

LORIN, LEDUC

La naissance des statoréacteurs

Parmi les diverses formes de propulsion par réaction, la « tuyère thermopropulsive », plus connue sous le nom de « statoréacteur » tend à revenir en force dans l'actualité, dans le domaine des vitesses supersoniques élevées. La France a longtemps joué un rôle de pionnier dans ce domaine. Le présent article présente les premiers travaux réalisés dans ce domaine, d'abord par René Lorin au début du siècle, puis par René Leduc 20 ans plus tard. Cet article a été publié dans le n° 153 de « Aéronautique-Astronautique », consacré au développement des statoréacteurs en France, entre 1913 et 1992. Nous remercions le Président de la A.A.A.F., Monsieur M. Bignier, pour l'autorisation de reprendre l'article de Philippe Ricco, au profit des lecteurs de Pégase, en tenant à souligner le très grand intérêt du numéro spécial de l'A.A.A.F. Il s'inscrit dans le cadre d'un symposium qui avait pour but de rappeler la place de leader que la France a jouée dans ces travaux, avec les premiers engins opérationnels au monde (SE-4200, plus de 600 exemplaires), les records de vitesse du Griffon (Mach 2,19), mais aussi tous les essais beaucoup moins connus tels que les engins SE-4400, SE-4500, SE X-422, Nord Véga (Mach 4), Matra Nord R-431, ONERA Statex et Staltex (Mach 5), Nord Sirius et Narval, ainsi que les bancs d'essais Arsenal (Ju 88, Météor et Canberra), sans oublier les réalisations plus récentes de l'Aérospatiale (ESOPE, Scorpion,...). La consécration actuelle en est l'emploi opérationnel du missile ASMP et la constitution du groupe de recherche PREPHA pour l'hypersonique futur.

Hissage du Leduc 010 à Brétigny (Photo F. Dengremont).



René Leduc (1898-1968)

L'histoire de la tuyère thermopropulsive est indissociable du nom de **René Leduc**. Cet homme d'origine modeste est né le 24 avril 1898 à Saint-Germain-les-Corbeil. Il reçoit son diplôme d'ingénieur de l'école supérieure d'électricité au début des années 1920.

Sa carrière aéronautique commence en 1924, année où René Leduc entre au bureau d'étude de la société Louis Breguet où il soutient une thèse sur la résistance des poutres creuses utilisées pour la queue du Breguet 27. Parmi ses examinateurs, se trouve Jean Villey, avec qui il va beaucoup collaborer par la suite.

René Leduc dépose en 1930 le premier brevet sur le pulsoréacteur ; mais le peu de succès qu'il obtient pour cette étude en France ne lui permet pas de mettre en pratique son idée. Grâce au soutien actif de Jean Villey, il poursuit néanmoins ses recherches et aboutit au principe de la « **tuyère thermopropulsive** », dont il dépose le brevet le 7 juin 1933.

René Lorin (1877-1933)

C'est à cette époque que René Leduc a la surprise de découvrir qu'un autre Français a, dès le début du siècle, imaginé et décrit avec précision ce principe de propulsion. En effet, deux articles ont été publiés par **René Lorin** dans la revue *L'Aérophile* le 15 mai et le 15 novembre 1913. René Leduc prend contact avec la famille de René Lorin ; hélas celui-ci est décédé quelques mois auparavant, le 16 janvier 1933, à Paris.

A défaut d'avoir pu mettre en application ce principe (car même les souffleries ne permettaient pas à cette époque d'atteindre des vitesses suffisantes), René Lorin décrit une expérience consistant à placer, dans une veine d'air, un dispositif divergent-convergent, avec une combustion au centre. D'après ses calculs, lorsque l'on atteint une vitesse suffisante, l'ensemble doit fournir de la poussée. Il imagine donc immédiatement le moyen de l'utiliser pour propulser un aéronef. Il réalise un dispositif à l'aide de lampes à souder et obtient un moulinet à réaction atteignant 100 m/s avec un rendement de 1 %. Il tente de réaliser un avant-projet de propulseur

à réaction avec l'aide de Raoul Badin (l'inventeur de l'indicateur du même nom) et Laurent Seguin (des moteurs Gnôme), mais ses travaux sont interrompus par la guerre.

Cet esprit brillant n'est cependant pas reconnu (nul n'est prophète en son pays). Il entretient néanmoins une correspondance avec diverses personnalités étrangères de l'aéronautique qui s'intéressent dès cette époque à la propulsion par réaction. On trouve en particulier l'Américain Octave Chanute, les Russes Gorokhoff et Steakin et le général Italien Crocco parmi ses correspondants. Il publie en 1919 son livre « **L'air et la vitesse** », avec de nombreuses idées d'avant-garde telles que l'avion téléguidé, la torpille volante, etc... Une dernière tentative auprès du ministère de l'air en 1932

se solde par un nouvel échec, René Lorin va sombrer dans l'oubli.

Il faut signaler durant la période allant de 1913 à 1933, quelques personnes tentent des expériences sur bancs de test pour des propulseurs utilisant la compression thermodynamique au lieu d'un dispositif mécanique. On trouve parmi eux Henri Mélot et Robert Esnault-Pelterie. Mais ils ne peuvent pousser assez loin leurs essais et ceux-ci n'aboutissent pas.

