

L’Air et la Vitesse

René Lorin

LU AVEC LIREGRATUITEMENT.COM

Livre libre de droits, lisible gratuitement en ligne et en quinze minutes par jour.

PRÉFACE

Le nouvel ouvrage que publie sous ce titre M. René Lorin tranche nettement sur la production de la littérature aéronautique.

L'auteur ne s'est point proposé de faire œuvre descriptive ou documentaire.

Esprit libre et original, il nous soumet au sujet de l'Aviation, de ses possibilités prochaines, un ensemble de réflexions très personnelles et d'idées neuves qui font de ce petit livre une lecture éminemment substantielle et plus pleine de choses que bien des gros volumes d'aspect imposant.

Pour hardies qu'elles paraissent parfois, ces idées demeurent toujours rationnelles. La haute culture technique de l'auteur, sa rare compétence professionnelle dans les questions de locomotion, les études personnelles et remarquées qu'il poursuit depuis plus de douze ans sur des questions d'aérodynamique et d'aviation lui permettent d'aborder et d'exposer les spéculations d'ordre général, avec une méthode rigoureuse, sans perdre de vue les possibilités de réalisation et sans jamais s'égarer, comme il arrive parfois dans le domaine fantaisiste de l'imagination pure.

Partant d'une analyse et d'une classification très claire des divers modes de locomotion, l'auteur nous conduit par une série de

chapitres et de déductions fort logiquement entraînée à sa conception personnelle et neuve de l'aviation envisagée comme moyen de transport. Cette conception est caractérisée par la recherche de la vitesse maxima sur de longs parcours absolument définis d'avance et par la recherche de la sécurité fondée sur l'étude raisonnée de nouveaux moyens d'essor et d'atterrissage.

Il y a là souvent des « idées d'avant-garde », comme le dit fort justement l'auteur lui-même, mais elles sont exposées et défendues par un vrai technicien. Si elles s'écartent des opinions courantes et les heurtent même parfois de front, rien dans l'évolution de l'aviation n'est venu les infirmer depuis qu'elles furent émises. On peut même dire que les progrès acquis, particulièrement dans la puissance des moteurs, la capacité portante des appareils les rendent chaque jour moins difficiles à réaliser.

Tout en réussissant par la clarté et l'agrément du style à rendre accessibles à tous et même attrayantes les questions souvent ardues qu'il est amené à aborder, l'auteur a traité son sujet d'un point de vue tout à fait général, philosophique, pourrait-on dire. C'est tout une doctrine, toute une École qu'il tente de fonder. Et si la nouveauté de ses aperçus peut sembler parfois un peu révolutionnaire — ce qui n'est pas un défaut qu'en politique ou en art, — le livre de M. René Lorin ne manquera pas d'être lu attentivement et souvent repris par tous ceux qui ne s'hypnotisent pas sur les idées actuellement admises. Ils lui sauront gré, même s'ils ne partagent pas toutes les opinions qui y sont émises, de les inciter à réfléchir sur des questions d'une importance capitale pour l'aviation et à les envisager sous de nouveaux aspects.

Georges Besançon,

Secrétaire général de l'Aéro-Club de France.

01

VUES NOUVELLES SUR L'AVIATION

CLASSIFICATION DE LA LOCOMOTION MÉCANIQUE

Il peut paraître oiseux de définir la locomotion dont la notion est familière, et, cependant, l'analyse des buts à atteindre ainsi que des moyens à employer dans chaque cas particulier, incite à préciser les conditions générales de la question. Nous définirons donc la locomotion : l'étude et la réalisation des divers moyens naturels ou mécaniques propres à assurer aux êtres ou aux choses leur déplacement à la surface du globe terrestre, en attachant au mot surface, non pas son sens géométrique étroit, mais un sens plus large qui embrasse l'atmosphère, le sol et le sous-sol immédiat, avec ses nappes liquides, autrement dit, les trois éléments : air, terre, eau.

Il s'agit de déplacer des masses pesantes : il faut donc les soutenir et les mouvoir ; d'où la considération de deux points d'appui nécessaires : point d'appui de sustentation, point d'appui de propulsion.

Les trois éléments air, terre, eau, peuvent être alternativement considérés comme des points d'appui, soit de sustentation, soit de propulsion et leurs combinaisons deux à deux, avec répétitions, conduisent chacune à la conception d'un mode de locomotion différent, et chacune, d'ailleurs, il faut le remarquer, a donné

lieu, dans le domaine de la locomotion mécanique, à des réalisations plus ou moins pratiques.

Ces considérations conduisent à une classification des modes de locomotion mécanique, d'après la spécification des points d'appui. Cette classification est résumée dans le tableau ci-contre :

De tous les modes de locomotion présentés dans ce tableau, les uns ont des applications nombreuses et d'usage courant, les autres sont plus ou moins pratiques et répondent à des besoins plus ou moins spéciaux.

Leur étude sort, d'ailleurs, du cadre que nous nous sommes tracé. Nous nous confinerons donc dans la considération des cas où l'air est le double point d'appui de propulsion et de sustentation.

Examinons, toutefois, un critérium commun à tous les cas : la vitesse de translation.

Évidemment, il y a avantage à rendre cette vitesse la plus grande possible, dans les limites où les conditions techniques et économiques le permettent, puisque l'homme moderne est un être pressé pour lequel le temps est de l'argent. Dans l'état de choses actuel, trois véhicules : la locomotive (à vapeur ou électrique), l'automobile, l'avion, circulant respectivement sur la voie ferrée, la route, la voie aérienne, se disputent le record de la vitesse. La lutte est chaude, acharnée et la victoire définitive n'est pas encore nettement acquise. Cependant le résultat apparaît déjà incontestable : le vainqueur doit être l'avion.

L'avion doit être vainqueur, parce qu'il a toutes les supériorités, en lui-même, et dans la voie qu'il emprunte. Une locomotive, une automobile, doivent subir les

exigences de l'apui-terre : la voie ferrée, la route comportent des sinuosités, des virages, qui sont des obstacles à la vitesse, tandis que l'appui-air ouvre à la vitesse des champs sans obstacles. D'autre part, l'organe de propulsion et de sustentation sur l'appui-terre, la roue, est soumis à une force centrifuge qui limite la vitesse à celle assurant la sécurité contre l'éclatement. Il est vrai que cette limite n'est pas atteinte et que l'organe de propulsion dans l'air, l'hélice, est soumis aux mêmes inconvénients à un degré même beaucoup plus élevé, parce que le glissement ou recul de l'hélice dans l'air est infiniment plus considérable que le glissement de la roue sur la route, lequel est presque nul, et parce que le chemin parcouru par tour d'hélice, est très inférieur au développement de la périphérie de cette hélice. Cela prouve seulement que l'hélice est loin d'être le propulseur idéal de l'avion rapide.

Enfin, la locomotive, l'automobile sont tributaires de l'air parasite. Aux grandes vitesses, la résistance du point d'appui effectif, qui se traduit par la puissance motrice nécessaire pour la vaincre, devient secondaire vis-à-vis de celle qui provient de l'air parasite et l'on peut prévoir une vitesse critique au delà de laquelle l'appui parasite devient si gênant, qu'il y a lieu d'en faire l'appui effectif, parce que l'abandon des autres appuis entraîne la suppression d'organes et de dispositifs très résistants, affine favorablement les formes du véhicule et diminue la résistance à la pénétration.

Déjà, l'aéroplane apparaît comme la limite, la suite logique des véhicules terriens, et l'air, double point d'appui de sustentation et de propulsion, comme la condition nécessaire de la vitesse.

02

CONCEPTION ET CONSTRUCTION DE L'AÉROPLANE

La roue est, par excellence, l'organe de sustentation du véhicule terrien. L'aile est-elle l'organe de sustentation du véhicule aérien ?

Malgré les apparences, entre la surface portante de l'aéroplane et l'aile de l'oiseau, il y a un abîme : c'est la distinction entre les procédés de construction de l'homme et ceux de la nature. La nature est un constructeur merveilleux, mais qui procède par des moyens d'une subtilité, d'une délicatesse, qui nous échappent et dont il est vain de tenter l'imitation. Au contraire, les mécaniques créées par l'homme sont toujours simples, rigides, animées de mouvements toujours identiques dans leur répétition dont la roue est précisément un exemple remarquable.

La roue est tout un symbole, c'est le mouvement circulaire complet, c'est la synthèse de la mécanique humaine.

L'ancêtre inconnu qui a inventé la roue était certainement hanté par le souci de vaincre une difficulté bien définie. Il avait constaté que les procédés de transport à la surface de la terre (portage et traînage) qu'il employait étaient difficultueux, fatigants, qu'ils avaient un faible rendement et il eut l'idée de glisser

quelques rondins sous sa claie, substituant le roulement au glissement. Le principe de la roue était trouvé.

Celui qui songea le premier à voyager dans l'atmosphère ne paraît pas avoir eu de but bien défini. Le prestige de la chose l'attirait, il la considérait pour elle-même : voler d'abord, comme l'oiseau ; il serait temps de rechercher ensuite l'application pratique.

Alors il imagina l'aile à la mesure de l'homme, il imagina l'oiseau géant.

Ayant imaginé, il faut construire et c'est alors que l'ère des difficultés commence.

Il est, en construction, une notion jusqu'ici assez confuse, sans doute parce que sa considération ne s'est pas impérieusement imposée jusque-là : c'est la notion de l'échelle de construction.

Instinctivement, pourrait-on dire, nos constructeurs établissent leurs œuvres à l'échelle : c'est que des conditions d'adaptation imposent a priori certaines dimensions, et qu'en général les lois de la Résistance des matériaux permettent l'exécution sans difficultés spéciales. C'est ainsi qu'en locomotion, par exemple, la voie d'un matériel de chemin de fer, le gabarit sont définis a priori. Ce sont des données qui peuvent varier entre des limites très étroites pour rester à l'adaptation pratique de l'homme. Toutes les autres dimensions ou données techniques en découlent et tout cela se concilie parfaitement avec les exigences de la construction.

Lorsqu'un architecte bâtit une maison, elle peut être une simple cabane ou un palace, avoir un ou trente étages ; les procé-

dés de construction, le choix des matériaux évoluent, mais la construction reste à l'échelle. Lorsqu'un ingénieur naval construit un navire, celui-ci, par ses dimensions, va du simple canot au vapeur de plusieurs milliers de tonneaux et, toujours, pour des raisons d'adaptation, d'aménagement, la construction reste à l'échelle.

Il ne faudrait pas croire cependant que l'on pût multiplier, à l'infini, le nombre des étages du bâtiment ou le nombre de tonneaux du navire. Il y a une limite qui est imposée par la résistance des matériaux employés ; nos moyens à ce sujet sont connus, ils peuvent être améliorés ; mais dans une certaine limite seulement.

Ce qu'il faut bien faire ressortir, c'est que le constructeur ne fait jamais semblable : s'il a exécuté un pont de 10 mètres de portée et qu'il ait à faire un pont de 100 mètres destiné au passage des mêmes charges, il ne lui suffit pas de prendre les plans du premier projet en spécifiant que l'échelle est dix fois plus petite ; ce procédé expéditif le conduirait certainement à une catastrophe.

L'homothétie, la similitude géométriques n'existent pas, ne peuvent pas exister en construction et cela, au point de vue statique d'abord, en ne faisant intervenir que les facteurs espace et masse et aussi le facteur pratique résistance des matériaux et a fortiori, au point de vue dynamique, en faisant intervenir le facteur temps.

Ces considérations prennent une importance considérable en aéronautique où aucun repère sérieux ne vient déterminer et fixer les conditions de la bonne échelle de construction. Pour

bien marquer cette incertitude, faisons un voyage dans le domaine de l'utopie. Suivons Swift chez les Lilliputiens, ensuite dans le monde des Géants.

Lilliput est un pays merveilleux. C'est le véritable pays de l'aviation. Constatons tout d'abord que cette pratique n'y est pas dangereuse : sauter d'un cinquième étage est un jeu ; on court le risque d'une souris tombant du haut d'une table.

À Lilliput, on chevauche l'oiseau, on fait de l'aviation au sens propre du mot, tout comme nous faisons de l'équitation, en admettant qu'il y existe des oiseaux de la taille des nôtres, ce qui est possible, si Lilliput fait partie de notre planète ou d'une planète similaire, soumise aux mêmes lois de la gravitation.

À Lilliput, l'hélicoptère est pratique ; à Lilliput, les avions volent à la vitesse de quelques mètres à la seconde.

Qu'est-ce que Lilliput ? — Le petit modèle. — Que prouve le petit modèle ? — Pas grand'chose. Il présente un certain intérêt dans des cas bien définis, pour des déterminations bien limitées ; mais sa considération d'ensemble ne peut fournir d'enseignement ni sur la construction, ni sur le fonctionnement du modèle à l'échelle.

