

**Le 31 mars 2001, André Garnault prononçait une conférence sur Jean BERTIN, dans le cadre des samedis de l'Histoire. Très appréciée. Cette conférence n'avait pas été transcrite et ainsi, avait échappé à nombre d'adhérent de l'AAMA. Il nous a semblé utile d'en publier la teneur grâce à l'action de Michel BERTIN, fils du célèbre inventeur et membre de notre association. Jean Berlin reste l'homme de l'Aérotrain qui fit l'objet d'après discussions au moment de son abandon : l'auteur exprime ici le point de vue du constructeur. Ce fut aussi le promoteur du « coussin d'air », mais on découvrira que la partie la moins connue de son activité est celle qui a laissé le plus de trace dans notre monde : l'aéronautique.**

Trente ans après sa disparition nous avons souhaité évoquer un homme, nous pourrions dire presque une légende tant Jean Bertin a été, à juste titre, célèbre de son vivant et le reste assez encore, afin de rappeler les traits essentiels du caractère de l'homme et les points forts de son oeuvre dans le domaine aéronautique. Car si les aventures de divers véhicules de sa conception utilisant les coussins d'air ont participé à sa célébrité, et surtout à la médiatisation (ce mot n'était encore pas utilisé à l'époque) de son action, nous verrons combien il a laissé de traces dans les disciplines et l'industrie liées à l'aéronautique qui était sa première passion. C'est en fait dans ces domaines qu'il a eu l'impact le plus durable et profond sur les développements prodigieux auquel nous continuons d'assister, plus encore que dans le monde des transports terrestres et maritimes auxquels il avait pourtant proposé des solutions originales et performantes qui n'ont, elles, pas connu de débouché majeur à ce jour. C'est sans doute pourquoi, masqué par l'échec, lui aussi très médiatisé, de ces propositions, le bilan aéronautique n'est pas toujours bien perçu.

Pendant son élection en 2003 dans le cadre de la consultation mondiale par la célèbre revue américaine Aviation-Week & Space-Technology parmi les 100 personnalités aéronautiques les plus marquantes du 20e siècle a rendu à cet homme la place qu'il mérite dans notre histoire aéronautique universelle.

Avant de rappeler brièvement sa vie et son immense carrière, il faut essayer de comprendre ce qui faisait de lui un homme extraordinaire, et, pour cela, évoquer les forces qui l'animaient et qui impressionnaient tant son entourage.

Quelles étaient ces forces ?

D'abord un extraordinaire sens physique, appuyé certes sur des bases théoriques solides (X, Sup'Aéro, etc. ...) mais aussi sur un pragmatisme très fort, bien avant le recours à la formulation mathématique, toujours le recours à l'observation, puis au raisonnement physique : comment cela marche-t-il ? A quoi cela peut-il servir ? Comment améliorer la performance? Bien sûr, les équipes qui l'entouraient, équipes d'origine et de formation très diverses, faisaient tout ce qu'il fallait de calcul, qu'il vérifiait, pour confirmer et mettre en forme ses intuitions et les mener à l'aboutissement, mais le fil conducteur pour lui était l'aspect physique et pratique des choses.

Ce sens physique s'appuyait sur le don inné de l'inventeur (ce terme qu'on lui appliquait si souvent, à côté de celui d'ingénieur), c'est-à-dire la capacité de transposer l'observation réalisée d'un phénomène du domaine observé vers un autre domaine, et de lui donner ainsi une nouvelle perspective d'utilisation parfois supérieure à ce qui était envisageable dans le domaine initial. C'est d'ailleurs à partir de la constatation de l'existence de ce don qu'il développa l'idée d'une usine à matière grise qui fonctionnerait en appliquant en permanence la « fertilisation croisée », expression peu connue à l'époque, à laquelle il préférait celle de transfert. En particulier, faire profiter l'industrie en général des connaissances développées à grand recours de recherche et de moyens financiers, à des fins le plus souvent militaires, pendant la guerre dans l'aéronautique.

Ces deux piliers de ses dons d'ingénieur inventeur, il allait donc chercher à les vendre à des industriels de l'aéronautique et, plus souvent, d'autres disciplines. Et c'est là qu'intervenait son troisième don, celui d'entraîner la conviction de l'interlocuteur, ce qu'on appelle aujourd'hui le génie de la communication.

Outre ses talents et ses dons dans les disciplines de l'Ingénieur, il accordait toujours une grande attention à l'aspect industriel des choses et en particulier à tout ce qui relève de la gestion, cette gestion que tant de techniciens méprisent ou du moins négligent. Il avait passé une licence en droit, en parallèle avec ses études scientifiques, et restait toujours très vigilant sur les aspects de propriétés intellectuelle et industrielle qui allaient constituer le produit de la Société Bertin. Il savait par ailleurs parfaitement lire un bilan et examiner en détail un compte d'exploitation, deux éléments de gestion qu'il exigeait que l'on produise tous les mois, à une époque où les plus grosses sociétés ne faisaient même pas toujours de comptes trimestriels !

Le dernier trait sur lequel il convient d'insister, parce que c'est celui qui démultipliait encore l'efficacité des précédents, c'est l'étonnant esprit d'équipe de cet homme extraordinaire, doublé d'un très grand sens de l'amitié. Après avoir eu une idée, en avoir convaincu les collaborateurs chargés de la justifier puis de la mettre en oeuvre, et l'avoir proposée au client potentiel, il savait rendre à chacun son dû et ne jamais s'approprier ce qui pourtant venait largement de lui. C'était toujours à l'équipe, à la Société Bertin, à « BERTIN & Co » comme il disait en anglais, qu'il voulait que soient apportées les louanges. D'où la fidélité extraordinaire de ses collaborateurs, même ceux qui n'ont passé que quelques années autour de lui.... Avant de rentrer dans le détail de sa carrière et des actions majeures qu'il a entreprises, quelques mots sur les premières années de sa vie, sur sa formation d'homme et de chercheur.