Les premiers essais de tuyères

René Leduc obtient, en 1934, une aide de l'État pour tester son principe de propulsion. Il réalise ainsi une maquette de tuyère qu'il expérimente à la société de l'air comprimé. Il réalise ainsi des essais sur une tuyère de 30 cm de diamètre à Mach 0,8 ; mais la combustion reste encore pul-

René Lorin (1877-1933).



satoire. Il affine ses travaux et en tire des lois d'évolution des sections dans le diffuseur. Ceci lui permet une présentation aux responsables du STRA le 9 septembre 1936 au cours de laquelle il obtient une combustion stable et un rendement global de 9,4 % pour une vitesse d'écoulement de 302 m/s (René Lorin prenait pour base de calcul un rendement hypothétique de 5 %).

Ces résultats lui permettent d'obtenir en 1937 la notification d'un marché d'État (numéro 407/7) pour l'étude et la réalisation d'un « avion thermopropulsé » : le **Leduc 010**. Ce marché présente la particularité d'avoir été signé entre l'État et Monsieur Leduc, au lieu d'être passé entre l'État et un industriel.

Leduc s'entoure d'une petite équipe et en commence la construction à Villacoublay. Lorsque la

guerre éclate, le fuselage est discrètement transféré à Toulouse, dans l'usine Latécoère de Montauban. Les travaux de construction avancent lentement, un bombardement détruisant même une partie de l'appareil. La guerre terminée, l'État Français permet à René Leduc de reprendre ses travaux. Le 010 est prêt à voler fin 1946.

Le principal problème de la tuyère thermopropulsive réside dans le fait que sa poussée au point fixe est nulle. Il est nécessaire pour pouvoir la mettre en marche, d'avoir une vitesse de déplacement suffisante pour amorcer la compression thermodynamique. La solution adoptée pour le Leduc 010 consiste à le hisser sur le dos d'un avion porteur, en l'occurrence un quadrimoteur Languedoc. L'altitude de largage variait suivant l'essai entre 3 000 et 7 000 mètres. A

une vitesse de 220 km/h, le porteur entamait une manœuvre de piqué qui l'amenait à 320 km/h au moment de la séparation. Ce dispositif en composite permettait aussi de réaliser des essais de la tuyère en combustion sans larguer le Leduc.

Une autre difficulté réside dans le fait que la tuyère ne comportant aucune partie mobile, l'énergie nécessaire aux instruments de bord doit provenir d'un équipement auxiliaire. Ceci amena René Leduc à développer une petite turbine à réaction qui fut parmi les premières au monde.

Le premier vol en composite a lieu le 19 novembre 1946 à Toulouse. Le porteur est piloté par le **Commandant Jean Perrin**, le Leduc est aux mains de **Jean Gonord**. En 1947 et 1948, une série de vols en composite et quelques vols en plané permettent d'étudier le comportement de la cellule et la phase de séparation.

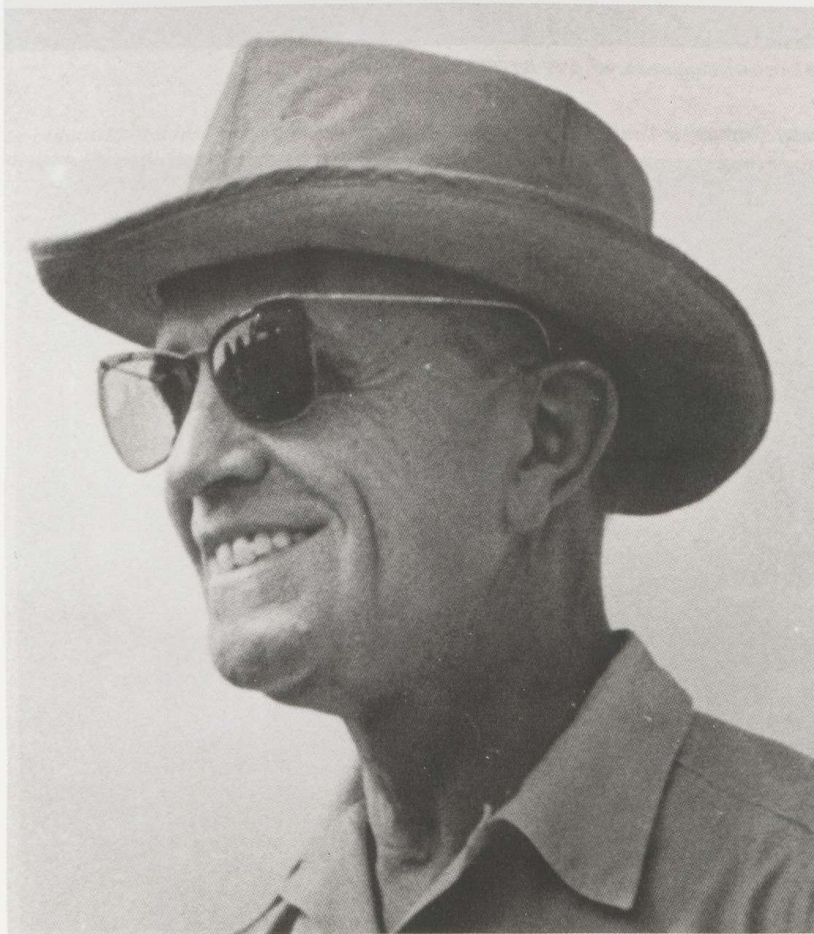
Le grand jour arrive le 21 avril 1949 : Jean Gonord, au cours du 41^e vol du Leduc 010, allume enfin la tuyère. C'est le premier vol au monde d'un avion à statoréacteur pur. Le second vol en combustion a lieu le 31 mai 1949. Mais le vol le plus spectaculaire est le troisième. Ce jour-là, le 13 juin 1949, Jean Gonord atteint 8 500 m d'altitude avec une vitesse ascensionnelle remarquable à l'époque (25 à 30 m/s). L'appareil entre en compressibilité à Mach 0.84 et subit de violentes embardées avec des variations d'altitude de plus de 600 mètres. Gonord pose l'appareil avec deux hublots éclatés en raison des brusques variations de pression et ramène de nombreuses ecchymoses.