Le petit modèle a une caricature, qui est le jouet. Il est curieux de voir avec quelle facilité ceux qui ont pour tâche d'amuser les petits, créent de menus chefs-d'œuvre d'ingéniosité en appliquant toujours instinctivement un même principe de construction : la confusion de l'armature et du revêtement. Celles de ces œuvres qui veulent copier des créations mécaniques de l'homme, comme de petites locomotives, de petites machines-outils, donnent une illusion presque complète, mais celles qui veulent

imiter la nature, copier des animaux, ne peuvent que tomber dans le grotesque. L'humour de ces œuvres n'est pas seulement voulu, il s'impose, et le talent de l'artisan est de dissimuler la nécessité sous l'apparence de la fantaisie.

Ainsi apparaît l'impossibilité de copier servilement la nature ; mais cette impossibilité est encore plus évidente lorsqu'on amplifie l'échelle. Imaginons un homme identique à nous-même, mais qui aurait la hauteur de la Tour Eiffel : son existence serait bien éphémère : au moindre mouvement, il casserait net, son squelette ne pourrait résister aux efforts auxquels il serait soumis ; quant à ses chairs, ses muscles, il s'en trouverait déshabillé en un rien de temps, elles s'arracheraient et tomberaient sous l'effet de leur propre poids.

La considération de cette utopie conduit à des constatations amusantes : c'est ainsi que chez les géants, il est très difficile de se mouvoir et impossible de courir. À la cadence du pas accéléré, la vitesse tangentielle du pied serait telle que la résistance de l'air dépasserait celle que nous éprouvons pour marcher dans l'eau.

Ce qu'il importe de retenir, c'est que le géant est fragile, statiquement fragile, dynamiquement fragile. Mais il y a plus : il est impotent ; l'inertie de ses masses s'oppose aux mouvements rapides et légers. Fragilité et impotence, telles sont les caractéristiques de la construction au delà de l'échelle.

Appliquons ces considérations aux constructions aéronautiques. Voyons d'abord si les constructions issues de l'idée géniale de Montgolfier, si les ballons sont à l'échelle.

Pour le sphérique, la répartition parfaite des pressions dans tous les azimuts, la symétrie des efforts qui en résulte font,

comme conséquence, que la variation des dimensions homologues a une influence lente sur les conditions d'établissement, autrement dit, l'échelle possible subsiste dans des limites assez vastes et, au point de vue purement statique, le géant n'est pas bien caractérisé. Il faut faire intervenir la dynamique, les remous de l'atmosphère, pour trouver la limite du sphérique.

Quant au dirigeable, la question est entièrement différente. De par sa forme spéciale, la rigidité de la carène doit être maintenue par des procédés appropriés et avec des difficultés d'autant plus grandes que les dimensions homologues et la vitesse propre sont plus grandes. Pratiquement, il a été reconnu qu'au delà d'un certain cubage, le système souple est à rejeter. Et nous arrivons au rigide, au zeppelin. Est-il un type de construction géante plus caractérisé ? Combien, parce que géant, le zeppelin est-il fragile, impotent et grotesque !

Et maintenant, que peut-on dire, à ce sujet de l'aviation ?

Le docteur Pangloss trouvait que tout est bien dans la nature parce que tout y est logique, explicable. La nature est sage, elle sait s'arrêter quand il le faut ; elle a raté l'autruche et elle n'a pas insisté.

Ne cherchons pas à imiter la nature. Nous ne ferions que des monstres. Ne disons pas que l'aéroplane est un oiseau géant et efforçons-nous, au contraire, dans la conception, à nous évader de ce modèle.

Rompons franchement l'homothétie de l'oiseau qui mène hors de l'échelle et exige des artifices de construction, tels que les fils tendeurs, caractéristiques des constructions géantes. Il n'est même pas certain que si l'on trouvait des matériaux plus résis-

tants que l'acier, plus léger que l'aluminium, les conditions du problème seraient sensiblement modifiées. Un seul élément du problème est en notre possession : la vitesse. Augmenter, augmenter toujours la vitesse. À chaque vitesse maxima propre d'avion, correspond une forme générale, une famille de plus en plus robuste, à mesure que la vitesse croît.

L'aéroplane vraiment solide, qui sera une construction, avec des matériaux de choix, sans fil tendeur d'aucune sorte, différera complètement de la forme de l'oiseau, il aura une forme propre, originale, rappelant plus celle du projectile, œuvre humaine, que celle de l'oiseau, œuvre de la nature.

En résumé, les conceptions aéronautiques présentent cette particularité curieuse que, presque toujours, elles conduisent à de très grandes difficultés de construction. Combien d'idées pourraient être rejetées a priori, avec la mention : inconstructible à l'échelle !

L'échelle, la bonne échelle existe cependant : c'est la vitesse qui la donne.

03

L'air est un point d'appui décevant et perfide. Les fluctuations de l'atmosphère sont subites, violentes, imprévisibles. Ce n'est pas le vent qui est le danger, c'est sa variation soudaine, de direction ou d'intensité, c'est-à-dire de vitesse.

La vitesse du vent, c'est la différentielle première de la fonction du temps qui représente la situation géométrique des molé-

cules d'air. La stabilité, qui dépend de la variation de vitesse du vent, dépend donc de la différentielle seconde.

Il serait bien téméraire de vouloir poser les équations d'un tel problème. Nos faibles moyens analytiques sont trop inférieurs vis-à-vis de sa complexité.

L'aérodynamique est une science encore bien mal connue, qui n'est guidée par aucune idée, aucune hypothèse simple comme les quelques belles hypothèses que l'on rencontre dans certaines branches de la physique et qui, faute de mieux, doit se confiner dans l'analyse expérimentale d'une série de cas particuliers, une longue monographie par petits bouts. Encore risque-t-on, à chaque essai d'application d'un résultat déterminé, d'extrapoler largement et de ne pas se retrouver dans les circonstances de l'expérience de base.

Mais n'oublions pas que c'est la vitesse qui fait l'appui-air. Sans vitesse, il est inexistant ; aux faibles vitesses, il est instable, dangereux. Au fur et à mesure que la vitesse augmente, et suivant une loi rapidement progressive, puisqu'elle dépend approximativement de la deuxième puissance de la vitesse, son efficacité croît ; ce point d'appui incertain semble se cristalliser, se solidifier avec la vitesse et bien certainement, aux alentours de 80 à 100 mètres à la seconde, il devient fixe, immuable, sûr, comme l'assiette d'une voie ferrée. Ainsi entrevue, la question apparaît sous une forme nouvelle ; il ne s'agit plus de résoudre un problème d'équilibre, de stabilité, un problème scientifique, mais d'appliquer, pratiquement, certains résultats expérimentaux, en dehors de toute abstraction. On se trouve en présence d'une question de traction qui a de certaines analogies avec celle de la traction sur voie ferrée. Or, cette traction est régie par une série

de notions et de considérations d'ordre purement pratique : Coefficient de roulement, de frottement, coefficient de traction qui est la résultante de toutes les résistances passives, y compris celle de l'air.

Examinons la question de la stabilité en faisant abstraction totale de l'appui voisin, de l'appui-terre, dont les abords sont particulièrement redoutables. Si, en même temps, nous supposons, tout d'abord, que l'air soit absolument calme, la stabilité est facilement obtenue, c'est une simple question d'équilibre que les réflexes de l'homme peuvent résoudre. Mais, dès que l'atmosphère est agitée, il en est tout autrement et les accidents de stabilité sont à redouter.

Il est remarquable que c'est encore la commande empirique, instinctive, par le pilote, qui donne les meilleurs résultats, à l'encontre de tous les procédés de stabilisation automatique qui ont été très en faveur un certain temps et qui sont à peu près complètement abandonnés maintenant,

On peut dire de la stabilité automatique qu'elle est inutile en air calme, et dangereuse, très dangereuse même, en air agité. Pour réaliser la stabilité automatique, il faut, en effet, disposer d'un critérium, d'ailleurs assez difficile à trouver : le pendule, donnant toujours la verticale, n'est pas entièrement satisfaisant. Admettons néanmoins qu'un critérium parfait soit trouvé, il faudra qu'il mette en action, par certains intermédiaires, les organes de stabilisation ; mais ses commandes nécessitent le développement de forces relativement importantes, d'où la nécessité de disposer un relais. Dans ces conditions, il n'y aura pas instantanéité entre la cause perturbatrice, le mouvement corrélatif du critérium, et l'effet antagoniste produit, après transmission, aux or-

ganes de stabilisation. Il se produira décalage entre cause et effet, et dans le temps très faible qui s'écoulera entre ces deux événements, la cause perturbatrice aura pu cesser, et même changer de sens. Alors l'effet de stabilisation se produira en sens inverse du sens utile et sera désastreux. On trouve un phénomène analogue dans la régulation de certaines machines hydrauliques ; alors que, pour la machine à vapeur, le critérium étant le régulateur centrifuge, l'effet de stabilisation : ouverture et fermeture de la vanne, était presque instantané et que le petit décalage était encaissé ou décaissé par le volant, dans une machine hydraulique importante, il faut une force trop grande pour commander la vanne directement par le critérium. On emploie alors un relais mécanique, mais il en résulte dans la commande un tel décalage, qu'il arrive qu'après un ralentissement consécutif à une surcharge, le régulateur ouvre la vanne en grand, précisément au moment où la machine est déchargée et tend à s'emballer. Le régulateur amène alors un affolement complet de la machine.

La stabilisation automatique risque fort de provoquer des phénomènes analogues ; il n'y a rien d'intéressant à tirer de sa considération.

Et le meilleur stabilisateur reste l'adresse du pilote et surtout la vitesse propre de l'appareil.

Encore une fois, c'est la vitesse qui fait l'appui-air.

04

Ainsi, que l'on examine la question sous tous les angles, que l'on se place à tous les points de vue, toujours la même conclusion s'impose à l'esprit : la vitesse. C'est la vitesse qui est l'essence même de l'aviation sûre. Cette suggestion n'est, d'ailleurs, pas nouvelle, et les partisans de la vitesse sont, de jour en jour, plus nombreux. Il faut voir dans l'aéroplane un projectile à propulsion et sustentation continues, suivant une certaine trajectoire, une certaine route que le pilote peut rectifier, mais qui ne s'accommode pas des zig-zag, des virages brusques et de toutes les belles prouesses auxquelles les virtuoses de l'air se sont accoutumés.

Il faut bien déchanter de l'oiseau ; il faut renoncer à la formule intégrale du vol, il faut accepter une foule de sujétions, de restrictions, qui diminuent considérablement le côté prestigieux, mais aucunement le côté utilitaire, ainsi que nous essaierons par la suite de le démontrer.

Il faut imaginer que l'aéroplane circule sur un rail fictif, rail invisible, mais presque aussi bien défini, aussi immuable que le rail de chemin de fer. La voie aérienne s'impose, avec le départ et l'arrivée à la gare.

Déjà, la pratique de l'aéronautique a dégagé d'une façon très nette certains principes d'utilisation. Il est admis que le départ et l'arrivée s'effectuent, sauf accident ou missions guerrières très spéciales, en des lieux dénommés champs d'aviation. Mais il convient de bien distinguer les différents buts que l'on se propose d'atteindre. On peut dire que, actuellement, l'aviation comporte plusieurs branches, au moins trois :

plusieursL’aviation militaire ;
plusieursL’aviation civile sportive ;
plusieursL’aviation civile commerciale (l’épithète n’est peut-être pas très précise, mais nous n’en voyons pas d’autre qui traduise exactement notre pensée.)

La guerre a développé l’aviation d’une façon prodigieuse ; elle a trouvé là une arme extrêmement précieuse qui rend d’immenses services, sans qu’on puisse prévoir une limite autre que celle imposée par la production. Quels que soient les dangers de l’aviation en elle-même, ces dangers s’ajoutent purement et simplement aux dangers de la guerre, dans une proportion qu’il n’est pas l’heure de préciser : tous ceux qui sont directement intéressés à la question connaissent cette proportion et c’est l’essentiel.

Il faut bien convenir que les temps héroïques de l’aviation civile ne sont pas accomplis. Nul doute que l’on arrive un jour plus ou moins éloigné à obtenir une sécurité excellente ; mais l’obtention de cette sécurité est liée à l’acceptation d’une foule de restrictions dont ne peut s’accommoder le sport qui subsistera probablement mais paraît devoir rester l’Aventure.

Nous tenterons ultérieurement de faire ressortir ces restrictions comme des conditions suffisantes qui ne diminueront en rien la valeur utilitaire de l’aviation commerciale et que l’on peut poser, dès maintenant, comme des conditions nécessaires.

On a considéré jusqu’ici le problème de l’aviation en se fixant un but : voler. Inversons les données : fixons-nous comme but un mode de transport extrêmement rapide. Nous ne trouvons qu’une route libre : la voie aérienne.