Chacun sait qu'il était Bourguignon, et qui l'entendait parler ne pouvait en douter. Sa famille maternelle vient de Drayes-les-belles-Fontaines dans l'Yonne où il est né le 5 septembre 1917

Ses études ont donc commencé à Saulieu puis au Collège d'Autan avant le Lycée Saint Louis d'où il était reçu en 1938 à IX et en même temps à Normale Sup. La guerre dans l'artillerie lui vaut la Croix de Guerre, puis on le voit à Lyon pour la deuxième année de l'X repliée dans cette ville, et à Sup' Aéro, déjà à Toulouse, de 1941 à 1943.

Ses goûts pour la mécanique et l'aéronautique s'étaient manifestés bien avant les écoles d'ingénieur : à douze ans, avec un camarade, il fabrique un cyclocar à moteur, il fabrique des séries de postes de radio et de pick-up dont certains ont fonctionné des dizaines d'années, et il voit pour la première fois un accident d'avion à Saulieu à l'âge de cinq ans, souvenir où il situait l'origine de sa vocation aéronautique.

Il développait aussi des dispositions remarquables pour la pêche à la mouche et la chasse qui l'accompagneront toujours dans ses loisirs.

En 1944, il fait ses premiers travaux relatifs aux moteurs, au Groupe d'Etude des Moteurs à Huile Lourde (diesel), où il rencontre celui qui allait être son patron, l'ingénieur de l'Air Raymond Marchal. Après la Libération Raymond Marchal allait devenir Directeur technique de la SNECMA et y appeler Jean Bertin comme adjoint chargé des études spéciales.

Le voilà donc entrant dans la vie professionnelle à 27 ans en 1945. La SNECMA à peine créée par la réunion des motoristes français existant avant la guerre, et ayant tout à refaire pour revenir dans la cour des grands, les années de guerre ayant vu de formidables développements aux USA, en Angleterre comme en Allemagne et en Russie, dont la France avait évidemment été tenue à l'écart.

L'arrivée de nombreux ingénieurs allemands (notamment en provenance de BMW, sous la direction du Dr Ostrich) permettait de ne pas partir de zéro en matière de turboréacteurs avec aussi les travaux effectués en perruque par la CEM sur un improbable Turbo Moteur pour autorail. Mais sur ces bases bien légères, un jeune ingénieur très imaginaire pouvait ouvrir des voies nouvelles et déployer toute une palette de solutions innovantes.

Et il n'y manqua pas. La liste des travaux accomplis en huit ans, jusqu'à son départ en 1955 pour créer la Société Bertin est impressionnante, sur les moteurs à combustion interne :

- diesels pour l'aviation,

- moteurs compound à deux temps,
- travaux pour Le Moteur Moderne,
- perfectionnement des éléments pour ces moteurs
- travaux sur les pulso-réacteurs sans pièces mobiles,
- Escopette et montage sur Émouchet,
- mise au point de la déviation de jet mécanique et aérodynamique,
- mise au point et stabilisation de post-combustion par des moyens mécaniques et aérodynamiques,
- travaux sur les trompes et leurs applications (silencieux, aile-trompe)
- projets d'avion non-conventionnels, avion de brousse, gros porteur.

Nous verrons tout à l'heure plus en détail quelques développements originaux particulièrement significatifs dont le pulsoréacteur, la déviation de jet-reverse, les trompes et quelques autres qui ont connu depuis lors des débouchés industriels divers, majeur pour l'un d'entre eux.

La vie à la SNECMA n'était pas toujours simple pour l'équipe de Jean Bertin soutenu par l'Ingénieur Général Marchal, mais de fait en compétition permanente avec le développement phare d'un turboréacteur pour avion d'arme, l'ATAR, et son promoteur, Oestrich qui était aussi devenu le Directeur Général Technique de la Société. Les méthodes, les objectifs, les mentalités étaient si différentes que l'entente était quasiment impossible! Persuadé qu'il serait toujours étouffé par le système, Jean Bertin en vint à concevoir, puis à promouvoir l'idée de créer une structure autonome qui pourrait, avec la liberté mais aussi les risques de l'entreprise privée, se consacrer au transfert de connaissances, essentiellement depuis l'aéronautique vers les autres industries qui n'avaient guère de Bureau de Recherche sérieux à l'époque, et au développement propre des idées originales déjà entrevues ou à venir.

Le Président de la SNECMA accepta cette séparation, très exceptionnelle, en 1955 et Jean Bertin partit avec une quinzaine de collaborateurs. Avec des moyens financiers très réduits, il ne pouvait s'agir que de débuts modestes, qui n'auraient pas été possibles du tout sans le soutien moral mais aussi matériel de quelques personnalités qui lui faisaient confiance. On retrouve tout de suite cette capacité à être compris et soutenu par les plus grands, même avant que les réalisations aient confirmé la justesse des idées avancées.

Nous avons déjà cité Raymond Marchal à la SNECMA. L'ingénieur qui avait été le grand maître du moteur à piston, mais qui avait aussi effectué des travaux importants en matière de génie nucléaire, de thermique et d'écoulements instationnaires a toujours cru en ce jeune ingénieur qui voyait bien au-delà du moteur à piston. Cette fidélité a été au-delà de la mort puisque c'est Raymond Marchal qui a complété et mis en forme le livre posthume de Jean Bertin sur l'Aérotrain.

Nous avons cité aussi le Président de la SNECMA, H. Desbruères, qui a compris que Bertin serait plus efficace à l'extérieur de la structure que dedans et qui a donc accepté de perdre de brillants individus pour maximiser les résultats au plan national

Il faut maintenant dire un mot de Gabriel Voisin, au faite de sa réussite automobile et aéronautique avant la guerre et qui, séduit par les idées que Jean Bertin avait développées devant lui lors de la courte collaboration sur les moteurs diesels à Lyon pendant la guerre, lui a donné en 1956 son premier local, l'indispensable asile : un grenier extraordinairement pittoresque et malcommode rue des Pâtures dans le 16<sup>eme</sup> à Paris.

La cohabitation était certes difficile et dès que financièrement un peu consolidée, la jeune Société est partie vivre dans ses meubles, à la Garenne-Colombes, en 1958, mais elle n'aurait pas démarré sans ce premier et précaire point de chute. Et plus tard, en 1964 quand la Société devenue majeure s'installe dans des bâtiments modernes à Plaisir, l'adresse devient tout naturellement allée Gabriel Voisin.