Un dernier vol a lieu à Toulouse le 12 juillet 1949, Gonord atteint l'altitude de 11 000 m sans pressurisation cabine. L'appareil est ensuite transféré en région parisienne. Les essais s'y poursuivent jusqu'au mois de décembre 1950 ; date à laquelle le 010 est à nouveau transféré à Istres.

L'expansion de la société

Entre-temps, la société Leduc a pris de l'importance. L'équipe d'essais est de plus en plus nombreuse, mais surtout une nouvelle usine s'est ouverte à Argenteuil. La première réalisation importante de cette usine est

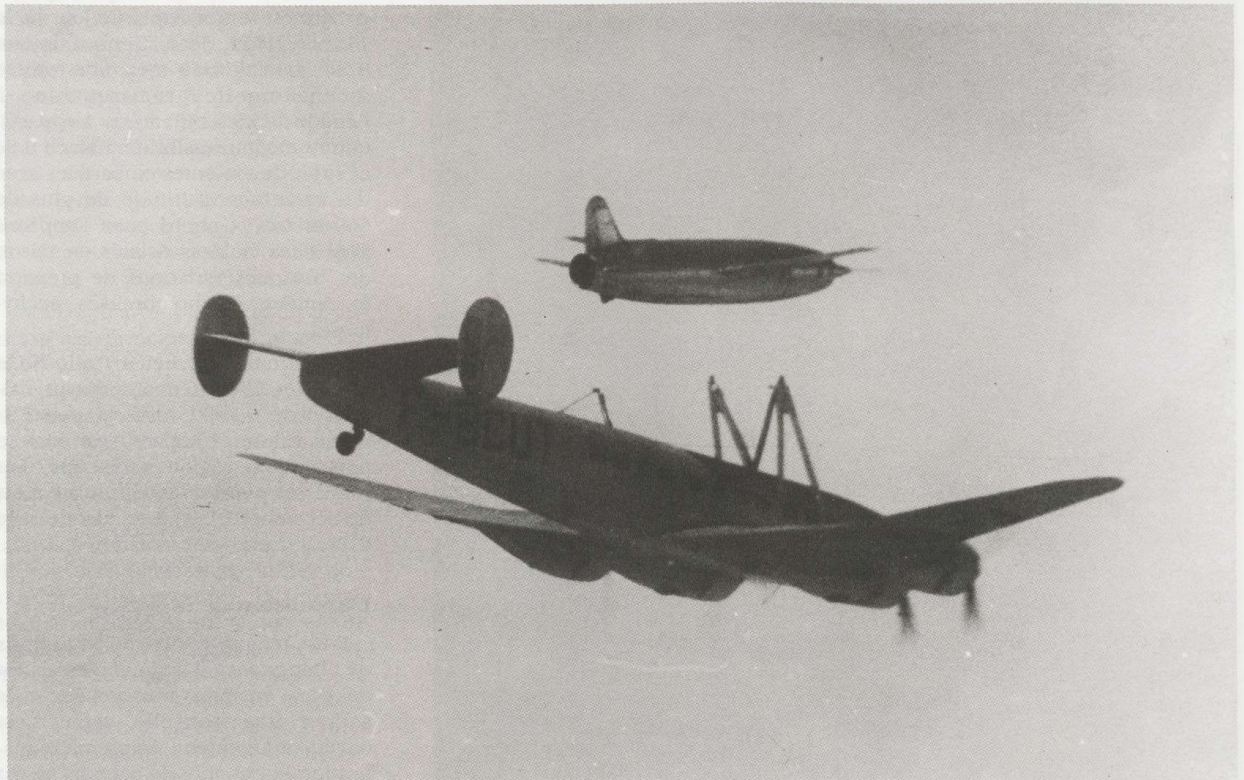
René Leduc (1898-1968).





Composite Leduc 010-01/Languedoc n° 6 (F-BATF) en vol à Toulouse.

