

L'équipe de rédaction : C.Auzépy-10 rue Sully-78180 MONTIGNY -
Site anfas : www.anfas.fr

christian.auzey@wanadoo.fr

Le mot du président.



Sur ordre de Gaulle, 14 pilotes et 50 mécaniciens du 1er contingent du Normandie-Niémen arrivèrent en Russie durant l'hiver de novembre 1942. De ce premier contingent, seuls 4 pilotes revinrent vivants en France.

Roland de la Poye, dit « marquis », en faisait partie. Il est décédé le 23 octobre 2012 à Saint-Tropez à l'âge de 92 ans.

Ayons beaucoup de respect pour ces vies offertes pour que nous soyons dans une France libre et soyons dignes de ces hommes dans les traditions de nos escadrons.

Mais comment faisait-on... avant l'ordinateur ?

Histoire du système de navigation du *Mirage IV A*

Un télec nostalgique des calculateurs à engrenages, voilà de quoi décontenancer ! Mais quand on comprend que ce sont des "horlogers" qui ont conçu le cœur de la centrale de navigation des *Mirage IVA*, on ne peut que partager l'étonnement et l'émerveillement de notre camarade.

Le Mirage IV A est un bombardier biplace, biréacteur (ATAR 9K) de la classe des 30 t, capable de Mach 2 pendant une longue période, ravitaillable en vol et porteur d'une arme pesant environ 1,5 t destinée, à cette époque, à être larguée à haute altitude. Son autonomie avec ravitaillement en vol, une dizaine d'heures, lui permettait d'atteindre des objectifs au cœur de l'Union Soviétique... et de revenir.

Ce magnifique avion¹ marquait une révolution dans l'Armée de l'air à maints égards. On avait tout inventé pour lui :

¹ Le plus beau selon moi qui ai commencé ma carrière dans les FAS comme beaucoup d'officiers mécaniciens à cette époque.

une arme nucléaire, un système d'alerte et de transmission des ordres du Président de la République, un système de ravitaillement et de soutien technique novateur et performant... chacune de ces petites révolutions mériterait amplement un article dans notre revue, et peut-être ce récit suscitera-t-il des vocations parmi ceux qui l'ont servi. Mais aujourd'hui, je me limiterai à un aspect qui, s'il ne vient pas immédiatement à l'esprit, ne manque pas de surprendre celui qui s'interroge sur ses performances : comment pouvait-on, en 1964, entrer aussi profondément en territoire ennemi avec une précision suffisante de la navigation, soit environ 1 km, bien sûr sans aide extérieure ? À l'heure des centrales à inertie² et de l'informatique embarquée, cela semble aisé mais ni les unes ni les autres n'existaient alors et les ingénieurs de GAMD³, comme les équipementiers associés, ont dû inventer des systèmes étonnants pour y parvenir.

Le système de navigation et de bombardement (SNB) du Mirage IV A regroupe, dans un volume total d'environ 150 litres, 25 coffrets spécialisés dans les différentes fonctions de calcul. Il est à l'époque le plus puissant et le plus performant jamais embarqué sur un avion européen et n'a pas à rougir face à celui du B 52 américain. Pour permettre à tous ces équipements de coopérer, le cœur du système est le calculateur central, véritable centre de distribution et d'échange d'informations, ancêtre analogique des bus de transmission de données. Le SNB élabore les éléments de navigation et de bombardement à partir des données de plusieurs capteurs dont les plus importants sont : une centrale gyroscopique qui donne les références de position angulaire, une centrale anémométrique qui exploite les données altimétriques et anémométriques et un radar Doppler qui mesure la vitesse sol dans les deux directions longitudinale et transversale.

C'est en ouvrant certains coffrets constitutifs du système qu'un observateur d'aujourd'hui serait le plus étonné : là où on ne voit aujourd'hui que microprocesseurs et barrettes de mémoire soudés en multicouche sur des circuits miniaturisés, on découvre un entrelacs électromécanique de machines tournantes, de selsyns⁴, d'arbres de transmission, de résolveurs et de potentiomètres qui dessinent une architecture digne d'une raffinerie de pétrole : 25 blocs électromécaniques d'asservissement, plus de 200 machines tournantes, 120 amplificateurs élaborent, dans un fascinant mouvement d'horlogerie, les données de navigation qui permettront à l'avion de rejoindre le ravitailleur ou le but et de larguer la bombe sur coordonnées géographiques ! Je ne peux m'empêcher de faire un zoom sur quelques éléments de cette étonnante machine.

Chacun connaît le différentiel qui équipe le train moteur des véhicules. Il répartit le mouvement de l'arbre de transmission entre les deux roues motrices en leur permettant de tourner à des vitesses différentes dans une courbe, la roue située à l'extérieur du virage tournant plus vite que celle située à l'intérieur. Ainsi, la vitesse de l'arbre de transmission est égale⁵ à la somme des vitesses des roues (lorsque l'une tourne moins vite, l'autre augmente sa vitesse d'autant) : $V_{\text{entrée}} = V_{\text{roueG}} + V_{\text{roueD}}$

Eh bien, dans notre calculateur, de nombreux différentiels – reproductions en miniature des différentiels des automobiles – calculent des sommes ou des différences de manière totalement mécanique. Par exemple, si sur ce différentiel vous entrez la composante nord-sud de la vitesse air (V_i) sur un arbre et celle de la vitesse sol sur un autre, vous obtenez la dérive sur le troisième.