Nous ne voyons qu’un moyen : l’Air.

Avant de préciser cette proposition, examinons tout d'abord les conditions auxquelles doit satisfaire la propulsion à très grande vitesse.

05

GÉNÉRALITÉS SUR LA PROPULSION MÉCANIQUE

Sur tout véhicule roulant en marche, on retrouve, à chaque instant, deux éléments qui caractérisent cet état de marche : c'est le vecteur qui représente la vitesse, en intensité et en direction, et celui qui représente la force s'opposant au déplacement, ou résistance à l'avancement. Lorsque, et c'est le cas général, un moteur actionne le véhicule, à chaque instant, le produit du vecteur Vitesse par le vecteur Force représente ce qu'on appelle la Puissance utile qui, multipliée par un certain coefficient qui tient compte de la déperdition de travail dans les organes de transmission, donne la Puissance effective du moteur.

Il est avantageux de faire développer constamment au moteur sa pleine puissance ; mais, pour des raisons diverses (démarrages, rampes, etc...), la résistance à l'avancement varie d'un instant à l'autre, et la vitesse varie en sens inverse. Il faut s'arranger pour que le produit de ces deux variables reste aussi constant que possible ; or, la courbe représentative d'une fonction de deux variables, dont le produit est constant, est une hyperbole rapportée à ses asymptotes comme axes de coordonnées. Supposons que l'on porte en abcisses les vitesses de translation du véhicule, et en ordonnées les résistances à l'avancement, ou les efforts de traction, l'action étant égale à la réaction. À chaque point de l'hy-

perbole correspondra un régime de marche théorique pour lequel la puissance motrice sera toujours constante.

Mais le moteur ne s'accommode pas complètement de ce diagramme théorique ; s'il voulait bien modifier la valeur du couple qu'il développe, de telle façon qu'il varie en raison inverse de la vitesse angulaire, tout irait pour le mieux, et le diagramme des efforts de traction à la jante pourrait se superposer intégralement au diagramme théorique. On aurait ainsi réalisé le moteur idéalement souple.

Dans la pratique, ce moteur n'existe pas. Le moteur à vapeur et le moteur électrique, employés à la traction, sont ceux qui se rapprochent le plus des desiderata théoriques et, en les utilisant avec des transmissions judicieuses, on peut, entre certaines limites, et au prix d'une diminution de rendement pendant les démarrages, obtenir des allures à puissance sensiblement constante.

Quant au moteur à explosions, particulièrement intéressant puisque c'est le moteur de l'aéronautique, voyons d'abord comment il se comporte, au point de vue traction, sur un véhicule roulant. Son couple moteur est presque immuable, et sa vitesse angulaire ne peut varier qu'entre des limites assez restreintes ; d'où, nécessité de modifier l'agencement de la transmission du travail aux roues parce que l'on appelle un changement de vitesse. À chaque combinaison d'engrenages, correspond une partie du diagramme des efforts de traction et on enveloppe l'hyperbole théorique par une série d'éléments de droites parallèles à l'axe des vitesses, constituant le diagramme des efforts pratiques et affectant la forme d'un escalier dont les sommets de marches

sont sur l'hyperbole et dont le nombre de marches est le nombre de combinaisons que comporte la boîte des vitesses.

C'est une solution approchée, empirique, qui donne de bons résultats pratiques, mais qui ne satisfait pas l'esprit amateur de solutions élégantes. Aussi combien d'inventeurs ont-ils cherché le changement de vitesse progressif pratique, qui est encore à trouver, la solution électrique, assez séduisante, ayant elle-même fait plus ou moins faillite.

Tout ceci est relatif à la traction en prenant appui sut terre. Voyons, maintenant, ce qu'il advient, lorsqu'on prend appui sur un fluide, tel que l'air.

L'organe de propulsion habituellement employé est l'hélice, généralement calée sur l'arbre moteur.

Le diagramme des efforts de traction de l'hélice en fonction des vitesses a été étudié théoriquement et par l'expérience. Ce n'est plus une hyperbole, ni un escalier, mais une simple ligne droite, Oblique, descendant vers l'axe des vitesses qu'elle rencontre. Le point sur l'axe des ordonnées, pour lequel la vitesse de translation est nulle, correspond au travail de l'hélice au point fixe. À mesure que la vitesse de translation prend une valeur de plus en plus grande, l'effort développé par l'hélice diminue, la théorie et la pratique le démontrent (en supposant que le régime des vitesses de rotation reste sensiblement constant) ; la courbe s'infléchit vers l'axe des vitesses, avec l'allure d'une droite et vient couper cet axe en un point qui correspond à une poussée nulle. Pour ce point, la vitesse de déplacement du véhiculé est précisément ce crue l'on appelle le déplacement de l'hélice, ou produit du pas par la vitesse de rotation ; c'est la vitesse du flux gazeux

que souffle l'hélice et qui donne la poussée. Dans ces conditions, la vitesse absolue des molécules d'air devient nulle puisqu'elle se compose de deux vitesses égales et de sens contraires. À cette vitesse nulle, correspond une quantité de mouvement nulle, donc un effort nul.

Cette courbe des efforts de traction de l'hélice épouse assez bien la forme de l'hyperbole théorique. Lorsque le pas et la vitesse de rotation sont judicieusement combinés et adaptés au régime du moteur, elle est également inclinée sur les axes et, entre certaines limites, la branche d'hyperbole et l'élément de droite se confondent sensiblement.

Et nous arrivons à cette conclusion curieuse : L'hélice donne une souplesse assez grande à l'ensemble du groupe de propulsion. Appliquée à la traction sur terre, elle permettrait la suppression du changement de vitesse, et aussi de l'embrayage et du différentiel. Cela est assez séduisant et, s'il n'y avait pas un revers à la médaille : diminution de rendement, encombrement, dangers inhérents au champ de l'hélice, etc..., nous verrions peut-être nos automobiles poussées et, de préférence, tractées par une hélice. La chose a, d'ailleurs, été essayée maintes fois avec un succès relatif.

Mais du point de vue exclusif de l'aviation, que peut-on conclure de ces considérations sur le régiriie des poussées de l'hélice ?

L'hélice se prête bien aux variations de régime de vitesse, elle permet de développer de très grands efforts aux faibles vitesses, et, en particulier, elle convient très bien pour effectuer des démarrages très accélérés ; de même, elle permet de monter des

rampes très accentuées et de donner une grande vitesse ascensionnelle aux avions. Voilà bien des qualités précieuses et il semble difficile de demander mieux. Voyons, cependant, ce qui caractérise l'aéro-propulsion à très grande vitesse.

Pour prendre appui sur l'air dynamiquement, il faut mettre cet air en mouvement, le déplacer, le souffler par un procédé quelconque et, cela, qu'il s'agisse de sustentation aussi bien que de propulsion, car une surface portante n'est, après tout, qu'un élément d'hélice fictive dont l'axe de rotation, vertical, est rejeté à l'infini ; ce n'est, en somme, qu'un morceau de palette d'hélice d'hélicoptère qui a sa propulsion propre.

Dans tout aéro propulseur, on trouve une certaine masse d'air, mise en mouvement à une certaine vitesse Si l'air n'était pas un fluide compressible, si l'on pouvait délimiter nettement la masse mise en mouvement, on aurait des données assez sûres pour établir théoriquement les conditions du problème. La considération de la quantité de mouvement nous donnerait la poussée : celle de la puissance vive, l'énergie cinétique mise en jeu pour obtenir cette poussée. Le quotient de la deuxième par la première, critérium où la vitesse figure à la 1 puissance mesurerait le coût de l'effort en énergie, ce que M. Marcel Desprez appelle le prix de l'effort statique. Ce prix varie en raison directe de la vitesse et pour l'abaisser on est conduit à agir avec les plus faibles vitesses possibles, sur les plus grandes masses possibles. Théoriquement, on peut concevoir un propulseur, une hélice par exemple, de diamètre infiniment grand, de pas et de vitesse de rotation infiniment petits, développant un effort infiniment grand avec une dépense d'énergie infiniment faible. Le voilà bien, l'Hélicoptère Géant ! Il est parfaitement inconstructible et parfaitement in-

stable. Il a encore un inconvénient : il ne permet que des vitesses de déplacement infiniment petites.

Dès qu'il ne s'agit pas d'effort statique, dès qu'il doit y avoir déplacement, il faut que la vitesse du flux d'air produit ait une valeur notable et cette vitesse doit être de plus en plus grande, à mesure que l'on désire obtenir des vitesses de translation de plus en plus grandes.

Reprenons le diagramme des efforts de traction d'une hélice en fonction des vitesses de translation. Un point quelconque représente un certain régime de marche et le pied de l'ordonnée partage le déplacement de l'hélice en deux tronçons dont l'un est la vitesse de translation du régime considéré et l'autre le recul, ou quantité dont l'hélice « foire » en se vissant dans l'air, de telle sorte que la vitesse de translation, ajoutée au recul, donne toujours une somme constante qui est le déplacement de l'hélice.

Le produit de la vitesse de translation par l'effort de traction, c'est-à-dire l'aire du rectangle construit avec les coordonnées du point représente le travail utile. La courbe représentative est une parabole dont l'axe est parallèle aux ordonnées et le soumet correspondant au travail maximum, a pour abcisse le demi-déplacement. Pour ce point, la vitesse de translation est égale au recul et, chacune, au demi-déplacement de l'hélice,

Si ce travail du moteur était soumis à un régime absolument constant et si le diagramme des efforts de traction était rigoureusement une ligne droite, la même parabole représenterait, à une autre échelle, la courbe du rendement pratique. Mais la réalité est assez différente et la courbe du rendement, qui a même base que la parabole est désaxée : le sommet est rejeté vers les vitesses

de translation croissantes, en un point qui correspond à un recul de 25 à 30 % seulement, au lieu de 50 %, chiffre théorique.

Ce qu'il faut retenir de ces considérations, c'est qu'à un système propulseur déterminé, correspond un régime de rendement maximum, et un seul, caractérisé par une vitesse de translation optima. Voyons maintenant comment varie le rendement du propulseur moteur-hélice lorsque cette vitesse optima va en croissant, c'est-à-dire lorsque l'on réalise des avions de plus en plus rapides.

La notion de coefficient de traction que l'on retrouve dans tout appareil de locomotion, autrement dit le rapport de l'effort de traction au poids du véhicule, est à considérer en aviation, tout comme sur route ou sur rail. Cette notion n'est pas encore d'une utilisation très courante parce qu'il règne toujours une incertitude sur la valeur des efforts développés par les hélices, en régime normal de marche.

Apriori, il semble que le coefficient de traction doit croître rapidement avec la vitesse, puisque la résistance de l'air croît comme le carré, de cette vitesse. En réalité, il n'en est pas ainsi, et le coefficient de traction, sans rester absolument constant d'un avion à un autre et chacun étant à sa vitesse de régime optima, ne croît que très légèrement avec la vitesse, parce que, en même temps que la vitesse propre croît, la forme générale évolue, l'avion devient meilleur projectile. Dans les limites de vitesse actuellement usitées, il semble qu'on peut considérer ce coefficient comme sensiblement constant. Dans ces conditions, le travail moteur nécessaire pour mouvoir les aéroplanes devrait, toutes choses égales d'ailleurs, croître linéairement avec la vitesse. Or,

en réalité, il n'en est rien et le travail nécessaire croît beaucoup plus vite que la vitesse.

Considérons une série d'avions de plus en plus rapides et construisons la courbe obtenue en portant en abcisses les vitesses optima et en ordonnées les puissances motrices nécessaires à l'obtention de l'unité d'effort de traction.

Ce diagramme n'a pas l'allure d'une droite ascendante, mais d'une branche de courbe tournant sa concavité vers l'axe des efforts de traction.

Vraisemblablement, elle n'a pas l'allure parabolique, mais présente une asymptote parallèle à l'axe des efforts de traction. Autrement dit, la puissance motrice nécessaire à l'obtention de l'unité d'effort de traction croît rapidement avec cette vitesse et augmente indéfiniment à mesure qu'elle se rapproche d'une limite de vitesse qu'il est pratiquement impossible d'atteindre avec le propulseur moteur-hélice.

Il est un fait certain : la puissance des moteurs d'aviation suit une courbe ascensionnelle qui va formidablement vite. Déjà, on nous laisse prévoir les moteurs de 1000 HP. Peut-être ira-t-on plus loin encore dans cette voie. L'intéressant est de suivre le progrès qui sera fait parallèlement dans la vitesse.

Sans préjuger de la façon dont peut et doit évoluer l'aéropropulseur destiné aux très grandes vitesses, on se rend compte néanmoins — par les considérations précédentes — que les conditions techniques de l'aéropropulsion à très grande vitesse deviennent assez différentes des conditions habituelles de la traction en général.