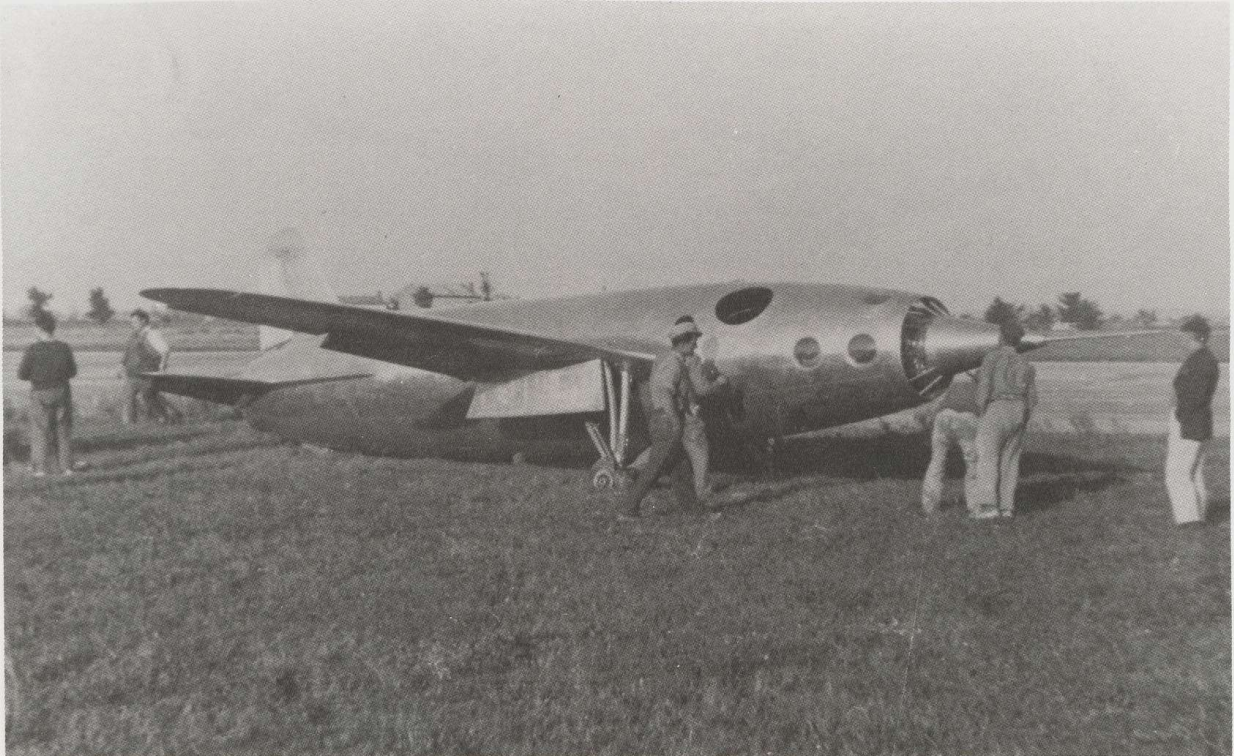
Largage du Leduc 010 par le Languedoc n° 6 (Photo Jean Corriol).





Largage du Leduc 010 par le Languedoc n° 6 (F-BATF).

Le Leduc 010-01 dans l'herbe, pneumatiques éclatés, en bout de piste à Blagnac après son premier atterrissage le 21 octobre 1946 aux mains de Jean Gonord.



le second exemplaire du Leduc 010. Ce dernier sort d'usine en mars 1950 et est largué pour la première fois le 27 mars 1951, piloté par Gonord.

Un nouveau pilote est engagé : **Yvan Littolff**. De même un nouvel ingénieur est chargé de s'occuper des essais en vol : **Jean Corriol**. Les essais se déroulent désormais à Istres.

Un troisième appareil est fabriqué le **Leduc 016**. Bien que très ressemblant aux précédents, il incorpore quelques innovations intéressantes. En particulier, le problème de la vitesse initiale de l'avion avait été soigneusement étudiée. Des études furent menées pour lancer l'avion du sol grâce à un chariot-fusée sur rails. Cette solution fut écartée, mais des réacteurs d'appoint furent installés en bout d'ailes afin d'assister le 016 dans les phases critiques du vol (séparation, atterrissage, extinction tuyère). Hélas, les difficultés de mise au point des réacteurs Marboré I entraînèrent la décision d'abandonner cette solution.

Le centre d'Essais en Vol fut chargé d'évaluer le Leduc 010 en juin 1951. Le pilote choisi pour cette occasion fut le **Capitaine Jean Sarrail** et l'ingénieur d'essais fut **Jean Caillard**. Hélas après quelques vols, une rupture d'un roulement de l'arbre qui entraîne la pompe obligea Sarrail à se poser durement dans les cailloux de la Crau le 27 novembre 1951. Le pilote fut hospitalisé plusieurs mois et le Leduc 010-02 fut détruit. Quelques mois plus tard, c'est Yvan Littolff qui s'écrasa avec le Leduc 010-01 suite à un largage qui s'était mal déroulé, le 25 juillet 1952 ; lui aussi fut hospitalisé plusieurs mois. Jean Sarrail qui avait repris ses activités au CEV fut alors embauché chez Leduc et poursuivit les essais sur le 016.

La seconde génération

La carrière du Leduc 016 fut toutefois assez courte. Un nouvel appareil, le **Leduc 021** effectua son premier vol à Brétigny le 7 août 1953, piloté par Yvan Littolff. Le 016 prend désormais sa retraite au Musée de