Ainsi fonctionne le calculateur de navigation ! Un autre élément est de nature à surprendre l'observateur d'aujourd'hui, habitué à commander à son PC ou à son Mac par l'intermédiaire d'un clavier, d'une souris et d'un écran (l'interface homme-machine – IHM). Sur Mirage IV A, les coordonnées du point où l'on se trouve, celles du but intermédiaire (ravitaillement en vol par exemple) et les coordonnées du but apparaissent, sur les deux axes NS et EO, sur de petits compteurs comparables aux anciens compteurs kilométriques des voitures : une petite roue pour chaque chiffre entraînant la roue située immédiatement à sa gauche lors du passage d'une dizaine. Au départ de la mission, le navigateur affiche les coordonnées de départ et les coordonnées du but sur ces petits compteurs à l'aide... d'un pistolet électrique, sorte de mini-perceuse, qui s'enclenche dans la "dent de loup" située à côté de chaque compteur pour en faire défiler les chiffres ! Pendant la mission, les compteurs de position actuelle (estimée) défileront sous l'action du calculateur de navigation.

Malgré ses performances étonnantes pour l'époque, ce système de navigation ne permettait pas d'atteindre la précision requise à l'arrivée après plusieurs heures et plusieurs milliers de km de vol ; il fallait donc périodiquement recalculer la position estimée de l'avion (calculée par le SNB) par rapport à sa position réelle. Le navigateur disposait pour cela de deux systèmes dont l'utilisation était voisine : un radar de recalage à antenne plate horizontale (CSF) situé sous le ventre de l'avion et un hyposcope (sorte de périscope dirigé vers le bas) nommé dispositif optique asservi (DOA). Pendant le vol, le calculateur de navigation calcule en permanence la position de l'avion et, au moment choisi pour le recalage, indique la position estimée d'un point singulier aisément identifiable (clocher, confluent) sur l'écran du radar

² Le premier avion de combat français doté d'une centrale inertielle fut le *Super Étendard* (1978).

³ Générale aéronautique Marcel Dassault

⁴ Synchroniseurs qui permettent de transmettre une position angulaire à distance par voie électrique.

⁵ À un coefficient près dû au rapport des pignons d'entrée.

comme sur le DOA, par un repère en croix ou réticule. Lors du recalage, à l'aide d'un mini-manche, le navigateur fait correspondre le réticule de position estimée du point singulier avec son image radar ou sa position observée au DOA ; en intégrant cette correction, le système recale la position réelle de l'avion et repart sur de bonnes bases. On est encore loin de la navigation par corrélation radar mais l'idée de manœuvre est présente !

Je pourrais vous raconter de nombreuses autres caractéristiques de cet avion mythique, mais il m'a semblé amusant, à l'époque du tout informatique, d'évoquer ces quelques dispositifs astucieux ; ils permettront j'espère de montrer aux plus jeunes combien les ingénieurs français ont été imaginatifs pour permettre à l'Armée de l'air des années 60 d'assumer, seule pour un temps, la dissuasion nucléaire voulue – et observée avec un soin particulier – par le général de Gaulle.

Aujourd'hui, beaucoup ne savent plus ce qu'est un différentiel sur une voiture, et ne voudraient pas croire que, leur voiture étant sur cric, si on fait tourner une roue dans un sens, l'autre tourne dans l'autre sens. Je trouve intéressant de rappeler ce qu'on savait faire, et même très bien faire, avant l'arrivée de l'informatique. Peut-être y a-t-il dans ce mariage du rustique et du sophistiqué, de l'électronique et de la mécanique de précision au service d'étonnantes performances, l'un des éléments de la motivation pour leur métier des techniciens et ingénieurs – et des officiers mécanos - du siècle dernier : l'imagination des scientifiques et ingénieurs n'était pas moins fertile qu'aujourd'hui car il fallait compenser les limitations, toutes relatives, de la technique par une ingéniosité de "concours Lépine". La calculatrice de votre Smartphone a remplacé la règle à calcul et relégué le calcul mental au rang de "talent de foire" ; pour les électroniciens d'aujourd'hui, un amplificateur n'est plus qu'un circuit intégré (dans le meilleur des cas) et non un savant assemblage de "lampes" ou de transistors, de résistances, de condensateurs et de capacités dont on sentait vivre le cœur. Il n'est bien sûr pas question de contester les progrès de l'électronique et de l'informatique sans lesquels de bien belles aventures humaines n'auraient pas été possibles, mais de faire découvrir aux jeunes générations un peu de l'âme de leurs anciens qui, étant enfants, jouaient aussi volontiers au Meccano que nos bambins d'aujourd'hui aux consoles vidéo mais qui, néanmoins, ont envoyé l'Homme sur la Lune.

Hubert Tryer (Officier mécanicien à l'EB 2/93)

Article publié dans « Le Piège » et repris dans l'ANFAS Contact avec l'aimable autorisation de l'auteur.