Le propulseur ordinaire doit permettre tout une gamme de régimes de marche, depuis la valeur o jusqu'à une vitesse maxima. Il doit pouvoir développer de très grands efforts lorsque les nécessités de la traction l'exigent : démarrages, rampes, etc...

L'aéro propulseur à très grande vitesse doit tendre, au contraire vers un régime unique, caractérisé par un effort de traction, indépendant autant que possible de la vitesse de translation. La droite qui représente le diagramme des efforts de traction se couche de plus en plus sur l'axe des vitesses, au fur et à mesure que, pour un même effort développé au point fixe, le déplacement, la vitesse du souffle de propulsion devient de plus en plus grand. Elle tend vers une parallèle à l'axe des vitesses, coupant les diagrammes de tous les autres propulseurs en des points correspondants à des vitesses de translation au-delà desquelles le rendement devient supérieur. Il ne s'agit plus de dire un propulseur de n chevaux, mais seulement un propulseur de n kgs d'efforts de traction. Le démarrage devient extrêmement laborieux et l'énergie du propulseur insuffisante pour l'opérer avec l'accélération désirable. Il faut admettre qu'une énergie étrangère vienne donner le coup de collier du départ. C'est le lancement préalable qui semble devoir s'imposer, pour cette raison de propulsion et pour d'autres encore qui seront développée ultérieurement.

La question de l'aéropropulsion à grande vitesse est donc intimement liée à celle de la production d'un souffle très puissant et très rapide. Examinons les moyens dont nous disposons et, tout d'abord, les Sources d'Énergie.

06

LES RÉSERVOIRS D'ÉNERGIE

L'énergie, c'est de la Puissance-temps, et comme la puissance est du travail spécifique rapporté à l'unité des temps, ce dernier s'élimine dans l'Énergie qui a, en somme, les mêmes dimensions que le travail, et ne dépend que de l'espace et de la masse.

L'énergie que nous captons dans la nature et qui est employée à de nombreux usages, en particulier au fonctionnement des moteurs mécaniques, est de natures diverses. Il n'est utile d'examiner, ici, que les énergies autonomes, autrement dit susceptibles d'être emmagasinées dans des réservoirs transportables et aussi légers que possible.

Les accumulateurs mécaniques n'ont eu d'application, en aéronautique, que sur les petits modèles — Penaud, et d'autres, ont utilisé à ces fins l'élasticité du caoutchouc. — On a utilisé aussi l'élasticité des métaux et des fluides comprimés, mais ces réservoirs d'énergie sont excessivement lourds : ils ne permettent d'emmagasiner que quelques kilogrammètres au kilogramme et, pratiquement, il semble qu'il n'y a rien à tirer de leur considération.

L'électricité, sauf dans la pile, n'est pas produite directement, elle est toujours tributaire d'une source primaire, hydraulique ou thermique qui, transformée en énergie mécanique, permet la production de l'électricité industrielle. En mécanique industrielle, la machine électrique ne joue que le rôle d'un engrenage à grande envergure, qui transmet et distribue au loin l'énergie.

L'énergie électrique peut cependant être emmagasinée dans des réservoirs autonomes ou accumulateurs. Mais ceux-ci sont relativement lourds et, malgré les perfectionnements réalisés, ils ne peuvent emporter qu'environ un hectowatt-heure au kilogramme, ce qui est peu. Le desideratum des chercheurs est le kilowatt-heure au kilogramme. Cette formule est théoriquement possible pour l'accumulateur au plomb ; car elle correspond à une énergie inférieure à celle qui est mise en jeu dans la réaction chimique, en supposant tout le plomb actif. Mais cette formule serait-elle réalisée — et elle en est loin ! — qu'elle ne rendrait pas encore l'accumulateur intéressant pour l'aviation.

Nous avons, heureusement, beaucoup mieux comme réservoir d'énergie autonome, dans toute la gamme des combinaisons chimiques.

Voyons d'abord l'explosif. L'explosif chimique est un mélange de matières susceptibles, par leur combinaison ou leur décomposition instantanée, de dégager une grande quantité de chaleur, avec production d'un flux gazeux. Dans l'explosif sans fumée, pour lequel tous les produits de la combinaison sont gazeux, à l'exclusion de matières solides, le rendement en flux gazeux est maximum) mais, évidemment, il ne peut que tendre vers le poids d'explosif employé. Cependant, voilà un moyen de produire un flux gazeux important et rappelons-nous que c'est toujours là qu'il faut en venir lorsque l'on cherche à produire un effort en prenant appui sur l'air. Déjà l'explosif ou, plutôt, la composition fusante, est un moyen d'obtenir un effort de propulsion. Ce moyen est d'ailleurs connu, il a même eu des applications : c'est le procédé de propulsion de la fusée et de ses dérivés, les projectiles à sillage fusant.

L'explosif est déjà un réservoir d'énergie intéressant. Son utilisation pour l'aéro-propulsion a même été envisagée ; on a réalisé de petits modèles mus par des fusées, et également des véhicules divers d'expérience. Une des difficultés rencontrées est la mauvaise maniabilité des explosifs et l'extrême difficulté d'obtenir un flux fusant régulier pendant un temps notable.

Mais le combustible, comme réservoir d'énergie, est encore infiniment supérieur à l'explosif. Ce fait tient à ce que le combustible ne comporte qu'un élément de la réaction chimique et que l'autre élément, le comburant, est puisé gratuitement dans l'atmosphère au fur et à mesure des besoins.

Si l'on considère, par exemple, l'essence de pétrole, il faut théoriquement dix-sept fois son poids d'air pour la brûler. Pratiquement, chaque fois que l'on brûle 1, on dégage 20 en produits gazeux. Telle est l'énorme supériorité, à ce point de vue, du combustible et, particulièrement, du combustible liquide sur l'explosif.

Le combustible liquide, et particulièrement l'essence de pétrole, est un admirable réservoir d'énergie. Dans un kilogramme d'essence de pétrole, il y a environ 5 millions de kilogrammètres latents ! Chiffre formidable, si on le considère en valeur absolue et surtout si on le compare à ceux que donnent tous les autres réservoirs d'énergie.

Raisonnablement, l'homme ne peut pas espérer beaucoup mieux — tout au plus, diminuer encore un peu la densité du combustible.

Dès maintenant, il est bien outillé pour dépenser les torrents d'énergie qu'exige la propulsion à grande vitesse.

07

LA LIMITE DU MOTEUR LÉGER

Dans les liaisons qu'il convient d'interposer entre les sources d'énergie et les machines, on retrouve presque toujours le mouvement circulaire complet. Le mouvement rotatif est partout : dans les organes de réception, dans les organes de transmission ; il est donc logique de l'admettre dans les organes de commandement. Donc, dans la machine qui distribue l'énergie naturelle requise, on doit, logiquement, retrouver le mouvement de rotation, et, de fait, c'est bien ce qui se produit : toutes les machines de commande comportent un axe de rotation continue ; elles peuvent se définir : un ensemble de dispositifs transformant une force, ou plutôt une énergie naturelle en un travail mécanique, disponible sur un axe animé d'un mouvement de rotation continue et caractérisé par une vitesse angulaire et un couple dit couple moteur.

Les principaux types de moteurs sont : les manèges animés, les roues à vent et à eau, les machines à vapeur à mouvement de commande alternatif, les machines électriques, les moteurs à explosion, les turbines à vapeur et les turbines à gaz. Elles rentrent bien, toutes, dans la définition indiquée. L'étude de ces machines n'a pas sa place ici, mais, cependant, certaines considérations spéciales sont intéressantes à examiner.

S'il est un cas où l'homme a particulièrement ressenti la faiblesse et l'insuffisance de ses forces, et la nécessité du moteur, c'est bien lorsqu'il a tenté de voler. Non seulement, il a senti la nécessité du moteur, maie encore du moteur léger, le plus léger possible.

Moteur léger est une abréviation, il vaudrait mieux dire Groupe propulseur léger, en entendant par là, la masse de tout ce qui contribue à la propulsion : le moteur, l'organe de liaison avec l'air et, surtout, l'énergie embarquée.

La légèreté du moteur est un élément, mais ce n'est pas le seul à considérer : son poids doit être en harmonie relative avec le poids spécifique de l'énergie emmagasinée et le temps de fonctionnement que l'on se propose d'obtenir. Pour alléger un moteur, on voit deux moyens principaux : diminuer la densité des matériaux de construction, sans diminuer leur résistance ; ou bien, simplifier les dispositifs du moteur, en réduisant l'encombrement et le poids, sans diminuer sa puissance.

Du premier moyen, il n'y a pas grand'chose à dire, si ce n'est qu'il est intimement lié aux progrès de la production des matériaux et particulièrement de la métallurgie. On sait où nous en sommes actuellement et que nous possédons l'acier au nickel et l'aluminium. De nouveaux progrès seront certainement réalisés, mais dans une proportion telle qu'ils n'apparaissent pas comme devant être de nature à modifier notablement la question.

Un autre moyen vient à l'esprit : puisqu'un moteur est caractérisé par une vitesse de rotation et un couple, toutes choses égales d'ailleurs, augmentons la vitesse, diminuons le couple, de telle façon que ce produit, qui est la puissance du moteur, reste constant ; ainsi faisant, le couple moteur qui représente les forces statiques mises en jeu diminuant, la résistance mécanique des pièces peut diminuer et aussi leur encombrement, qui varie en raison inverse de la vitesse.

Ainsi, le moteur léger idéal, serait celui qui tournerait à une vitesse formidable, et immédiatement l'idée de la turbine, avec ses énormes vitesses de rotation possibles, vient à l'esprit. Il y a peut-être là le secret du moteur ultra-léger, du moteur qui pèserait 100 grammes par cheval !

Hélas ! Ce n'est qu'une illusion. Admettons même, ce qui est fort discutable, que l'on puisse construire une turbine réalisant de telles conditions, eh bien ! son utilisation ne serait pas intéressante parce qu'il serait impossible d'employer l'énergie telle qu'elle se présenterait et parce qu'il faudrait l'adapter au récepteur : en l'espèce, l'hélice.

Un moteur à explosions tourne à une vitesse voisine de la vitesse qu'il convient de donner à l'hélice, l'accouplement direct est possible ; mais, avec une turbine tournait à 30.000 tours à la minute, pour actionner une hélice à 1.200 tours, il faudrait réduire vingt-cinq fois la vitesse primaire ; cela nécessiterait au moins deux réductions de vitesse et il faudrait un beau carter d'engrenages dont le poids, ajouté à celui de la turbine, nous ramènerait sensiblement au poids du moteur à explosions, sans compter l'absorption de travail, la diminution de rendement entraîné par tous ces trains d'engrenage

Dans tout système comportant production et utilisation d'énergie, c'est-à-dire un moteur, une réceptrice et les organes de transmission de l'un à l'autre, on peut faire intervenir deux éléments dont la considération n'a, d'ailleurs, d'intérêt notable que lorsque la question poids intervient, ce qui est le cas en aéronautique. Ces deux éléments sont vitesse de production et la vitesse d'utilisation de l'énergie : ce sont les vitesses de la première et de la dernière force intervenant dans le système. Ainsi, par exemple,

dans un atelier comportant des machines mues individuellement par des moteurs électriques, sur une fraiseuse, la vitesse de production de l'énergie sera la vitesse linéaire tangentielle du rotor du moteur, et la vitesse d'utilisation, celle de l'arête coupante d'une dent de la fraise et ceci, indépendamment de la considération de tout le système de transmissions intermédiaires.

Suivant les cas, la vitesse de production est inférieure, supérieure ou égale à la vitesse d'utilisation. Dans l'exemple précédent, elle était supérieure ; dans le cas d'une locomotive à vapeur, au contraire, elle est inférieure ; c'est la vitesse linéaire moyenne du piston dans le cylindre, laquelle est inférieure à la vitesse à la jante des roues, qui est la vitesse d'utilisation.

Le mieux est de pouvoir égaler la vitesse de production à la vitesse d'utilisation ; alors l'une se confond avec l'autre, l'organe moteur devient aussi l'organe récepteur ; on a réalisé le système le plus simple et le plus léger.

Quelques exemples empruntés à la traction feront mieux ressortir l'aspect de la question. La traction électrique utilise généralement des moteurs qui actionnent les roues motrices par l'intermédiaire de trains d'engrenages. La vitesse de production (vitesse tangentielle du rotor) est d'abord démultipliée sur le pignon d'attaque, puis remultipliée jusqu'à la jante des roues, qui a la vitesse d'utilisation. Pour des véhicules à vitesse médiocre, comme des tramways, il n'y a pas une différence bien grande dans l'ordre de grandeur des vitesses de production et d'utilisation. Peut-on les égaler et les confondre ? La chose a été proposée, sous le nom de traction tangentielle et plus spécialement dans le cas de l'utilisation des courants polyphasés. Dans ce système, le stator du moteur était développé dans l'entre-rail et seul, le rotor restait

solidaire du véhicule. C'est la réaction du rotor sur le stator qui, directement, donne le mouvement au véhicule. Ceci est très séduisant, très élégant comme idée. Malheureusement, il y a de grosses difficultés d'exécution pratique : impossibilité de réaliser un entre-fer assez petit pour maintenir l'intensité du champ magnétique, en tenant compte des dénivellations de la voie et des oscillations de la suspension et, en outre, prix extrêmement élevé du stator qui court tout le long de l'entrevoie.