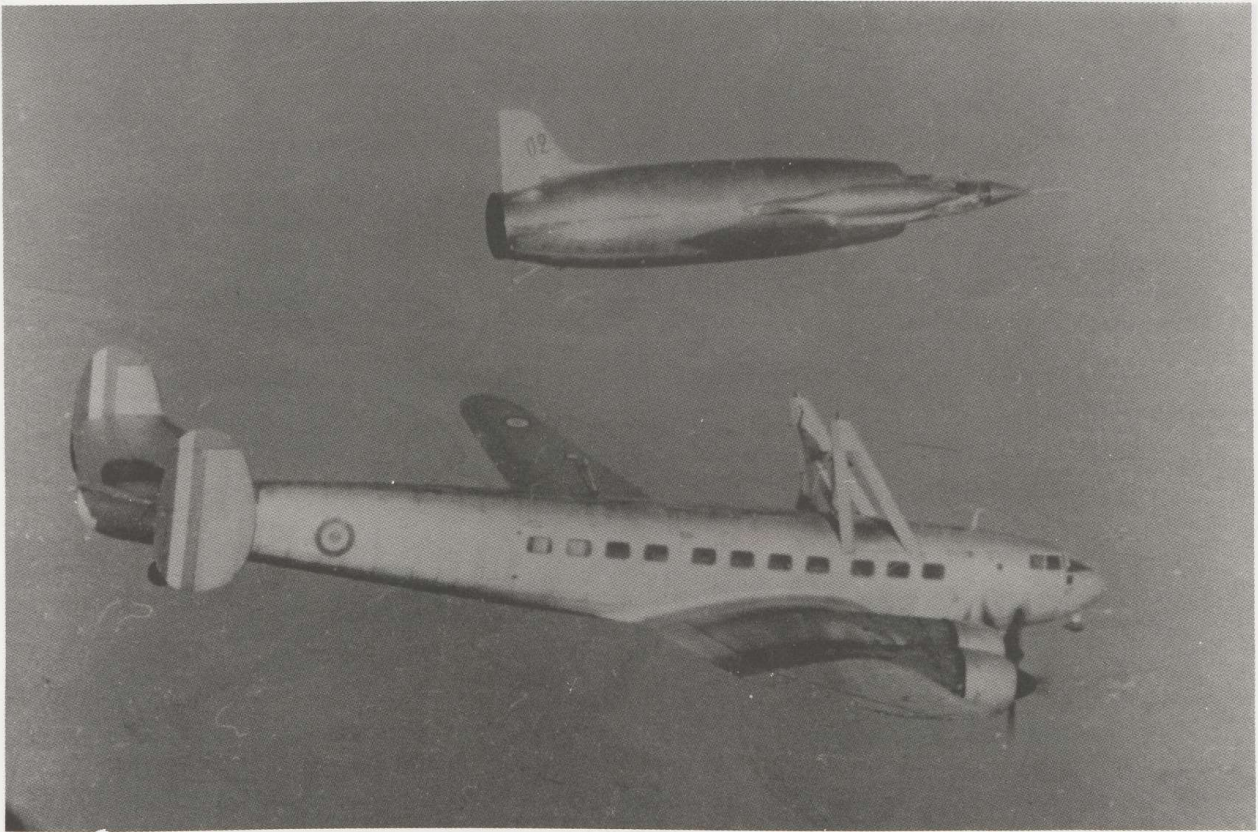
l'Air, après 83 vols et seulement 24 largages. Un second exemplaire de 021 vola dès le premier mars 1954, piloté par Jean Sarrail.

Le 021 est plus gros que les précédents. La visibilité et la sécurité y ont gagné grâce à la cabine entièrement vitrée, à l'extérieur de la tuyère. Sa grande taille permet de loger davantage d'instruments de mesure. Cependant, malgré des moteurs plus puissants, les Languedoc sont utilisés aux limites extrêmes de leurs possibilités. Entre août 1953 et décembre 1956, les deux Leduc 021 totalisèrent 517 heures de vol en 384 vols, dont 248 largages. Les deux 021 furent présentés au public en juin 1955 lors du salon du Bourget.

Depuis 1946, les vols démontrent sur les avions Leduc une accélération et une vitesse ascensionnelle élevées. Les Meteors et Vampires d'accompagnement sont totalement incapables de les suivre lors de l'allumage. Hélas, en altitude, au-delà de 7 500 m, la flamme se révèle instable et de nombreux retours de flammes déte-

Le Leduc 016 avec ses Marboré I en bout d'ailes sur le dos du Languedoc n° 6 (F-BATF) (Photo Jacques Descroix).





Largage du Leduc 021-02.

riorent fréquemment les accroches-flammes. C'est sur le 021 que furent effectués les premiers essais de régulation d'un statoréacteur. Une régulation « isomach » fut ainsi expérimentée : à une position donnée de la manette des gaz correspondait un nombre de Mach fixé, quelles que soient l'attitude et l'altitude de l'avion.

Le CEV effectua une campagne d'essais de janvier à mai 1955. Le pilote était **Bernard Witt** et les essais furent suivis par **Charles Bourgarel** et **André Bourra**. 14 vols dont 10 largages furent effectués. Ces essais montrèrent que le 021, malgré ses accélérations (1 g sur trajectoire) et sa vitesse ascensionnelle (80 m/s à 5 000 m), n'est qu'un appareil expérimental et ne peut être considéré comme un prototype d'avion de combat. Il faut pour cela attendre le successeur : le **Leduc 022**.

Le Leduc 022

Le 022 sortit d'usine en juin 1956 et fut transporté par la route jusqu'à Istres. Il effectue son premier vol le 26 décembre 1956, aux mains de Jean

Sarrail. Le 022, à la différence de ses prédécesseurs, n'est pas largué en vol par un avion porteur. Il est équipé d'un turboréacteur ATAR 101 D3, au centre de la tuyère, pour assurer la phase de décollage. La tuyère est désormais constituée de plusieurs chambres de combustion concentriques afin d'obtenir une surface de combustion supérieure à celle de la section du fuselage. Il est constitué d'un fuselage cylindrique et d'ailes en flèche.