Il faut dire aussi un mot des soutiens logistiques, comme le CEMH (maintenant CEPr) qui a prêté » aux ingénieurs de la Société des moyens en air comprimé et en vide dans le bâtiment A de Saclay, ceci grâce à la compréhension par le Directeur Général Gérard Decaix et le sous-Directeur de l'époque Pierre Soufflet de l'intérêt général des travaux entrepris : déviation de jet, injection fluide dans les écoulements supersoniques, etc....

Plus tard ce fut le soutien important de l'EDF, et tout particulièrement de ses présidents successifs : Marcel Boiteux et Paul Delouvrier qui confièrent des travaux, certes non aéronautiques, mais majeurs, de thermique et de paliers fluides à la Société Bertin.

Il faut surtout parler des collaborateurs de Jean Bertin. Ceux qui ont abandonné en 1956 le filet que constituait un emploi à la SNECMA pour le suivre dans ce qui était bel et bien une aventure, et dont nous ne citerons que le premier d'entre eux, Benjamin Salmon, au nom de tous les autres. Et ceux qui ont rejoint l'équipe au fil des années, avec la prise de risque que cela représentait à une époque où le dogme de l'État fait tout ce qui est important et risqué était pourtant bien établi. Tous ont été d'un dévouement à la Société et à son Président, et d'une fidélité tout à fait remarquable.

Et c'est ainsi que pendant les vingt ans de 1955 à 1975, Jean Bertin a développé, et souvent tenu à bout de bras, la société qui porte son nom. Avec l'aide de ses actionnaires et de ses administrateurs, certains prestigieux comme le Président Bourgès-Maunoury, de nombreux industriels et de quelques banquiers, mais surtout par ses performances et la volonté de son Patron, Bertin & Cie s'est développée jusqu'à compter 260 employés en 1963, et près de 550 en 1975 à sa mort. Avec des succursales à Tarnos puis Aix les Milles, des bureaux à l'étranger et quelques filiales spécialisées pour le développement de concepts particuliers (NAT, SAPELEM, AEROTRAIN et SEDAM), la Société Bertin a toujours été bénéficiaire de son vivant sauf en 1971 et a régulièrement versé des dividendes à ses actionnaires, confirmant les qualités de gestionnaire de son Président, à côté de ses dons techniques.

Il fallait pour cela démarcher sans cesse d'innombrables clients dans des domaines extrêmement variés : l'aéronautique d'abord, même si ce milieu n'a pas toujours été le plus réceptif, surtout du côté de l'Administration, l'automobile ensuite qui était à la base de l'idée de transfert puisque, à la différence de l'aéronautique, elle avait connu fort peu de progrès technologique pendant la guerre et pouvait donc acquérir de nombreuses innovations en provenance de l'aéronautique, notamment dans les moteurs et les matériaux.

Mais aussi l'énergie (électrique, pétrolière et nucléaire) avec un accent particulier sur la thermique et les écoulements, la mécanique sous toutes ses formes, les transports évidemment et bien d'autres domaines encore.

On peut dire, pour éviter une énumération fastidieuse, qu'il n'y a pas de secteur d'activité auquel la Société Bertin n'ait pas, un jour ou l'autre, offert des idées souvent très innovantes, du tri postal à l'épluchage aérodynamique des artichauts !

Jean Bertin n'était pas seulement le Président et l'Ingénieur en Chef de sa Société, il en était aussi le premier et le plus efficace des commerçants, et le magnifique directeur de la Communication que l'on sait qui passait continuellement d'une interview à une émission de télévision et d'une réunion avec un Ministre à une discussion avec les banquiers. Or, il ne faisait pas cela pour la Société Bertin mais aussi pour les deux filiales coussins d'air, la SEDAM et l'Aérotrain (dont il devint d'ailleurs Président en 1971 après le départ de Léon Kaplan) ce qui représentait, on l'imagine, un emploi du temps proprement démentiel.

Et il n'est pas surprenant avec cette façon de vivre, où il consacrait en outre beaucoup de temps à sa famille qu'il se soit trouvé à la limite de la résistance physique et morale lors des derniers combats, et n'ait pas résisté à l'abandon du projet de ligne d'Aérotrain en 1974, trois mois seulement après qu'il ait cru toucher au but dans ce domaine. Après la mise en sommeil de la Société de l'Aérotrain fin 1974 il tomba malade à l'été

1975 pour mourir à la fin de la même année, usé par l'effort et, il faut le dire, tué par la constance de l'adversité le 21 décembre.

Ayant essayé de présenter l'homme sous ses multiples facettes et de faire comprendre son mode de fonctionnement, nous allons évoquer ces quelques actions dans le domaine de l'aéronautique qui, à elles seules, auraient pu remplir une vie et dont nous verrons que certaines ont eu un impact majeur, plus ou moins immédiat, sur cette industrie.

Commençons par les travaux à la SNECMA où s'est accomplie sa formation et où a débuté la réflexion sur l'innovation qui allait accompagner toute sa carrière.

Lorsqu'on regarde la liste des brevets français pris à la SNECMA à son nom, on constate qu'un nombre très important tourne autour des idées de clapet aérodynamique, de détecteurs, de pulsoréacteur, de striction de déviation, de dilution et de trompes (quarante brevets entre 1946 et 1956). On a là les thèmes majeurs objets des études spéciales que dirigeait Jean Bertin. Une première idée-force se passer de pièces mobiles, sources bien connues de panne, aussi bien dans la combustion que dans la propulsion ou le pilotage. D'où l'intérêt pour la combustion pulsatoire, les commandes aérodynamiques de section ou d'orientation de jet et la compression par trompe. La seconde idée, typique du mode de pensée de Bertin combiner plusieurs innovations, une fois bien comprises leur originalité, afin d'obtenir un résultat remarquable.