On peut concevoir la traction tangentielle sous une autre forme. Proposons-nous, par exemple, de voir ce que donnerait la traction tangentielle sur une locomotive à vapeur à grande vitesse, Disons immédiatement qu'il n'y a rien à tirer de la machine à mouvement alternatif ; mais supposons que la locomotive soit mue par une turbine d'action genre de Laval. La vitesse de production, vitesse tangentielle du plateau de la turbine, peut atteindre plusieurs centaines de mètres à la seconde ; elle est fonction de la vitesse d'écoulement, c'est-à-dire de la pression de la vapeur. On voit qu'elle est supérieure à la vitesse d'utilisation à laquelle on peut prétendre, car si nous assignons à notre locomotive une vitesse de 100 m. à la seconde, soit 360 kilomètres à l'heure, ce sera déjà une belle prétention. Et, d'autre part, avec un disque de Laval, on peut obtenir des vitesses périphériques très supérieures à 100 mètres à la seconde.

Remarquons donc et retenons ce fait que, dans la traction tangentielle, avec l'emploi de fluide sous pression, il n'y a pas avantage à employer de très grandes pressions.

Quoi qu'il en soit, imaginons que le disque mobile de la turbine soit développé en ligne droite le long de la voie ferrée, entre les rails et continue indéfiniment le long de cette voie. La tuyère,

solidaire de la chaudière, restant sur la locomotive, le fonctionnement sera inversé : les aubages restant fixes et la tuyère, mobile, entraînera le véhicule.

Évidemment, ces suggestions ne peuvent pas conduire, dans cet ordre d'idées, à un résultat pratique, car il n'est pas utile de développer des vitesses de 360 kilomètres à l'heure, sur voie ferrée ; mais si jamais la question devait être mise à l'étude, cette solution devrait être retenue. Le rendement serait assez bon et des qualités de simplicité, de légèreté, particulièrement précieuses quand on en arrive à ce que nous avons en vue : l'aéropropulsion à grande vitesse, se dégagent de ces considérations.

Reprenons la chaudière de notre locomotive à traction tangentielle et sa tuyère et installons-la à bord d'un avion. L'établissement du stator, si coûteux, si peu économique sur terre, devient absolument gratuit et nous trouvons un stator tout construit dans l'atmosphère. Ce sont les couches d'air, inertes et successives, rencontrées par la tuyère, qui en fait l'office.

Si l'on avait dit à Giffard, lors de ses essais de dirigeable par traction à vapeur : Abandonnez votre moteur, abandonnez votre hélice, employez l'économie de poids à augmenter la capacité de votre chaudière, et propulsez-vous avec le jet de vapeur de l'échappement, cette suggestion l'eût fait sourire à bon droit : c'est que la capacité de la source d'énergie qu'il utilisait était très limitée, c'est que les vitesses de translation qu'il pouvait prétendre obtenir étaient très faibles et que la démultiplication obtenue par l'intervention du moteur et de l'hélice s'imposait.

Mais les conditions sont toutes différentes aux grandes vitesses, quand de grandes quantités d'énergie sont forcément

mises en jeu. Ne l'oublions pas, pour aller vite, il faut dépenser, dépenser des torrents d'énergie. Nous possédons, heureusement, beaucoup mieux que le cycle de la vapeur.

Ainsi apparaît, aux grandes vitesses, l'idée logique de la substitution du mouvement linéaire au mouvement circulaire. Le mouvement circulaire a été triomphant sur le moteur, mais celui-ci a une limite. Cette limite est atteinte ; substituons-lui le propulseur à réaction directe.

08

DE L'ÉOLIPYLE AU PROPULSEUR À RÉACTION DIRECTE

Quand on examine les conditions vers lesquelles doit tendre l'aéropropulseur à très grande vitesse, toutes les considérations conduisent à l'idée de l'emploi de la réaction directe, autrement dit d'une force de propulsion produite par la réaction directe de l'écoulement d'un fluide sous pression.

On y arrive par la considération du groupe moteur-hélice qui, pour fournir des flux de plus en plus violents, doit tourner à des vitesses folles et absorber en frottements dans l'air une proportion d'énergie de plus en plus grande.

On y arrive par la considération de l'augmentation de puissance motrice pour obtenir des vitesses croissantes : la loi de cette augmentation est loin d'être linéaire et le diagramme des puissances motrices nécessaires à l'obtention de l'unité d'effort de traction en fonction de vitesses s'infléchit rapidement vers

l'axe des efforts et paraît même avoir une asymptote parallèle à cet axe.

On y arrive par la considération du diagramme théorique des efforts de traction fournis par une source d'énergie à débit constant, lorsque les vitesses de translation vont en croissant. On voit que, théoriquement déjà, il est illusoire de prétendre obtenir de grands efforts spécifiques aux grandes vitesses.

On y arrive par la considération de la simplicité et de ses corollaires : la légèreté et la sûreté de fonctionnement.

Créer un flux propulseur en transformant directement l'énergie latente emmagasinée en énergie cinétique utile est séduisant. Le tout est de savoir s'il est possible de construire des dispositifs pratiques.

Le flux de réaction directe se trouve explicitement ou implicitement réalisé dans un assez grand nombre d'appareils ou organes existants.

C'est le flux de combustion de la fusée.

C'est le jet de vapeur de l'Éolipyle de Héron d'Alexandrie.

C'est le souffle de la turbine à gaz. Le flux de la fusée a déjà été employé à l'aéropropulsion de certains projectiles d'abord, de petits modèles d'aéroplane ensuite : on a fait des fusées volantes. Enfin, on a fait de petite modèles de véhicules, voitures ou bateaux, dont le fonctionnement a été satisfaisant. Mais tout cela est bien loin d'un résultat pratique ; il y a un gros écueil : la très faible durée de fonctionnement. Il est très difficile de construire des fusées ayant un fonctionnement régulier durable ; d'ailleurs, quand on emmagasine un certain poids de matière fusante, on ne

recueille que ce poids de produits gazeux. C'est le cas de tous les explosifs contenant en eux à la fois le combustible et le comburant de la réaction chimique. Il ne paraît donc pas intéressant de retenir la propulsion par composition fusante. Cependant, il est bon d'attirer l'attention sur la stabilité de cette propulsion, qui a une influence heureuse sur la stabilité du véhicule lui-même. Le flux de la vapeur n'est guère plus intéressant : on ne peut faire échapper, en vapeur, que le poids d'eau emmagasiné, encore faut-il y ajouter le poids du combustible nécessaire à la vaporisation et le poids de la chaudière ou de l'appareil à vaporisation instantanée. On peut cependant concevoir un véhicule ou un projectile fonctionnant plusieurs minutes. C'est déjà un gros progrès sur la fusée pour laquelle on compte par secondes ; de plus, le fonctionnement est plus régulier.

Mais le flux résultant de la combustion d'un combustible liquide est infiniment supérieur. Ici, il suffit d'emmagasiner le combustible, et le comburant se puise, gratuitement, tout le long du chemin, dans l'atmosphère. Nul doute que l'on puisse obtenir des efforts stables et importants : c'est une question de consommation de combustible. D'aucuns trouveront qu'un tel système est bien gaspilleur. Examinons la question de près.

S'il s'agit d'obtenir une vitesse encore plus grande que celle qui est pratiquée actuellement en aviation, il faut, évidemment, utiliser des puissances motrices plus grandes, beaucoup plus grandes. On parle déjà du moteur léger de 1.000 chevaux qui sortira prochainement des ateliers de nos constructeurs. Ce moteur consommera près de 300 kilogrammes d'essence à l'heure. Voyons ce que donnerait un propulseur à réaction directe

consommant 360 kilog. à l'heure, — soit 100 grammes à la seconde — donnant un flux gazeux d'au moins 2 kilog. à la seconde.

Il est difficile de faire un calcul exact, car le problème est complexe. Si l'échappement se produisait dans le vide, en multipliant le débit par la vitesse d'écoulement, nous aurions la valeur de l'effort. Mais l'écoulement ne se produit pas dans le vide : l'air ambiant de l'atmosphère fait plus ou moins partie de la masse en mouvement. En faisant même abstraction de l'influence favorable du milieu ambiant, 2 kilogrammes de produits de combustion rejetés à une vitesse de 1.500 mètres à la seconde donneraient une quantité de mouvement de 300 kilogrammes-seconde.

Prenons le problème d'une autre façon : voyons quelle serait la pousser pour un rendement utile de 5 %, chiffre assez faible, on en conviendra et très inférieur à celui que donne le moteur-hélice aux vitesses usuelles. Les quelque 5 millions de kilogrammètres latents que contient un kilogramme d'essence donneraient 100.000 kilogrammes utiles. En Supposant un temps de fonctionnement d'une heure, soit 3.600 secondes, il y aurait environ 70 kilogrammètres disponibles à la seconde, soit pour une vitesse de 70 mètres à la seconde (environ 200 kilomètres-heure) un effort de traction de 1 kilog. Dès la vitesse de 250 km.-heure, nous aurions donc la formule du kilogramme d'effort au kilogramme de combustible brûlé. C'est sensiblement ce résultat que nous avait fourni le calcul approximatif précédent.

Dans cette formule, il n'est plus nécessaire de faire intervenir la vitesse, étant entendu que l'effort obtenu en est sensiblement indépendant. Le kilogramme d'effort de traction au kilogramme de combustible brûlé, voilà la formule qui serait souhaitable et

suffisante pour des vitesse avoisinant 300 kilomètres à l'heure. Il est à craindre que le moteur-hélice ne puisse pas la satisfaire.

Ce rendement de 5 % que nous avons indiqué sans le justifier en aucune façon, est-il réalisable ?

Faisons l'expérience suivante : accolons par leurs bases deux lampes à essence dites lampes à souder, les chalumeaux s'opposant, c'est-à-dire leurs ajutages dirigés tangentiellement dans le même sens de rotation. Suspendons ce système équilibré, de telle façon que les axes des deux chalumeaux soient dans un même plan horizontal. Les lampes étant allumées, le système se met nettement en mouvement, en sens inverse de la direction du flux des flammes. Le mouvement s'accélère, puis après avoir passé par un maximum de vitesse angulaire, il se ralentit, pour s'arrêter complètement, lorsque le couple de torsion du fil équilibre exactement la force de réaction. Par un procédé renouvelé de Coulomb, on peut mesurer cette force de réaction ; on peut aussi mesurer la consommation d'essence et calculer le prix de l'effort au point fixe. En mesurant la vitesse maxima de rotation, la vitesse linéaire qui en résulte, et l'effort de poussée, on peut calculer le rendement de la propulsion. Disons immédiatement qu'il est très faible et n'atteint pas 1 %, mais nous nous sommes placés dans des conditions particulièrement défavorables, puisque les vitesses réalisées sont très faibles, quelques mètres à la seconde, alors que ce genre de propulsion n'est intéressant que pour les très grandes vitesses.

Cet embryon de moulinet pourrait être amélioré en vue de l'augmentation de vitesse ; néanmoins, ce n'est pas la meilleure méthode d'expérimentation : elle nécessite une installation importante et, aux grandes vitesses, elle ne donne pas les conditions

exactes de la réalité, car il y a toujours entraînement de molécules d'air ambiant, lequel se met en giration avec l'appareil en essai.

La méthode du point fixe relatif est bien supérieure. Elle consiste à faire l'essai au point fixe, dans un vent relatif obtenu par un puissant ventilateur, en un compresseur d'air.

Un élément générateur de flux de réaction directe comprendrait essentiellement, comme un générateur de turbine à gaz, une chambre de combustion, un ajutage d'admission et de carburation et un ajutage d'échappement. L'écueil de la turbine à gaz a été la question de la compression préalable, qui absorbe une proportion énorme de la puissance. Ici, la difficulté est tournée d'une façon très simple ; c'est le vent relatif qui produit la compression, avec une régularité, une constance et une intensité qu'aucun ventilateur ne peut dépasser.

Dans un courant d'air pouvant atteindre une vitesse de 100 mètres à la seconde, plaçons une chambre de combustion avec un évent avant, collectant et carburant le vent relatif, un allumage et un ajutuge divergent d'échappement. La combustion peut être continue ou discontinue ; dans ce dernier cas, on peut prévoir une soupape de retenue à l'admission, mais il n'est pas certain que ce dispositif soit nécessaire, l'étranglement précédant la chambre d'explosion étant peut-être suffisant pour empêcher un retour de flamme.