Le 022 souffre des mêmes ennuis que ses prédécesseurs : la combustion est irrégulière à haute altitude. Malgré la sophistication des systèmes et l'étude d'une régulation isorichesse pour mieux répartir la combustion, l'État considère que le 022 est encore trop éloigné d'un avion opérationnel. Grâce à cette régulation, le 022 a franchi Mach 1 un court instant en palier. Il s'est révélé très facile à manœuvrer et a volé jusqu'à 8 800 m d'altitude. Mais l'armée avait besoin d'avions fiables et faciles à mettre en œuvre. Le turboréacteur avait fait suffisamment de

progrès pour répondre à ces besoins, les projets à moteur fusée (Trident) et à statoréacteurs (Leduc, Griffon) furent abandonnés. En décembre 1957, c'est la consternation chez Leduc, le programme est arrêté.

Conclusion

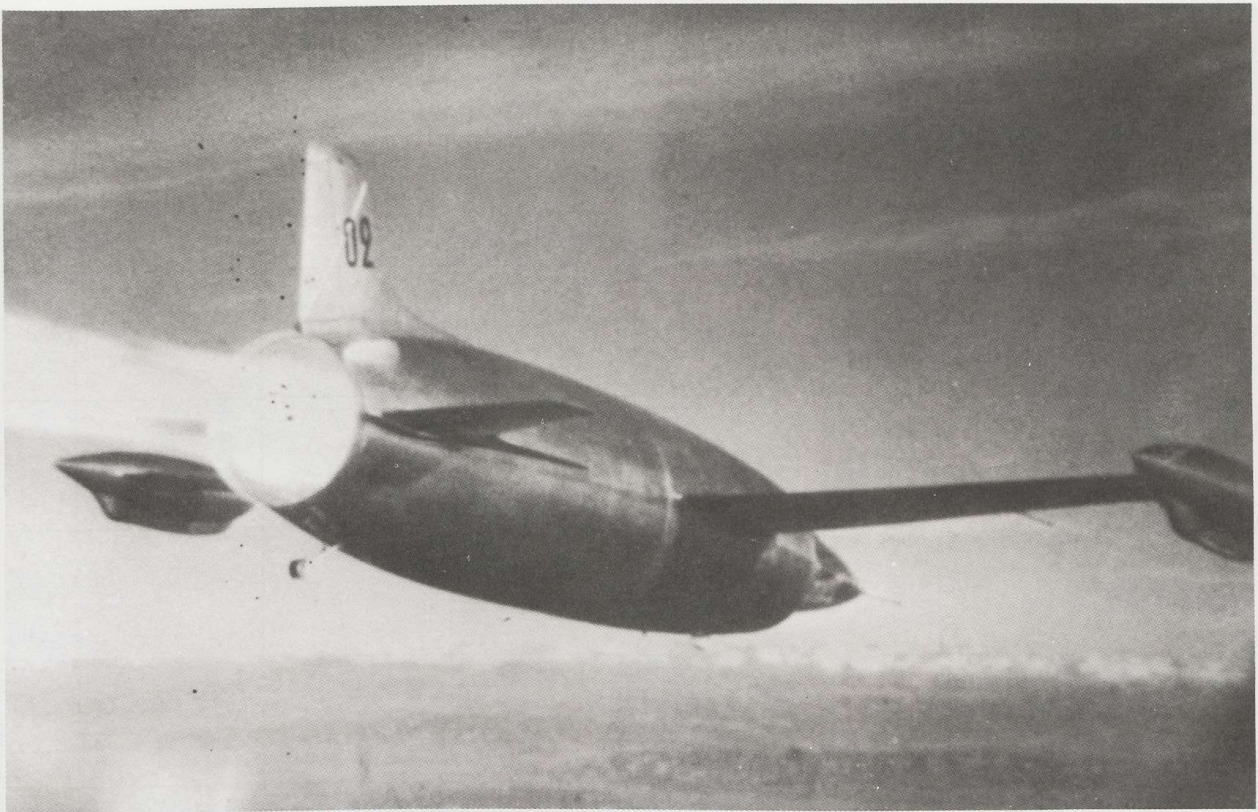
René Lorin fut le premier au monde à exposer correctement le principe de la tuyère thermopropulsive. Indépendamment, René Leduc en imagina à son tour le principe et fut le premier à montrer que ce dispositif pouvait fonctionner, qu'il ne s'agissait pas d'un simple exercice théorique sans débouchés pratiques. Il baptisa ce dispositif « **tuyère thermopropulsive** ». Par la suite, par soucis d'homogénéité entre les désignations des divers types de réacteurs, il fut redésigné « **statoréacteur** ». René Leduc n'acceptait pas cette appellation, mais c'est tout de même celle qui s'est imposée. Il n'en reste pas moins que, grâce à René Lorin et à René Leduc, on peut affirmer que le statoréacteur est bien une invention française.



Leduc 021.