Les travaux sur les écoulements pulsatoires, ou plus généralement instationnaires, à partir de l'étude théorique de fonctionnement des V-1, ont conduit à une compréhension détaillée de leur performance dont ceux qui ont suivi le cours de Raymond Marchal à Sup'Aéro sur ce sujet ont tous été frappés. Il n'est donc pas surprenant que l'équipe ait étudié divers modèles de pulsoréacteurs, puis les modalités de leur association et les essais d'utilisation grandeur.

A partir du modèle le plus satisfaisant, l'Escopette, on eut l'idée d'équiper un planeur qui effectua le 30 novembre 1950, avec Léon Gouel aux commandes, un décollage par ses propres moyens et un vol significatif, avec ces moteurs sans pièce mobile. Pour accroître la poussée du pulso, on y associa une trompe qui permit pratiquement de doubler la poussée. A l'époque, les moyens de rendre acceptable le niveau de bruit ne furent pas développés, ce qui bloqua l'application planeur-avion léger mais poussa l'équipe vers les études d'insonorisation qui devaient se poursuivre avec succès plus tard à la Société Bertin

## La Déviation de jet

Il s'agit indiscutablement d'une innovation majeure pour l'aviation civile et militaire par la possibilité qu'elle apporte d'utiliser les pistes de longueur raisonnable pour des avions dont la vitesse de décrochage est de plus en plus élevée. C'est aussi l'un des travaux de l'équipe de Jean Bertin qui a eu le développement industriellement le plus étendu.

Au début, il y a l'effet Coanda breveté dès 1934, après une première observation de l'abbé Zéphirin Carrière : le jet d'une tuyère a tendance à coller à une des parois de cette tuyère et non à s'échapper systématiquement.

En 46/47 (nous suivons là le récit de Benjamin Salmon de ses années à la SNECMA avec Bertin) Bertin travaillait sur les pulsoréacteurs, recherchant des clapets aérodynamiques capables de longue durée de vie, à la différence des clapets mécaniques utilisés sur le V-1. Des essais de conduits dont la perméabilité aérodynamique était très différente dans un sens par rapport à l'autre, se déroulaient à Suresnes. Un venturi dont la soudure de col présentait un fort bourrelet amena un compagnon de l'équipe à constater que le jet collait alors à la paroi du divergent pourtant très « pentu » et sortait à près de 90° de l'axe du conduit ! Après des études théoriques et expérimentales rapides, les expériences furent reprises sur un turboréacteur avec dans la tuyère, des obstacles mécaniques, ou mieux aérodynamiques pour éviter une traînée inutile.

En avril 1948, essais de laboratoire, puis en 1949, essais grandeur sur un turboréacteur BMW 003. L'annulation complète de la poussée est obtenue en décembre 1949. Un jet d'amorçage prélevé en sortie compresseur faisait l'affaire, le jet étant envoyé dans une grille d'aubes et renvoyé complètement vers l'amont. Les brevets furent pris très rapidement (les brevets SNECMA 1948-1952- 592.217 et 1.020.287) et l'on passa du banc d'essai de Villaroche à un essai sur un avion. En 1950, un inverseur à grille circulaire monté sur un Goblin est présenté aux services officiels et à l'EMAA. En 1950, un Vampire est mis à la disposition de l'équipe SNECMA. Les 4, 5 et 6 février 521e Vampire faisait de premiers sauts de puce et le 24 avril effectuait les premières inversions de poussée en vol et à l'atterrissage, et pouvait même reculer sur la piste ! Les distances de freinage passent de 700/800m sur les freins seuls à 560m sur déviateur seul et 270m avec les deux combinés.

En juin 1953 ce Vampire, piloté par Morel, était présenté au Salon du Bourget, ceux qui étaient là se souviennent encore de la stupeur du public devant cet avion à réaction qui faisait de la marche arrière ! Puis on passa à des essais avec l'ATAR 101 (essayé sur le Mystère II 015 à Istres en 1956). Des développements ultérieurs ont eu lieu à la SNECMA pour le Mystère 20 avec le PW JT-12 et avec le JT-8D pour la Caravelle12 et le Mercure. Ce dernier obtint son certificat de navigabilité en 1973 et fut mis en service en 1974.

Entre-temps, l'intérêt se développa à l'étranger. En 1955, il était encore trop tôt pour les avions civils, qui devaient pourtant par la suite faire la fortune de la déviation de jet, et l'on rechercha un partenaire étranger pour accélérer le débouché de cette innovation. De Haviland, avec le Comet, n'ayant pas suivi, ce furent finalement les Américains, avec Aerojet General Corp. d'Azusa en Californie, qui négocièrent, âprement, la cession du brevet déviation de jet. Finalement, en mars 1954, le Président Desbrières, Jean Bertin et l'avocat de la SNECMA parvinrent à un accord, pour une somme modeste mais encourageante, surtout pour l'équipe Bertin, cotitulaire du brevet. La négociation faillit échouer à la dernière minute, la Société Aérojet faisant état d'une demande du Ministère de la Défense, le DoD\*, autorisant la sous licence pour éviter le monopole ».

Aérojet calma les esprits en arguant qu'ils seraient les meilleurs défenseurs de la valeur de l'invention car ils proposaient que le fruit de cette cession de sous licence soit partagé à 50/50 ! Hélas, quelques années plus tard, dans un package deal avec Boeing, la sous licence a été accordée pour \$1, et 50 cents sont revenus en France. Lui même et ses collaborateurs ont dû s'en souvenir chaque fois lors de négociations ultérieures où le DoD apparaissait souvent en fin de celles ci !

La réchauffe

Dès la fin de la guerre, l'idée prit corps d'accroître la poussée des réacteurs en injectant et brûlant du carburant dans les gaz d'échappement encore riche en oxygène (jusqu'à 70%). Un tel dispositif étudié aux USA en 1949 pour le PW J42 et Hispano, autre licencié Nene, commence en 1950 à étudier le canal et la pompe, qui volent en 1952 sur Languedoc. La SNECMA recherche d'abord une collaboration avec Hispano, puis après l'abandon des compresseurs centrifuges pour les avions militaires, étudie une réchauffe pour l'ATAR, au sein du Groupe d'Études Spéciales, Marchal et Bertin. La première maquette essayée était un Turboméca Piméné avec accrochage de la flamme par écran fluide, en 1953. Les bons résultats de 20 heures d'essai conduisent le STAé à commander un dispositif pour Marboré II de 400 kgp de poussée, l'objectif d'accroissement de poussée au point fixe étant de 40%.