L'expérience concluante consisterait à montrer que, lorsqu'on met l'allumage, l'appareil tend à remonter le courant d'air.

D'autres procédés sont à envisager pour obtenir la compression préalable.

Il y a, tout d'abord, le compresseur d'air rotatif ou alternatif, avec réchauffage interne, mû par un moteur. Ce procédé est peu élégant et, malgré les progrès réalisés dans la légèreté des dispositifs mécaniques possibles, il ne semble pas devoir être sérieusement retenu.

Il y a ensuite le système mixte : le moteur à explosions peut être considéré, à un point de vue plus général, comme un transformateur d'énergie ; il part de l'énergie calorifique, pusse par l'énergie mécanique et, au moyen de l'hélice, il donne de l'énergie cinétique, avec un rendement total qui n'est pas très élevé. Mais il pout aussi transformer directement l'énergie calorifique en énergie cinétique ; c'est ce qu'il fait, d'ailleurs, dans une proportion notable, par son échappement.

Supposons le moteur ou, plus exactement, le propulseur, disposé pour ne produire aucune force motrice sur son arbre ; mais uniquement dû l'énergie cinétique, pur l'échappement. Le flux ainsi réalisé est discontinu et une partie de l'énergie est transformée en mouvement vibratoire ; mais on peut rendre ce flux à peu près continu en aménageant un réservoir intermédiaire de compression. Il y aura, de ce fait, un échauffement considérable et un régime s'éloignant des conditions ordinaires de fonctionnement du moteur à explosions. Pour éviter cet écueil, il serait sans doute avantageux d'alterner des courses motrices (admission d'air carburé) avec des courses à blanc (admission d'air pur), il y aurait une impulsion motrice pour une ou deux compressions d'air pur. En somme, on réaliserait une sorte de moto-compresseur, mais il faut bien se rendre compte que cette machine serait, par rapport au moteur, très différente d'aspect et de fonctionnement : très volumineuse, avec de grands cylindres en aluminium, à faible

course et à très fort alésage, mais relativement peu massive, car il y aurait avantage à mettre en jeu de faibles pressions (quelques kilogrammes), d'où possibilité de réduire notablement la quantité de matière à mettre en œuvre.

On peut, enfin, admettre un procédé de compression par injecteur, en vaporisant au préalable le combustible et en l'injectant dans la tuyère prise de vent relatif, avec, si besoin est, une petite addition de vapeur d'eau. La partie mécanique du propulseur se réduirait à une moto-pompe centrifuge, actionnée par un moulin dans le vent relatif, comme les dynamos de T. S. F. et d'éclairage à bord des avions. Cette pompe injecterait l'essence et l'eau.

La question de la Réaction directe est encore à l'état embryonnaire. Bien rares sont ceux qui s'y sont intéressés. Un historique succinct des recherches et essais entrepris à ce sujet, a été fait par M. Ventou-Duclaux dans son ouvrage sur les Turbines à gaz.

Depuis douze ans que l'auteur étudie la question, il a rassemblé à son sujet une certaine documentation. Les quelques efforts épars dont il a eu connaissance ne représentent encore rien de bien intéressant, y compris les vagues expériences faites en Amérique à l'instigation de Chanute qui avait lu à Chicago ce que l'auteur avait écrit à Paris dans l'Aérophile. Un échange de correspondance s'en suivit, le créateur du biplan vint voir l'auteur à Paris, en 1910, et lui apporta un long mémoire en anglais, d'ailleurs sans grand intérêt. Un nouveau programme de recherches plus précises avait été élaboré d'un commun accord ; mais il resta lettre morte, par suite de la fin de Chanute, survenue quelques mois après.

Charles Devin, ancien élève de l'École polytechnique, lieutenant aviateur, tombé glorieusement en Champagne en 1915, écrivit à l'auteur des lettres pleines de philosophie, au sujet de certains articles qu'il avait lus dans l'Aérophile ; il l'encouragea de son mieux, et le présenta à ses amis : M. Badin, bien connu par son indicateur de vitesse et M. Laurent Séguin, des moteurs Gnôme ; le premier voulut bien aider l'auteur de sa compétence, pour mettre sur pied un avant-projet de dispositif d'expérience au point fixe relatif, que le second devait exécuter. La mobilisation arrêta net ces préliminaires.

Il est à souhaiter que la question soit reprise.

09

DE PARIS POURRAIT-ON BOMRARDER BERLIN ?

Un jour, dans une grande ville du littoral septentrional, assez éloignée du front, de formidables explosions retentirent ; des projectiles de très gros calibre tombaient. D'où venaient-ils ? Il faisait grand jour et aucun avion n'était en vue. Ce bombardement venait évidemment du front de mer : un navire ennemi avait pu échapper à la surveillance des patrouilles. On chercha l'insolent et… on ne trouva rien.

Cependant, des lueurs furent perçues du côté du front de terre. Un canon ennemi se trouvait-il dissimulé dans nos propres lignes, ? L'hypothèse que ce canon tirait d'au delà des lignes ennemies ne venait pas même à l'esprit. Cependant, à la longue, il fallut bien se rendre à l'évidence ; le canon existait bien et dans

les lignes ennemies ! Il tirait de 38 kilomètres ! C'était un record qui laissait loin derrière lui les performances antérieures.

On peut, certes, aller plus loin. D'autres canons plus monstrueux seront établis un jour ou l'autre, mais l'inéluctable loi de l'échelle assigne une limite aux dimensions du canon. Là encore, il ne suffit pas de multiplier par 10 un 75 pour faire un 750. Le plus gros écueil, dans cette course à l'augmentation des calibres sera probablement la difficulté de construire une pièce qui puisse supporter l'énorme déflagration résultant de la transformation presque instantanée de très grosses charges d'explosif en énergie cinétique.

Au lieu de communiquer d'un seul coup toute son énergie au projectile, pourquoi ne pas distribuer celle-ci tout le long de la trajectoire, au fur et à mesure des besoins ? La propulsion continue doit être prise en considération, avec son corollaire, la sustentation continue ; et nous arrivons à l'idée de la torpille aérienne volante, rappelant par sa forme générale la torpille marine, avec un allongement beaucoup plus grand et, naturellement, une vitesse de translation très supérieure.

Quel pourrait être le rayon d'action d'un tel projectile ? Il serait téméraire de lui assigner des limites précises. Tout ce que l'on peut dire, c'est qu'il est infiniment probable que l'on battrait facilement tous les records établis par le canon et par l'obus. Un avion partant du front français peut aller survoler Berlin, revenir au point de départ et, même, emporter une certaine surcharge. Pourquoi un appareil non monté, réduit au minimum de poids mort, ne pourrait-il emporter, avec une grosse charge d'explosif, le combustible nécessaire à faire seulement le voyage d'aller, dans des conditions de traction probablement plus

économiques ? (vitesse beaucoup plus grande, donc durée de fonctionnement bien moindre — coefficient de traction très faible, du fait de la forme de bon projectile beaucoup mieux réalisée que dans l'avion d'aujourd'hui).

Supposons qu'une torpille de 500 kilog. puisse emporter 200 kilog. d'explosif. Cette torpille, lancée pneumatiquement ou par une faible charge de poudre et réglée à peu près en direction, aurait un régulateur barométrique la maintenant à hauteur déterminée, un sillage visible obtenu facilement en rendant le flux de propulsion fumigène permettrait d'en suivre la trajectoire ; et une série d'avions, espacés sur sa route, la dominant, rectifieraient télé-mécaniquement sa marche. Des torpilles en grand nombre pourraient ainsi être passées d'une zone dans la suivante et l'explosif serait amené à destination beaucoup plus régulièrement, beaucoup plus sûrement que s'il se trouvait directement à bord des avions. Ceux-ci n'auraient plus qu'une mission de contrôle et de réglage.

En somme, la torpille aérienne, qui est vraisemblablement l'avenir de l'artillerie à longue portée, ne serait qu'un avion non monté. Elle pourrait être, indépendamment de son application à la guerre, expérimentée à titre d'étude sur l'Aéronautique en faisant dériver l'avion du projectile.

Cette longue digression sur la propulsion étant examinée et le problème de l'aéropropulsion à très grande vitesse étant posé, revenons maintenant aux généralités sur l'avion.

Il est intéressant de constater que les Allemands aient adopté pour leur kanon un calibre moyen. Ils n'ont pas amplifié le 380, ils n'ont pas fait et ne pouvaient pas faire de l'homothétie.

10

LE RETOUR À L'APPUI-TERRE

Nous sommes des terriens ; nous pouvons nous évader dans l'atmosphère pour un temps plus ou moins long, mais il faut bientôt revenir prendre contact avec notre mère nourricière ; il faut atterrir, et cette manœuvre prend, en aviation, une importance toute spéciale, du fait de sa difficulté.

Comment atterrir ?

Apriori, on considère souvent cette manœuvre par analogie avec celle de l'oiseau qui se pose doucement, élégamment, aisément, sûrement, n'importe où. Et, cependant, les exigences résultant de l'énorme amplification de l'échelle font que, relativement à l'oiseau, l'aéroplane sera toujours lourd, fragile, rigide, impotent. Faut-il que sa manœuvre d'atterrissage imite plus ou moins bien la grace de l'oiseau, ou bien peut-on concevoir une manœuvre propre, qui ne soit pas la manœuvre homothétique ?

Généralement, on conçoit deux méthodes d'atterrissage : la première méthode est celle de l'atterrissage sans vitesse, ou à vitesse très réduite, à l'aide de dispositifs spéciaux. Il semble que ce soit là l'atterrissage idéal : se poser sur le sol, sans vitesse. Pratiquement ce n'est ni possible, ni souhaitable.

Les principaux moyens qui viennent à l'esprit pour obtenir cette manœuvre et qui ont été proposés sous bien des formes, sont :

Tous ces dispositifs ont un défaut commun : à l'échelle humaine, ce sont des géants et ils ne peuvent être construits qu'à

l'aide d'artifices qui les rendent fragiles et dangereux.

L'hélicoptère est le prototype du géant. Il a été réalisé depuis le très petit modèle jusqu'à l'échelle voulue pour enlever un homme. Il est intéressant de noter les difficultés croissantes qui surgissent au fur et à mesure que l'échelle augmente. C'est, d'abord, le jouet à élastique, réalisé avec une facilité enfantine ; c'est, ensuite, le petit modèle plus sérieux, comme celui de Ponton d'Amécourt. Ce sont, enfin, les divers hélicoptères qui se sont enlevés avec des passagers : voyez les pales des hélices, les difficultés de construction, les tendeurs. Voyez les déformations qui se produisent après un court fonctionnement, et concluez.

On peut faire les mêmes constatations pour les ailes battantes et les surfaces variables.

Mais supposons, par impossible, que la construction de ces appareils soit facile, pratique ; eh bien ! malgré cela, ils devraient être rejetés. Ne pas casser est quelque chose, mais il faut encore être stable. Si l'on convient que le facteur essentiel de la stabilité est la vitesse, il est bien illogique d'atterrir sans vitesse. Il ne faut pas oublier que c'est aux abords du sol que les traîtrises de l'air sont les plus fréquentes et que ses effets sont les plus redoutables, puisque l'espace manque pour opérer un redressement.

Ajoutons que tout défaut de fonctionnement entraîne à coup sûr une catastrophe.

La deuxième méthode d'atterrissage est celle du raccordement progressif : l'atterrissage tangentiel. C'est la méthode qui est exclusivement employée dans l'état actuel de l'aviation. Dans cette méthode, l'appareil descendant en vol plané vient se poser pro-

gressivement sur un sol plan, par l'intermédiaire d'un organe approprié qui est en général un châssis de roulement.

La critique de cette méthode mérite un chapitre spécial.

11

LE PROCÈS DU CHASSIS DE ROULEMENT

Ce qui manquait à l'homme pour pouvoir quitter le sol est enfin apparu ; le moteur léger n'est pas encore tout à fait au point, cependant son fonctionnement est déjà très suffisant pour effectuer quelques bonds, quelques timides envolées. Mais il faut partir et arriver, il faut perdre et reprendre contact avec l'appui-terre.

Dans sa hâte compréhensible de réaliser enfin ses aspirations millénaires, il ne se met pas en quête d'imagination et il adopte purement et simplement les procédés de la locomotion terrienne.

Et ceci semble, d'ailleurs, logique, puisqu'il s'agit tout d'abord de se sustenter par la terre, d'utiliser l'organe idoine : la roue.