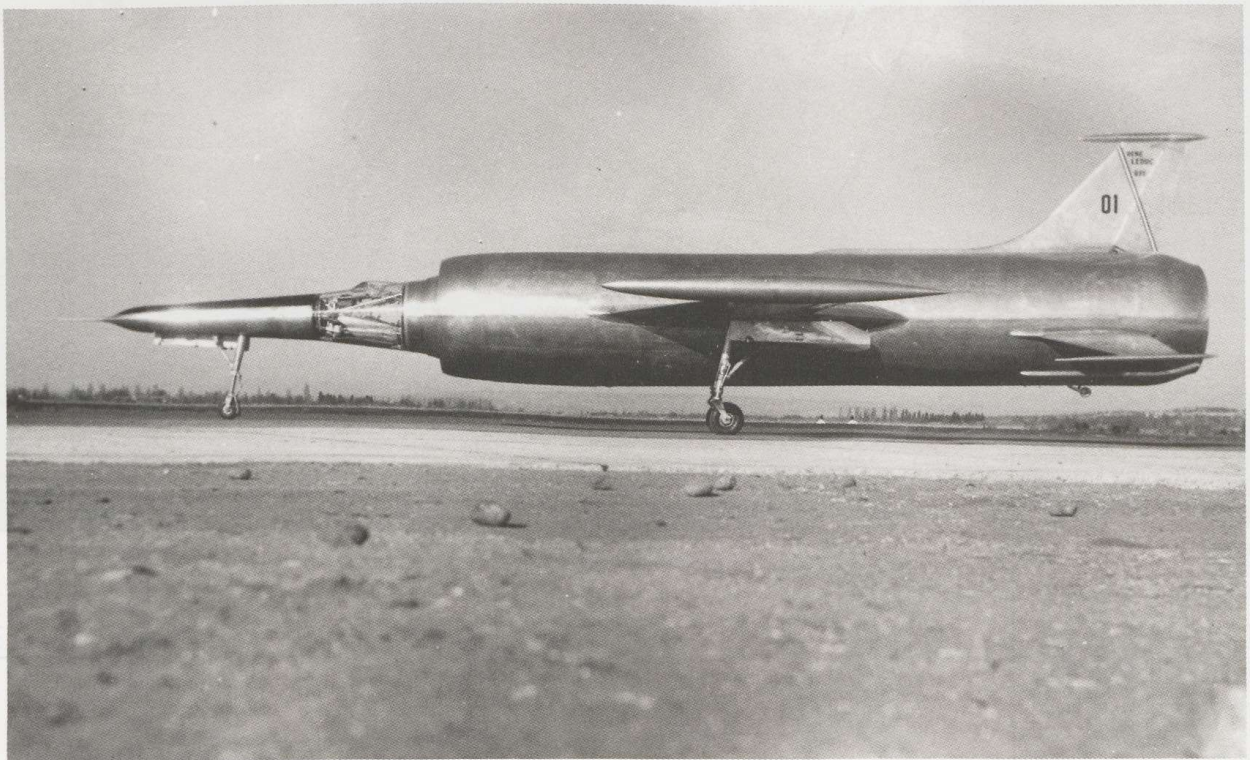
Composite Leduc 021-01/Languedoc n° 97 (F-ZLAV).





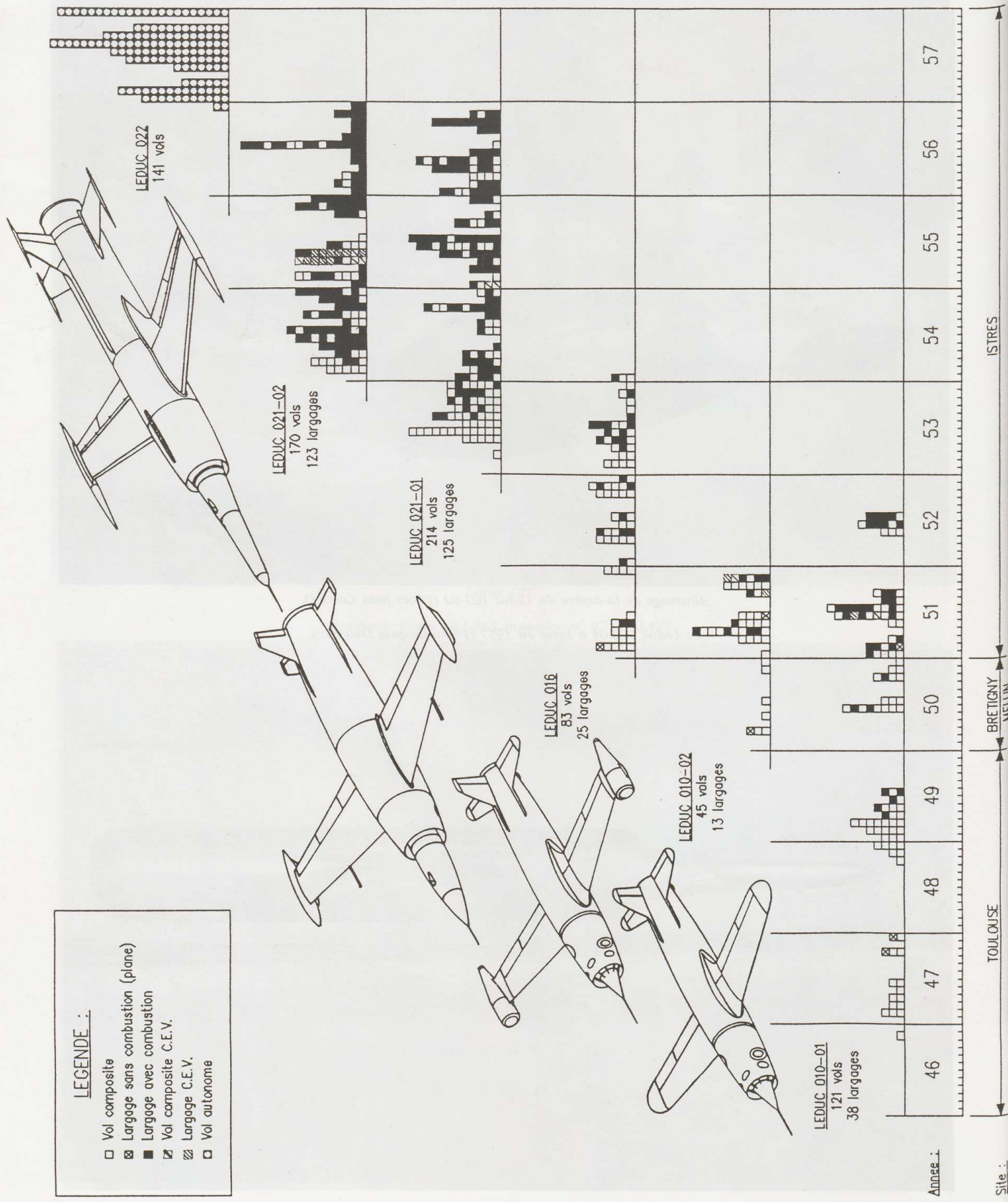
Allumage de la tuyère du Leduc 021-02 (Photo Jean Corriol).