Les essais effectués de 54 à 55 dépassent cet objectif et 13 heures d'essais en vol ont lieu sur SO 6020-MI qui sert de banc volant.

On étudie en parallèle l'application aux ATAR 101, types B2 et D2, en fabrication à cette époque. En mai 53, on obtient les 40% d'augmentation de poussée, soit 3200 kgp au total, puis 3800 kgp en juin 54 sur un 101 D2.

Des essais en vol comparatifs écran fluide, obstacles mécaniques sont effectués sur un 101 C monté sur Languedoc : la limite d'extinction de la réchauffe à écran fluide est meilleure que celle à obstacles mécaniques. Ce sont d'autres raisons qui conduisent finalement à adopter pour la suite des développements une solution à obstacles mécaniques. Mais ces raisons ont certainement eu leur part dans la décision de Jean Bertin de quitter la SNECMA et de s'établir à son compte.

### **Les projets d'avion de la société Bertin**

Dès que la Société Bertin fut constituée, les travaux sur l'aviation furent poursuivis avec énergie dans les directions déterminées dès la période SNECMA. Par exemple, la continuité des dépôts de brevets relatifs à l'utilisation des trompes pour accroître la poussée, piloter un avion, combiner propulsion et sustentation entre 1955 et 1970 est remarquable. Et des brevets on passa à des projets complets d'avion.

Bertin fût l'un des premiers en France à comprendre que les transports devaient être examinés en tant que système et non pas sous l'angle purement technologique. En particulier pour les transports à moyenne distance, disons de 200 à 1000 km, était-il très attentif au temps global de parcours, intégrant les temps d'accès et d'attente vers le mode principal de transport aux deux extrémités du trajet. Les mêmes raisons qui lui faisaient proposer des systèmes d'accès aux aéroports à grande vitesse et fréquence élevée l'ont amené à chercher à rapprocher ces aéroports des centres villes par le décollage court qui permet d'utiliser des plates-formes de taille réduite (revue Icare 64 bis printemps été 1973).

On est donc nécessairement conduit à envisager, pour le trafic aérien de proximité, des terrains spéciaux, séparés des terrains conventionnels destinés aux moyens et longs courriers.

Ayant rencontré Maurice Hurel peu de temps après son départ de Hurel-Dubois, il lui demanda en 1960 de devenir Conseil de la Société Bertin et étudia avec lui un projet d'avion à rotor de sustentation noyé dans une aile fixe. Ce type d'appareil convertible sans système mécanique d'orientation variable des ailes ou des rotors pouvait aussi intéresser les militaires, à une époque où les capacités d'emport des hélicoptères étaient très réduites, et leur aptitude au vol sans visibilité très limitée. Plusieurs variantes (HB 10, HB 11 et HB 12) furent étudiées et firent l'objet de dépôts de brevets de 1957 aux années 1960. Le projet conduit le plus loin est le HB 11 à décollage vertical. Les rotors sont entraînés par des turbines alimentées par les gaz des réacteurs de propulsion. Ce procédé était regardé en parallèle avec le système « à jet défléchi » de Breguet et celui de sustentation directe par jet de réacteur que la SNECMA avait abordé et qui devait finalement déboucher avec le Harrier.

La formule à rotor intégré permettait, mieux que la sustentation par réacteur, d'envisager des escales de longueur réduite tout en offrant des vitesses de croisière de 500 à 700 km/h. Le rendement propulsif du rotor noyé était grand puisque la vitesse d'écoulement est plus réduite que dans un réacteur, ce que Vertol avait utilisé dans une étude du même type.

Le HB 11, avec une poussée de propulsion de 3000 Kgp au point fixe, pouvait décoller à une masse maximale de 6.5 t, la sustentation étant 3 fois la poussée de propulsion ! Ceci avec une aile de faible allongement (2.5) pour avoir une masse faible et des rotors occupant le quart de la surface de la voilure. Dans ces conditions la distance franchissable de 1200 km pouvait être parcourue en croisière à 9000m à 700 km/h.

Une maquette au 14/100ème a été essayée à la soufflerie S3 du STAé, confirmant l'aptitude au décollage et à la transition ainsi que les critères de stabilité.

Le projet de HB 12, plus gros et plus évolué, n'obtint pas de soutien permettant son développement, au

moment où Ryan faisait voler le Vertifan en 1964.

Mais l'intérêt, aux Etats-Unis puis en France, pour les avions ADAC ou STOL, avait été confronté aux problèmes de bruit qui avaient fait abandonner l'idée par les transporteurs et les Pouvoirs Publics.

Or Bertin, spécialiste des questions acoustiques, pouvait proposer des solutions de réduction de bruit qui rendait à nouveau le principe viable.

Bertin et son équipe avaient travaillé sur les trompes depuis les premiers temps à la SNECMA. Les études et les brevets de cette période sont déjà très nombreux et s'étaient poursuivis à la Société Bertin. Les deux caractéristiques attrayantes de ces dispositifs : simplicité et robustesse liées à l'absence de pièces mobiles d'une part, accroissement de la poussée grâce à la dilution d'autre part, conduisirent naturellement à chercher des applications aux ADAC. La réduction de vitesse d'éjection apportait en prime une réduction du bruit de jet qui a fait depuis la fortune des réacteurs à double flux mais dans la trompe les deux flux s'entraînent l'un l'autre sans mécanique intermédiaire

Les premières applications envisagées dès avant les années 60 concernaient le vol vertical où un doublement de la poussée au point fixe était possible moyennant un accroissement du devis de masse de quelques pour cents. La réalisation n'était pas simple pour autant avec la nécessité de chaudronneries complexes « chaudes » que l'atelier proto de BERTIN & Co savait exécuter mais dont le coût et la tenue dans le temps posaient problème. La réflexion s'est alors orientée vers une formule d'intégration aérodynamique plus étroite de la trompe et de l'aile la trompe bidimensionnelle peut s'intégrer au bord de fuite, procurant une poussée verticale et un effet d'hyper circulation sur le profil de cette aile, tout à fait adaptés aux besoins des ADAC. De là le développement du concept Variflux développé expérimentalement pour des avant-projets civils et militaires sous le nom d'Aladin.