Elle présente bien des avantages : elle est simple, elle s'harmonise bien avec l'hélice, dans le démarrage, pour le développement des efforts de traction considérables nécessités, non pas tant de son fait que de celui des forces d'inertie des masses à mettre en mouvement. Presque tous les chercheurs l'ont adoptée dans leurs essais. Les frères Wright et quelques autres employèrent des procédés différents et qui, dans leur genre et surtout dans leur réalisation, étaient aussi précaires. Mais ce qu'il faut faire ressortir,

c'est que les grands précurseurs américains, à une époque où l'aviation naissait et où la formule du vol intégral sans restrictions était triomphante, semblaient déjà sentir a priori qu'il ne fallait pas demander à l'aviation plus qu'elle ne peut donner. Les procédés des Wright ont été abandonnés, ils sont condamnés : on leur reproche toutes les sujétions auxquelles ils astreignent, toutes les contraintes qui en résultent et qui limitent l'utilisation de la machine volante. Ces procédés spéciaux ne sont, d'ailleurs, pour le moment que des embryons de solution et, actuellement, le châssis de roulement triomphe.

Si l'on proposait à un conducteur de voiture automobile de se lancer à toute vitesse dans un champ présentant des ornières, des obstacles, souvent non reconnus, il est probable qu'il déclinerait cette invitation subversive. Il dirait à bon droit : La roue est faite pour la route.

Et, cependant, chaque jour, nos aviateurs sont contraints de rouler dans des conditions plus délicates encore, parce que le centre de gravité d'un avion est beaucoup plus élevé que celui d'une automobile et que le capotage les guette constamment. C'est l'un des accidents classiques inhérents à l'atterrissage par roulement et plus généralement à l'atterrissage que nous qualifierons de tangentiel.

Admettons même que partout où il désire se poser, l'aviateur trouve un terrain absolument propice, sans aucun obstacle, un billard. Eh bien ! l'atterrissage tangentiel serait encore très dangereux.

C'est qu'il comporte à un haut degré cette période intermédiaire, ce passage progressif de l'appui-air à l'appui-terre, mo-

ment critique où le pilote est à la merci d'un caprice de l'atmosphère, sans qu'il puisse agir d'une façon efficace contre cet ennemi sournois.

Abandonnez un avion dans un champ. Revenez trois mois après. Il est infiniment probable que vous le retrouverez assez loin de son point de stationnement, les roues en l'air, les ailes brisées. C'est que, dans ce laps de temps, bien certainement, les conditions atmosphériques auront été au moins une fois telles que, bien qu'il repose sur ses organes de sustentation par appui-terre, bien qu'il soit à ce moment un terrien et rien qu'un terrien, l'avion a subi l'influence de l'air parasite qui a été assez fort pour faire sentir sa prépondérance.

Voilà ce qui ne devrait pas se produire dans un état de choses logiques. Il faut un terrible cyclone pour renverser une automobile ou une locomotive ; il suffit d'un bon zéphir pour retourner un avion.

De deux choses l'une : ou l'avion est en l'air et il règne, il triomphe par la vitesse ou bien il fait retour à la terre et il doit prendre une liaison immédiate et immuable avec son appui. Il ne doit pas y avoir de période de transition : c'est d'elle que viennent la plupart des catastrophes.

Mettre des roues à un avion est une hérésie, une monstruosité mécanique. Cela a été commode pendant la période héroïque des tâtonnements, mais il faudrait maintenant songer sérieusement à abandonner ce moyen de fortune.

Et ce n'est pas le technicien qui tique le plus sur la roue : c'est… l'artiste ! Voyez une illustration où l'avion est représenté avec la fantaisie personnelle de l'auteur : presque toujours le

châssis d'atterrissage est dissimulé, ou, s'il est représenté, ce n'est qu'une vague esquisse, on dirait que l'artiste en a honte.

C'est que l'art, comme la logique, est ami du beau et qu'il faut bien convenir que le châssis de roulement, cette voiture sous cet oiseau, n'est pas beau.

12

LE PARACHUTE

Le parachute est peut-être le seul dispositif de sécurité qui ait été sérieusement étudié depuis les débuts de l'aéronautique. Il n'est pas un appareil d'usage et de fonctionnement courants ; on le considère plutôt, et à juste titre, comme un moyen d'urgence. En somme, il n'est qu'un appareil de sauvetage.

Dès l'apparition du ballon sphérique, on a appliqué le parachute ; nombreuses sont les descentes réussies. Puis il est tombé presque complètement en désuétude.

L'aviation l'a remis en faveur et d'aucuns y ont cherché la solution de la question de la sécurité, question si importante, à laquelle est lié « l'avenir de l'aviation civile. Encore une fois, le parachuté n'a été qu'un expédient et tous les essais d'adaptation à l'avion ont échoué.

Cependant le parachute conserve un intérêt indéniable pour le ballon libre et surtout pour le ballon captif, le Drachen.

Tous les corps qui tombent en chute libre dans l'atmosphère trouvent, tôt ou tard, un état de régime de descente à vitesse

constante, qui est fonction de leur forme et de leur poids.

Le choix des caractéristiques du parachute a été évidemment guidé par un souci primordial : celui d'avoir une vitesse de descente telle que le contact du personnel sauvé, avec le sol, se fasse à une vitesse non dangereuse. L'expérience a fixé cette vitesse aux alentours de trois mètres à la seconde et, pratiquement, cela conduit à développer une surface de parachute d'un peu plus de 1 m par kilog. descendu. Dans de telles conditions, bien que le poids soit réduit au minimum, bien qu'on se contente strictement de sauver le personnel, on est conduit à adapter des surfaces de parachute considérables, difficiles à développer, encombrantes ; et l'on obtient une descente lente, instable, avec une grande dérive dans le vent.

Nous allons voir, une fois de plus, ce que peut faire la vitesse en aéronautique. Supposons que l'on puisse quadrupler la vitesse du parachute : sa surface devient, toutes choses égales d'ailleurs, seize fois plus petite ; il suffit d'un grand parapluie pour descendre un homme ! Le parachute peut rester constamment ouvert, affecter une forme rigide et les chances de non développement sont annihilées. Un déclic, de fonctionnement très sûr, le libère du ballon en temps voulu et il descend avec une grande stabilité, du fait de sa vitesse ; la dérive dans le vent est très faible, il évite rapidement le ballon ce qui est intéressant en cas d'incendie ; il tombe toujours près du poste d'amarrage du Drachen, il ne descend jamais le pilote chez l'ennemi ; enfin sa vitesse passe progressivement de o à la vitesse de régime sans qu'existe cette période angoissante dans laquelle le parachute, ne s'étant pas encore développé, prend une vitesse assez grande, suivie d'un ralentissement brutal, d'un à-coup, au moment où il

se développe. Nul doute que nos courageux observateurs préféreraient avoir seulement à actionner un déclic pour descendre avec leur nacelle, plutôt que se jeter dans le vide, ainsi qu'ils ont accoutumé de le faire.

Mais tout ceci est subordonné à la possibilité d'aborder le sol à des vitesses de 10 à 12 mètres à la seconde, quelque chose comme 40 kilomètres à l'heure. Il faut être bien persuadé que la chose est parfaitement possible et facilement réalisable en dotant la nacelle d'un dispositif d'amortissement, d'une matelassure de préférence pneumatique et, par conséquent, très légère : une sorte de ballonnet enrobant la nacelle et se dégonflant progressivement à l'atterrissage, par le jeu de valves spécialement aménagées à cet effet. Le dégonflement a pour but d'empêcher le rebondissement et le traînage au sol, dans de cas de vent notable.

Cette question de l'amortissement de la nacelle du parachute amorce celle de l'amortissement de l'avion qui doit être un autoparachute.

13

Un procédé d'atterrissage sûr doit satisfaire aux exigences suivantes :

1 Maintien de la stabilité, c'est-à-dire de la vitesse, jusqu'au contact avec le sol ;

2 Suppression de la période de transition que comporte l'atterrissage tangentiel ;

3 Suppression du danger de capotage que comporte l'atterrissage tangentiel.

En somme, il ne reste qu'une alternative : c'est la chute, la chute voulue, méthodique. Il faut bien se pénétrer que toujours, sous une forme ou sous une autre, la chute guettera l'aviateur. Il faut prévoir ce que l'on ne peut empêcher ; il faut donc prévoir la chute, en faire un événement ordinaire, banal, courant, inoffensif. C'est impossible, dira-t-on ? Ce serait à désespérer de la sécurité de l'aviation.

Mais la chose n'est pas impossible, bien loin de là ; la question est parfaitement soluble, il faudrait seulement s'y intéresser, l'étudier, la résoudre, et ne pas la rejeter a priori, alors que, froidement, chaque jour, à chaque instant, on accepte le risque constant, immense, effroyable, de chutes fantastiques faites sans qu'aucune précaution sérieuse ait été prise pour en atténuer les effets. C'est l'atterrissage piqué, bien redouté des aviateurs, que nous appellerons atterrissage incident, par opposition à l'atterrissage tangentiel. En principe, l'atterrissage incident doit s'effectuer dans un sol meuble, préparé à l'avance : une terre profondément labourée par exemple. Cette terre meuble doit être pour l'avion spécialement étudiée, une matelassure amortissant le premier choc par l'enfoncement d'un soc effilé. Nous donnerons au Chapitre XIV quelques précisions sur la conception de cette manœuvre dont l'assise d'une pièce de 75 sur ses bêches, au premier coup, après l'abattage, peut donner une idée première. C'est un phénomène bien connu des artilleurs, qu'à ce premier coup, le frein hydro-pneumatique n'agit que partiellement, parce que l'enfoncement des bêches dans le sol concourt dans une proportion importante à l'amortissement du recul de la pièce.

Voilà pour l'atterrissage normal sur le terrain prévu. Reste l'atterrissage fortuit. Ici intervient une des principales restrictions qu'entraînera l'application pratique de l'aviation : la nécessité de suivre des routes déterminées et connues. L'atterrissage fortuit sera rendu extrêmement rare par l'amélioration du fonctionnement des propulseurs et la multiplicité de ceux-ci, et pour l'éventualité très faible de l'atterrissage fortuit en terrain reconnu, mais non aménagé, il suffira de prévoir un dispositif de plus facile rupture, un « fusible », un frein d'urgence qui limitera et même évitera les accidents matériels et permettra de maintenir aux dispositifs spéciaux prévus pour l'amortissement du personnel, leur fonctionnement normal.

La grosse objection qu'opposent à l'atterrissage incident ceux qui veulent bien en admettre la possibilité est : On ne pourra pas repartir !

C'est le reproche adressé au train de glissement des frères Wright. Leur méthode, dite méthode américaine, a été abandonnée et c'est la méthode française du train de roulement qui triomphe actuellement.

Cependant, dans les procédés d'atterrissage, aussi bien que dans les procédés d'essor des Wright, il y avait une idée directrice qui impliquait une conception déterminée de l'aviation, de ses possibilités, de son utilisation. Les Wright admettaient a priori qu'il fallait partir de lieux déterminés, de postes de lancement ; ils admettaient aussi qu'en principe l'on doit revenir atterrir aux environs du point de départ. Remarquons que c'est vers cette formule que l'on tend de plus en plus, en s'efforçant d'augmenter la sûreté de fonctionnement des propulseurs et de rendre extrêmement faible la chance de la fâcheuse panne.

On commence à comprendre que la faculté d'atterrir n'importe où et de repartir, que le châssis de roulement est censé fournir, est illusoire. Ce qu'il faut, avant tout, c'est obtenir l'atterrissage sûr et toutes les restrictions que peut comporter son obtention s'effacent devant l'importance de la question impérieuse de la sécurité.

14

Si Monsieur de la Palice s'est jamais occupé d'Aéronautique, il a bien certainement émis la proposition suivante : « Quand on s'élève dans les airs, on risque de tomber » et si, à l'encontre du mépris héroïque professé par ses contemporains pour cette évidente vérité, il s'est imposé comme règle de rester à terre tant que ne seraient pas trouvés les moyens propres à conjurer ce risque, il a agi en sage.

Il faut constater que de tout temps, on s'est relativement peu préoccupé de la question des chutes et des méthodes susceptibles de les rendre inoffensives. Est-ce parce que la solution à ce problème ne se présentait pas à l'esprit ? Est-ce parce que l'on estimait impossible la réalisation de dispositifs pratiques et qu'en conséquence on cherchait seulement à éviter, sans prévoir ? Toujours est-il que la question est à peine ébauchée. Elle est cependant très intéressante et mérite d'être retenue sérieusement. D'elle dépend, en grande partie, la sécurité de l'aéronautique et particulièrement de l'aviation.

Tomber est une éventualité qu'il est impossible d'éluder, c'est un risque continuel qui ne peut être supprimé. Rien ne sert de le

négliger, de l'ignorer : toujours, sous une forme ou sous une autre, il reparaîtra, et dans des conditions d'autant plus redoutables qu'il aura été plus méconnu.

La question de l'amortissement des chutes est un problème autonome, bien défini, qui peut être traité indépendamment de toute autre préoccupation. C'est une étude spéciale, en marge de l'aéronautique, qui doit être traitée à son heure, laquelle serait la mieux située avant toute recherche aéronautique, en un chapitre qui serait une préface.

