rend aux Américains. A sa droite Dornberger, fumant le cigare, est serein : une ère nouvelle s'ouvre pour les savants allemands. Dans quelques jours, ils fouleront le sol américain.

Annexe 1 centrale inertielle.

On l'a vu, la centrale inertielle est l'une des pièces essentielles de la fusée. Elle est composée de trois gyromètres qui fournissent une information de vitesse angulaire par rapport à un référentiel inertiel c'est-à-dire un référentiel dont le principe d'inertie est vérifié. Ces trois gyromètres mesurent les trois composantes du vecteur vitesse angulaire (roulis, tangage et lacet). Le gyromètre est constitué d'un rotor monté dans un cadre et qui, entraîné par un moteur, tourne à grande vitesse autour d'un axe Y'Y (figure A1).

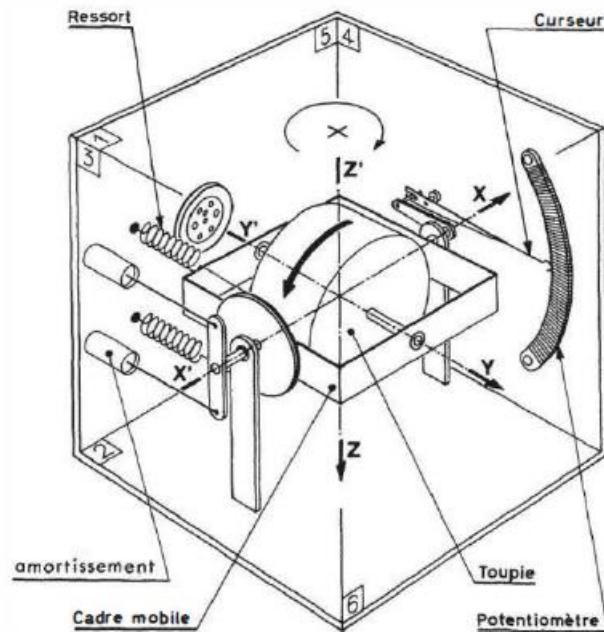


Fig.1

Le principe de fonctionnement est le suivant : Si on appelle \hat{e}_y ; \hat{e}_z ; \hat{e}_x les vecteurs unitaires des axes Y'Y ; Z'Z ; X'X, nous avons :

$$\hat{e}_y \wedge \hat{e}_z = \hat{e}_x$$

La vitesse de rotation $\vec{\omega}$ à mesurer doit avoir pour direction Z'Z perpendiculaire à Y'Y ; cette vitesse entraîne l'apparition d'un couple de forces \vec{C}_g proportionnel à $|\vec{\omega}|$, de direction X'X perpendiculaire aux axes Y'Y et Z'Z. Nous avons donc :

$$\vec{C}_g = \frac{dL}{dt}$$

D'autre part :

$$\vec{L} \wedge \vec{\omega} = \vec{C}_g$$

Soit :

$$C_g = \omega * L$$

Le couple de forces \vec{C}_g est équilibré par un couple de rappel élastique \vec{C}_r fourni par deux ressorts et proportionnel à l'angle θ dont le cadre a tourné.

A l'équilibre on a :

$$|\vec{C}_g| = |\vec{C}_r|$$

Avec $C_r = K * \theta$ où K est la raideur des ressorts

On en déduit :

$$\theta = \omega * \frac{L}{K}$$

L'angle θ de rotation du cadre de gyromètre est **proportionnel** à la vitesse angulaire ω à mesurer ; l'angle θ est converti en un signal électrique au moyen d'un potentiomètre.

Outre les gyromètres, la centrale inertielle est dotée de trois accéléromètres qui permettent d'estimer les vecteurs vitesse et position de la fusée.

Afin d'illustrer le principe, nous allons considérer un mouvement rectiligne accéléré. La vitesse à l'instant $t + dt$ est donnée par la relation :

$$v(t + dt) = v(t) + a(t)dt$$

où :

- t est le temps.
- $a(t)$ est l'accélération à l'instant t
- $v(t)$ est la vitesse à l'instant t .
- dt est un intervalle de temps infinitésimal.

de même, pour la position nous avons :

$$x(t + dt) = x(t) + v(t)dt$$

où

- $x(t)$ est la position à l'instant t .

Grâce à ces deux équations dites " de l'estime" et supposant la vitesse $v(t_0)$ et la position $x(t_0)$ initiales connues, la seule mesure permanente de l'accélération $a(t)$ permet d'estimer à chaque instant les composantes des vecteurs vitesse et position du centre de masse de la fusée.

Un véhicule libre de ses mouvements dans l'espace dispose ainsi de 6 degrés de liberté :

- Les trois composantes de position de son centre de masse.
- Les trois composantes de rotation autour de son centre de masse.

Octobre 2020