La réalisation restait très délicate et un projet plus élaboré, devenu Aladin II, fut proposé, associant la trompe propulsive (essayée sur l'Aérotrain d'Orléans) et l'aile soufflée. Cette fois-ci les gaz de soufflage sont « tièdes » (vers 150°) et l'accroissement de poussée est plus élevé. Les études de modélisation, les essais au point fixe et en soufflerie ont validé l'atteinte des objectifs : Cz max de plus de 7, atténuation de bruit de 20db, contrôle latéral satisfaisant en cas de panne d'un des moteurs.

Ente-temps pour des étapes courtes (100 à 500 km) sur des distances totales de 1000 à 1500 km (à l'échelle européenne), Bertin avait proposé de revenir à des vitesses de l'ordre de 400 km/h qui permettaient d'utiliser des pistes de 500m avec un taux de motorisation de 0.45. La tuyère de conception semblable à celle expérimentée avec succès sur l'Aérotrain d'Orléans avait montré sa faisabilité et sa fiabilité. Les coûts d'exploitation restaient inférieurs de plus de 30 % à ceux des projets d'avion à aile soufflée par les hélices. Une démonstration était possible à partir d'un Nord 262.

C'est ce projet qui fut le plus près de passer au stade de la réalisation. Dans un article paru dans le n°26 de l'aéronautique et l'Astronautique en 1971 le programme paraît tout prêt d'aboutir. Finalement ce ne fût pas le cas et on attend toujours un ADAC civil performant.

## Les PG-400

A côté des avions ou de leurs composants, les équipes travaillaient aussi très souvent sur des appareils complexes à installer sur, ou sous avions pour des missions particulières. Ce fut le cas notamment au cours du développement de la force de dissuasion nationale quand il fallut évaluer la puissance de l'arme essayée d'abord au Sahara puis dans le Pacifique.

Cela supposait, entre autres, d'analyser avec précision et très rapidement les gaz présents dans le champignon après essais. La Société Bertin obtint un contrat pour définir et réaliser les appareils de

Prélèvements de Gaz, qui devaient être aéroportés par un missile Matra imposant le diamètre extérieur de 400 mm qui leur donna leur nom : PG-400.

Les travaux qui ont débuté en 1964 ont conduit à un système comportant des filtres papier pour les poussières, d'autres filtres barrière pour les poussières et un liquéfacteur pour récupérer les gaz. Lancés depuis l'avion, Vautour V2N ou V2N PP (mais le matériel était adaptable sur Mirage), à une altitude de 10 km et à 10 à 20 km du nuage par des Matra 536, 637 puis 638, ils réalisaient 1.5 à 2 kg de prélèvement entre 15 et 20 km d'altitude, à un Mach de 2.2. On pouvait ainsi analyser des armes de 200 à 1000 kt.

Sous les Vautours V2N PP, on disposait aussi d'appareils capables de capter les poussières lors du passage dans le nuage, ainsi qu'un Scalp de 600 mm de diamètre comportant un tamis moléculaire refroidi à l'azote liquide pour la recherche du tritium.

L'appareil G (filtre barrière et liquéfacteur) initialement prévu pour la présence d'incondensable fût ensuite simplifié.

Les appareils étaient séparés du missile et récupérés en mer (ou détruits après temporisation en cas d'échec de la récupération) et démontés puis découpés en zone chaude pour l'analyse radio chimique.

A partir de 1966, et jusqu'en 1974, suivant la cadence des tirs, de 3 à 8 par an, et grâce aux performances de pilotage des Vautour du groupe EM85 Loire, plusieurs dizaines de missiles étaient tirés chaque année, avec des taux de récupération de 50 à 90%, assurant ainsi avec succès la difficile mission qui leur était assignée.

Quelques réalisations aéronautiques

Jean Bertin et une grande partie des collaborateurs de sa société étaient d'origine ou de formation aéronautique. Il ne faut donc pas s'étonner que, même pour des réalisations non strictement volantes ils aient adopté avec succès des solutions directement en provenance de l'aéronautique, ou en découlant d'assez près.

Sur les vues de l'Aérotrain d'Orléans par exemple on trouve pour la fourniture d'air aux coussins, un turbomoteur Turboméca Astazou, alimenté à travers une entrée d'air insonorisée, entraîne des ventilateurs Ratier.

- pour la propulsion initiale deux turbomoteurs Turbomeca Turmo, également insonorisés à l'entrée d'air, attaquent une boîte de transmission Hispano qui entraîne une hélice carénée Ratier, dont la veine est également revêtue de tôles perforées.

- Pour la propulsion de haute performance : un réacteur JT8, avec une entrée d'air type 727 et une tuyère queue de carpe alimentant une trompe. On reste très près des solutions étudiées à la SNECMA 15 ans avant. Et le résultat au plan acoustique a surpris tous les visiteurs.

Si on regarde les Terraplanes et Naviplanes on retrouve la même utilisation de matériels et de systèmes de conception directement issus de l'aéronautique. En particulier il faut remarquer l'effort constant pour obtenir, à partir de matériels volants pour des applications terrestres ou maritimes, des niveaux de bruit raisonnables en perfectionnant les méthodes d'insonorisation développées en aéronautique : d'où le recours aux hélices carénées, aux silencieux d'échappement, à la dilution par trompe, etc.

Mais il faut aussi rappeler les nombreuses innovations destinées à améliorer les transports aériens, en particulier au niveau de l'utilisation des pistes par conditions météo difficiles.