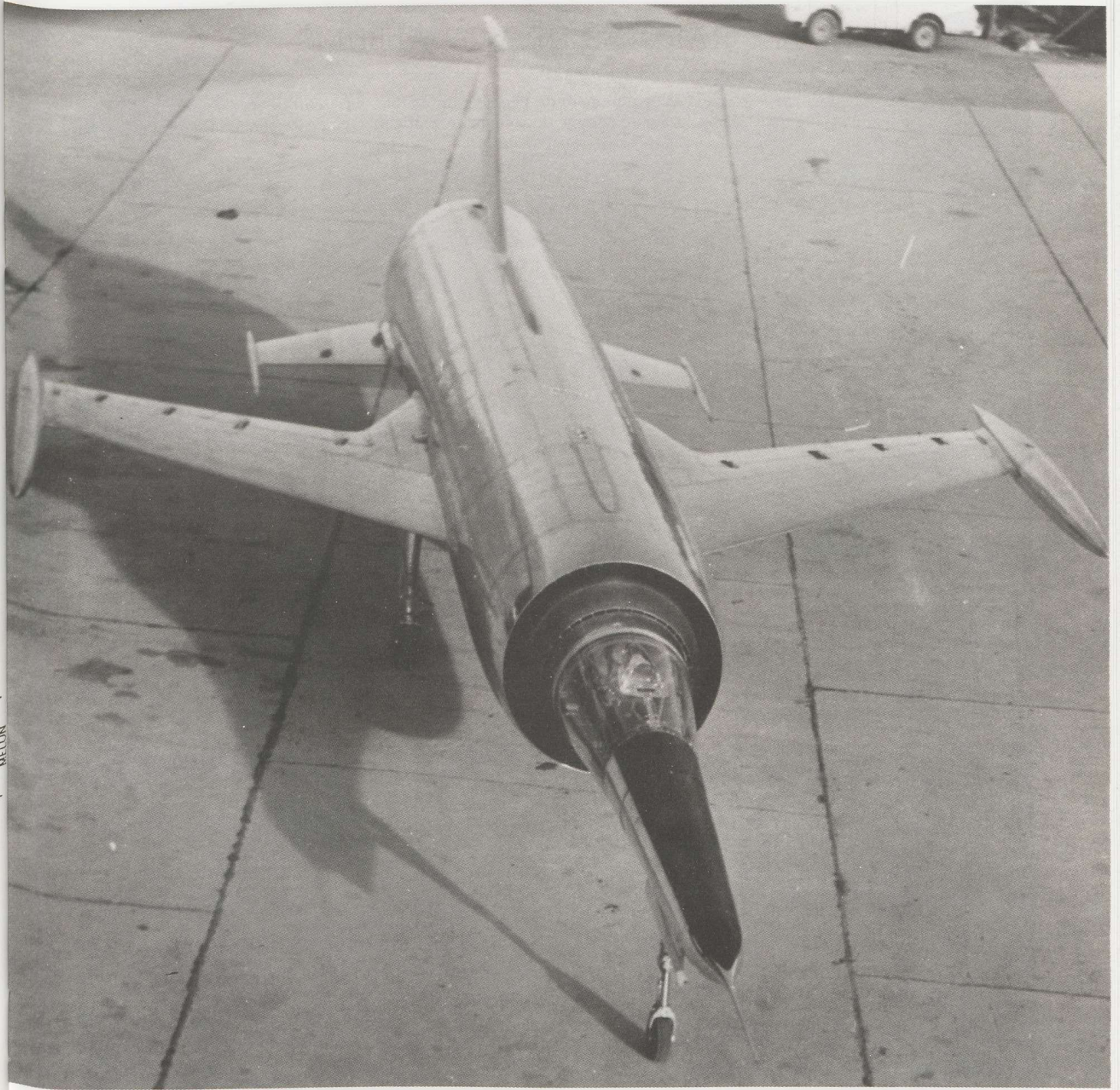
Le Leduc 022-01 à Istres en 1957 (Photo Jacques Descroix).



LEGENDE :

- Vol composite
- ▣ Largage sans combustion (plane)
- Largage avec combustion
- ▤ Vol composite C.E.V.
- ▥ Largage C.E.V.
- Vol autonome





Le Leduc 022-01 à Istres en Décembre 1956 (Photo Jacques Descroix).

Site : METUN