A un moment où l'électronique n'avait ni les performances, ni la fiabilité atteintes aujourd'hui, Jean Bertin et ses équipes recherchaient des solutions physiques simples pour remédier en particulier à ces deux ennemis de l'avion à l'atterrissage : le brouillard en l'air et la neige sur la piste. Et chaque fois en utilisant des solutions et des matériels d'origine aéronautique

- Pour lutter contre le brouillard en approche, l'idée simple est de souffler avec de l'air chaud qui aide à le dissiper. C'est le Turboclair qui trouve un débouché remarquable à Orly, en réutilisant des réacteurs

déclassés de l'Armée de l'Air (des ATAR) disposés de part et d'autre de la piste 4 avec un dispositif d'éjection permettant de diriger avec précision les gaz sur l'entrée de la piste. Les résultats furent spectaculaires et permirent de faire la soudure entre les moyens électroniques qui n'étaient encore pas disponibles. Prenant toujours en compte l'aspect système, Bertin voyait d'ailleurs plus une complémentarité qu'une concurrence entre le Turboclair et l'ATT (atterrissage tous temps). L'idéal selon lui est d'avoir une bonne approche automatique et d'atterrir à vue.

Et que dire de la Thermo soufflante, déneigeuse de piste dont les jets, fournis également par des réacteurs déclassés (de 3000 kgp) permettent de dégager une piste en une seule passe en des temps voisins de la demi-heure. Vendue en 1967 à l'Armée de l'Air, puis à l'aéroport de Bruxelles, puis à Roissy, elle est toujours fabriquée et bien sûr en service dans plusieurs aéroports.

L'ensemble des matériels ou des systèmes que nous venons d'évoquer, et il ne s'agit que d'un échantillonnage représentatif mais loin d'être exhaustif, confirme bien que l'équipe constituée autour de Jean Bertin « pensait aéro » avant toute autre chose.

Nous pourrions conclure ce chapitre par les mots qu'il livrait à ICARE au printemps 1973

« Voici maintenant plus de trente ans que nos équipes sont engagées avec constance et continuité dans la recherche aéronautique. Il n'est donc pas surprenant que, dans notre spécialité, il nous arrive de voir parfois plus loin que d'autres plus absorbés dans les réalisations quotidiennes. Ceci n'est d'ailleurs qu'un aspect bien naturel de la division du travail qu'impose la société industrielle moderne ».

## CONCLUSION

Nous venons de faire le tour d'une vie et d'une carrière inventive tout à fait exceptionnelle. Et nombreux sont ceux qui vont nous demander : que reste-t-il de tout cela, et sans doute aussi : pourquoi si peu de réalisations industrielles ont-elles été largement diffusées ?

Si peu ... ? Ce serait d'ailleurs une vue très réductrice de la réalité : la perspective en est faussée par l'extraordinaire surmédiation de l'Aérotrain et de son absence d'aboutissement qui occulte les résultats concrets de bien d'autres innovations dues à Jean Bertin.

Il y a d'abord, et c'est extraordinaire, plus de mille brevets déposés à son nom ou à celui des équipes (SNECMA, Bertin & Cie, Aérotrain, etc.) qu'il animait, dont beaucoup continuent largement à être utilisés ...

Car, et c'est un aspect majeur, trente ans après sa disparition, de nombreux ingénieurs et même quelques équipes poursuivent l'oeuvre engagée par Jean Bertin, et se disent fiers de l'être.

Tout d'abord ceux qui étaient restés à la SNECMA et qui ont développé les innovations avancées par lui lorsqu'il était animateur, nous y reviendrons plus loin.

Et aussi les nombreux collaborateurs qui ont transféré de la technique aéronautique vers d'autres, ce qu'ils avaient appris ou développé auprès de lui, par exemple dans le domaine du moteur à explosion pour l'automobile, chez Le Moteur Moderne, ou dans le para pétrolier, chez NAT.

Enfin tous ceux qui, à partir de la Société Bertin, ont continué après sa mort des transferts technologiques fructueux, comme ce qui a été fait pour le tri postal (impression par jet d'encre pour le codage et dépilage des paquets par fluide), pour la manutention avec le magnifique exemple de la table de lancement Ariane sur ELA2 (et bien d'autres applications des coussins d'air à la manutention des charges lourdes) ou encore au guidage par injection de fréon utilisé pour le MSBS.

Mais il y a avant tout quelques grandes percées qu'on lui doit

La déviation de jet et son utilisation dans la reverse pour les avions de ligne a tout simplement révolutionné l'aéronautique commerciale, et cette première grande invention de Jean Bertin alors à la SNECMA, si elle a ensuite été développée par ailleurs, d'abord chez Boeing, après l'imbroglie que nous avons vu, c'est parce qu'aucune société française de l'époque n'avait eu la vision nécessaire pour le faire.... S'il n'y avait pas de reverse sur Caravelle, ce n'est pas un échec de Jean Bertin mais plutôt un regret chez Caravelle...

L'autre application rappelée plus haut, dans le domaine des fusées, pour le pilotage des Rita n'a pas eu la

renommée qu'elle aurait méritée pour d'évidentes raisons de secret lors de son adoption, mais elle a aussi été un élément de base de la crédibilité de la dissuasion, et s'est montrée très efficace lors des essais.

Et les prélèvements effectués au moyen de la PG-400 ont eu, dans le même contexte de discrétion, leur valeur majeure pour étayer cette crédibilité qui est l'âme de la dissuasion du fort au faible.

La P.C. aérodynamique a servi à valider le principe de la réchauffe, avec des procédés pour l'accrochage de la flamme dont les essais de chambre et en vol des statos de l'époque ont montré la supériorité sur les systèmes mécaniques immergés dans la flamme.

Les applications aux silencieux, de piste ou de vol, ont également ouvert la voie au si nécessaire progrès de la convivialité des réacteurs.

En marge de l'aéronautique, ou plutôt en aide à celle-ci, les réutilisations des ATAR déclassés pour la dénébulation, le déneigement des pistes d'atterrissage... comme les dispositifs de manutention sur coussins d'air ou les applications des trompes ont apporté des réponses à des questions que les autres techniques de l'époque ne permettaient pas de traiter convenablement.

En somme, c'est bien dans l'aéronautique que les idées de Jean Bertin ont vu leurs plus grands développements, parfois sans qu'il les accompagne jusqu'au bout, mais toujours grâce à lui qui en était à l'origine...

Hors de l'aéronautique, les résultats sont apparemment beaucoup plus minces : l'Aérotrain et les différents véhicules terrestres ou maritimes utilisant le coussin d'air n'ont pas débouché à ce jour, au moins en France.

Il faut au passage dire deux mots de l'abandon de l'Aérotrain pour éclairer ce débat : un contrat global de construction de ligne (plusieurs centaines de millions de francs de l'époque), contresigné en avril 1974 par le ministre des Finances a été annulé en juillet de la même année par le Président de la République nouvellement élu. Pourquoi ?

Il faut savoir que cette décision a été prise pour des motifs politiques, par les responsables politiques. Elle leur a été inspirée par des hommes qui représentaient eux, l'hostilité au changement chez quelques institutionnels, et qui s'appuyaient sur deux faiblesses invoquées contre le dossier : la propulsion non encore complètement démontrée qui pouvait faire agiter le risque de l'échec technique (comme on peut le faire pour tout prototype) et un bilan énergétique bien exploité dans les remous, non encore bien compris, de la crise pétrolière ayant suivi Kippour.

Sans entrer dans des détails, il faut bien comprendre que c'est cet aspect politique, de politique locale et électorale, qui a entraîné la décision, et non une analyse technique étayée.

Le bilan énergétique restait tout à fait convenable et n'a pas empêché dans les années qui ont suivi le transfert du rail à la route de 80% du trafic marchandise, ni le remplacement sur les avions des moteurs à piston par les turboprops, puis par les réacteurs. Les aspects de commodités et de rapidité auraient sans aucun doute fait de même sur la ligne Cergy-Défense. Quant à la propulsion, même s'il est vrai que le moteur linéaire avait des progrès à faire, de même que l'électronique de puissance, ces progrès ont bien eu lieu depuis lors et n'auraient pu qu'être accélérés par la nécessité, pour le puissant groupe industriel formé autour de la Société de l'Aérotrain, d'achever un développement en cours.

Alors, c'est ici que l'on voit la vraie nature des obstacles que Jean Bertin a rencontrés dans de si nombreux cas et qui expliquent largement les limites observées dans le développement des innovations dont il était le promoteur

- La politique sous toutes ses formes.

- L'hostilité de certains « institutionnels » devant ce polytechnicien qui n'écrivait pas d'équations mais invoquait le bon sens, parfois le simple bon sens paysan et bourguignon, pour défendre des idées d'avant-garde. Et l'homme ne composait guère pour atténuer cette hostilité, ni au plan personnel, ni au plan des schémas de coopération qu'il défendait et que l'establishment contestait.

Le passage du laboratoire à l'industrialisation a toujours été difficile. Il est encore plus délicat quand

l'invention vient d'un homme et de sa Société dont l'objet est de commercialiser l'innovation et les développements subséquents. Outre le fameux réflexe du « not invented here » on se trouve en face de la question de la maîtrise d'oeuvre de la phase de transition.

Jean Bertin considérait que ce transfert ne pouvait se faire que sous l'autorité des innovateurs, de crainte que les industriels ne déforment l'innovation en la faisant rentrer dans leurs moules préexistants, par définition inadaptés. Mais il fallait financer cette phase, et très souvent seuls les industriels avaient les moyens de le faire : ils réclamaient donc pour eux l'autorité de décision que Bertin leur refusait... Même dans le cas de l'Aérotrain où nous avons réussi, non sans douleur, à gérer le paradoxe par le biais d'un Groupement d'Entreprises, il était clair que des tensions étaient à redouter.

Dans bien d'autres cas le parcours n'a pas été jusqu'à ce stade et le développement s'est enlisé faute de soutien industriel ou faute d'autofinancement suffisant. Par contraste, quelques développements purement extérieurs, comme la reverse par exemple ont abouti. Mais combien ont tout simplement été perdus en route....

Tout ceci a fatalement limité le développement de certaines idées qui étaient simplement trop en avance pour être acceptées facilement...

Et puis, sans vouloir réécrire l'histoire, souvenons-nous qu'il est difficile de juger une carrière brisée prématurément. Et il faut rappeler, à l'actif de ce bref bilan, le formidable enthousiasme que Jean Bertin avait su créer chez ses collaborateurs et chez nombreux des tiers qu'il avait convaincus : la dimension humaine de cette aventure reste un magnifique monument à sa mémoire. Jean Bertin était un homme de conviction et un entraîneur d'hommes de tout premier plan.

On ne peut s'empêcher de rêver de ce qu'auraient encore pu faire le charisme, la capacité d'entraînement, la force de conviction, et la valeur des idées de cet homme s'il avait pu poursuivre encore pendant de nombreuses années ses efforts constants pour faire aboutir des idées dont la justesse n'a jamais été mise en cause.

ANDRÉ GARNAULT

avec la collaboration

de Michel Bertin (ARMA)

*Toutes les photos de cet article  
proviennent des collections de Michel Bertin,  
d'André Garnault et de la*

*Société des amis de Jean Bertin (DR) Notes*

*André Garnault est Ingénieur de l'Armement Air (X 50 et Sup'Aéro 55, MS Caltech 56), pilote du Corps Technique. Il a passé d'abord 4 ans au CEMH de Saclay (CEPr maintenant) puis 8 ans à la Compagnie Française d'Entreprises Métalliques. Il est ensuite resté 6 ans avec Jean Bertin comme Directeur Technique, puis Directeur Général de la Société de l'Aérotrain jusqu'à la mise en sommeil de la Société en fin 1974. Il travaillera 3 ans chez Pechiney-Ugine Kuhlmann puis passera 14 ans à la Société Européenne de Propulsion comme Directeur de la Politique Industrielle, puis Directeur Délégué. Administrateur de plusieurs filiales, notamment Arianespace et S3R. Depuis 1992, il est Ingénieur-Conseil, Espace et International.*

*Société des amis de Jean Bertin - c/o Hesnault S.A. - 44 rue Pierre Curie - Z.I. des Gâtines - B.P.5 - 78373 Plaisir cedex*