L'étude de l'amortissement des chutes intéresse le personnel et le matériel avec lequel il est en liaison. Nous examinerons tout d'abord quelques généralités sur les chocs et les percussions, puis nous essaierons de déterminer leur limite pratique admissible pour que leurs effets physiologiques, sur le personnel restent inoffensifs. Armé des quelques données qui seront les déductions de cet examen, nous verrons dans le chapitre suivant, les dispositifs qu'il conviendrait, d'adopter pour que le matériel puisse satisfaire à ce double désideratum : résister lui-même et placer le personnel dans les conditions requises.

Le choc absolu serait le phénomène qui résulterait de l'absorption de toute la puissance vive d'un corps matériel animé d'une certaine vitesse, dans le cas où il n'y aurait pas déplacement pendant le phénomène ; autrement dit, où la vitesse passerait instantanément et rigoureusement d'une valeur finie à 0.

Théoriquement, le cas n'est pas impossible : il correspond à une transformation intégrale de l'énergie cinétique en une autre forme, telle que la chaleur, sans formation de travail mécanique (il ne peut y avoir travail puisqu'il n'y a pas déplacement).

Pratiquement, le choc absolu n'existe pas, car il y a toujours déplacement, parce que la matière possède une propriété précieuse : l'élasticité et, qu'en conséquence, les déformations élastiques, voire même les déformations permanentes, produisent toujours un déplacement des molécules se traduisant par un travail. C'est là un état de choses bien heureux car, sans élasticité, nous serions bien fragiles et casserions constamment.

On trouve donc, dans tout choc, un déplacement plus ou moins grand et, si l'on met à part l'énergie transformée en chaleur, il reste une autre fraction qui est transformée en travail. Nous connaissons le déplacement de la force qui accomplit ce travail et nous pouvons en déduire, par une simple division, la valeur de cette force ; valeur moyenne, bien entendu, car la valeur de la force opposante, de la réaction qui produit le choc peut être variable, progressive ou dégressive et il en résulte que la force d'inertie qui caractérise le choc est également variable. Si l'on rapporte la force qui agit à l'unité de poids du système soumis au choc, on obtient un nombre abstrait, sans dimensions, un simple rapport qui caractérise l'intensité moyenne du choc : c'est la percussion. Et nous dirons qu'un corps subit une percussion de 3, si les forces d'inertie développées par le choc valent, en chaque molécule, trois fois le poids de la masse de la molécule considérée.

En somme, un choc n'est qu'un freinage et nous retrouvons les deux caractéristiques de ce phénomène : course de freinage et force de freinage. La course est beaucoup plus ; petite et la force beaucoup plus grande, relativement, que dans les freinages aux intensités desquelles nous sommes accoutumés, mais le phénomène reste le même.

Les freinages les plus usuels sont ceux que l'on observe sur les véhicules roulants, tels que les automobiles et les trains de chemin de fer. La force antagoniste qui est utilisée pour produire le freinage est la force de frottement obtenue par pression soit sur le bandage des roues, soit sur le moyeu. Cette force a une intensité maxima qui limite l'intensité du freinage et la percussion qui en résulte : c'est l'adhérence des jantes sur la route ou sur le rail, laquelle est caractérisée par ce qu'on appelle le coefficient d'adhérence ou de frottement, rapport entre les forces tangentielles maxima que l'on peut développer sans qu'il y ait glissement, et le poids appliqué sur les roues freinées. Ce coefficient, dans les circonstances d'adhérence les plus favorables, ne dépasse pas un quart, et il mesure directement la percussion subie. On peut ainsi énoncer ce théorème : dans un freinage à bloc, la percussion subie est égale au coefficient de frottement.

Chacun a pu constater que les percussions ressenties dans les freinages ne sont aucunement gênantes : on a la sensation de l'existence des forces d'inertie qui tendent à déplacer dans le sens du mouvement, mais il est très facile de lutter contre elles.

Il est certain que l'on peut augmenter considérablement l'intensité d'un freinage sans causer de troubles dans l'organisme. Mais dans quelle proportion ? Où convient-il de s'arrêter ? Nous entrons immédiatement dans le domaine de l'inconnu, ou à peu près. Rien de pratique n'a été réalisé dans cette voie, pour la raison bien simple que, jusqu'alors, c'était inutile dans les besoins de la vie courante terrienne.

Nous possédons cependant quelques vagues points de repère dans la gamme des percussions qui va du freinage usuel au choc

brutal résultant de la chute libre du corps humain. On peut citer, entre autres, les trois cas suivants :

Un homme de taille et de poids moyens qui saute de sa hauteur et amortit sa chute par le fléchissement des jarrets, subit une percussion de 1 environ, encore négligeons-nous le contre-choc produit sur les avant-jambes, jusqu'aux genoux, qui ont un amortissement beaucoup plus dur, surtout si le terrain n'est pas meuble et si le sujet n'a pas suivi les conseils de son professeur de gymnastique qui recommande de se recevoir sur la pointe des pieds, car alors, le choc des talons se transmet par la colonne vertébrale jusqu'au cerveau et est fort désagréable. Il correspond certainement à une percussion beaucoup plus forte que celle que nous indiquons.

Pour le gymnasiarque qui se jette de la frise d'un cirque dans un filet amortisseur, la percussion atteint facilement 5 et, pour certains records de plongeons, elle semble dépasser 10. Remarquons qu'il y a lieu de distinguer entre les percussions moyennes et les percussions maxima. Dans les cas du sauteur, le ressort des jarrets agit avec une force sensiblement constante, mais dans les deux autres cas analysés, il ne paraît pas en être ainsi. Pour le gymnasiarque, le filet offre un amortissement à intensité nettement progressive, les forces élastiques développées dans le filet, qui se tend, allant constamment en augmentant, pour être maxima en fin de course. Cette progression de l'intensité du freinage serait favorable, à condition qu'elle ne soit pas exagérée. Pour le plongeur, la résistance de l'eau donne au phénomène de freinage une allure complexe, car, d'une part, pendant la période d'immersion, ce que l'on appelle le plan normal équivalent à la résistance du corps par rapport à l'eau, va en augmentant (nous sup-

posons que le plongeur a la position classique : les bras étendus en avant, protégeant la tête) et, d'autre part, la résistance spécifique de l'eau décroît rapidement, puisque la vitesse décroît. La percussion doit croître rapidement de o à un maximum, pour décroître ensuite assez lentement jusqu'à o.

Il est certain que cette analyse succincte ne permet que des déductions assez vagues. Nous ne retiendrons que cette constatation indiscutable : le corps humain est susceptible de subir des percussions d'un ordre beaucoup plus élevé que celles qui sont ressenties dans les freinages habituels.

Les exemples que nous avons cités relèvent plus ou moins de l'Acrobatie. Dans acrobatie, il y a deux choses : il y a adresse et il y a danger, celle-ci devant conjurer celui-là. Mais d'ailleurs, l'aviation ne comporte-t-elle pas actuellement ces deux facteurs ? Ce que l'on doit retenir, c'est que, dans certaines conditions, le corps humain peut supporter certaines épreuves et qu'il doit pouvoir les supporter dans des conditions similaires pour lesquelles l'acrobatie n'entrerait pas en jeu, qui ne nécessiteraient aucune adresse, aucune manœuvre même et qui, en supposant la réalisation de dispositifs à fonctionnement sûr, ne feraient encourir aucun danger, c'est-à-dire n'entraîneraient aucun trouble dans l'organisme.

Dans les limites, encore imprécises, des percussions maxima que l'on peut adopter, il convient de distinguer deux échelons : d'abord les percussions correspondant à des arrêts que nous appellerons confortables, c'est-à-dire n'apportant aucune gêne, aucun trouble et même aucune sensation désagréable. C'est le chiffre qu'il conviendrait d'adopter pour les cas usuels, les cas normaux. Ensuite, les percussions correspondant à des arrêts

d'urgence, pouvant s'imposer dans certaines circonstances et pour lesquelles on peut adopter un chiffre plus fort, donnant un arrêt plus brusque, pouvant produire un étourdissement plus ou moins accentué (on pourrait citer dans le domaine de l'aviation maints exemples d'arrêts extrêmement brusques restés inoffensifs).

Il serait téméraire d'assigner à ces deux limites, des chiffres précis. Le problème est seulement posé, il n'est pas résolu et il relève du domaine de la physiologie. L'expérience, tentée sur l'animal, se rapprochant autant que possible de la conformation et de la masse de l'homme, serait extrêmement intéressante. On peut imaginer un certain nombre de dispositifs ; l'un d'eux qui semble assez simple dérive de la chute libre : le sujet d'expérience est suspendu par un câble s'enroulant sur un treuil et, pendant la descente, celui-ci est brusquement freiné ; les percussions, les courses de freinage et les vitesses sont automatiquement enregistrées par des dispositifs, extrêmement simples, qui ont été décrits dans l'Aérophile.

L'intérêt de ces recherches serait, non seulement de déterminer les percussions qu'il ne faut pas dépasser, mais également la position et les dispositifs d'arrimage optima qu'il convient d'adopter pour le personnel. Cette position et ces dispositifs, suivant qu'ils sont plus ou moins judicieux, influent favorablement ou défavorablement et probablement dans une proportion importante sur le maximum admissible pour les percussions. C'est que le corps humain est une construction extraordinaire : bien délicate, bien fragile dans certaines circonstances, il résiste prodigieusement dans d'autres plus favorables. N'a-t-on pas vu un homme supporter une automobile chargée de quatre personnes ?

Il s'agissait évidemment, d'un sujet particulièrement résistant, d'un hercule, mais, toutes proportions gardées, un malingre réaliserait encore un bel exploit dans le même ordre de choses. Il faut remarquer qu'ici, il ne s'agit, pas d'un choc, mais d'un effort continu : nous ne sommes pas en dynamique, mais en statique. Toutefois, la considération de la percussion, ou de la force instantanée d'inertie, ramène le cas de la dynamique à celui de la statique et permet, dans une certaine mesure, une assimilation à ce dernier cas.

Voici un homme de 100 kilogrammes, couché horizontalement, qui supporte une charge de 1500 kilog. En supposant la charge uniformément répartie, ce qui n'est pas le cas, il subit une réaction qui est l'analogue d'une percussion de 15. Il y a assimilation complète avec le cas de l'amortissement, en ce qui concerne le système des forces extérieures, mais il n'en est pas de même en ce qui concerne le système antagoniste qui, dans le cas statique, est constitué par les réactions du point d'appui : en l'espèce, le plancher et les matelassures qui supportent le sujet couché et, dans le cas dynamique, par les forces d'inertie développées pendant le freinage dans le corps du sujet. Dans le cas statique, le corps est comprimé entre un système d'action et de réaction égales et directement opposées, et ses organes intérieurs, dans les régions où l'enveloppe est rigide, restent en repos. Ainsi, par exemple, si une partie de la charge est supportée par le crâne, l'action portant sur le front et la réaction sur la partie arrière du crâne dans le cas statique, le cerveau, enfermé dans sa boîte rigide et indéformable (jusqu'à une certaine limite) ne subira aucune percussion et aucun effort, il restera au repos ; tandis que, dans le cas dynamique, la pression extérieure sur le front fera équilibre non seulement aux forces d'inertie de la boîte crâ-

nienne, mais également à celles qui seront développées dans le cerveau.

Pour les charges portant sur des parties du corps non rigides, déformables, comme la ceinture, il y a, au contraire, assimilation presque complète, car alors, dans le cas statique, les organes intérieurs, comme l'intestin, supportent en partie la pression.

On voit immédiatement, par cet aperçu, l'importance des modes d'application des forces de réaction, de l'arrimage. Et, d'abord, quelle est la meilleure position à donner au corps ? Elle doit être telle que la répartition des forces porte sur la plus grande surface possible afin de réduire la pression unitaire, et plus particulièrement dans les parties les plus délicates : la tête et le tronc. La position assise, les jambes repliées ou étendues comme sur la chaise longue, paraît la plus favorable et cette dernière a l'avantage de diminuer l'encombrement en hauteur, question de construction liée à celle de la traction par la considération de la moindre résistance à l'avancement. Des dispositifs de fixation tels que les ceintures, les bretelles, sont insuffisants, encore que dans certains cas, malgré leur précarité, ils se soient montrés déjà très efficaces. Il faut à ce sujet, comme exemple, rappeler un atterrissage fantastique survenu à Guynemer et dont il a donné une relation. Nous en extrayons le passage suivant, pris dans un grand quotidien :

« La chute continuait, les commandes ne répondaient pas à tous mes efforts. Rien n'y faisait, j'avais beau manœuvrer à droite, à gauche, pousser, tirer, je n'obtenais aucun effet. Le bolide ne ralentissait pas, j'étais attiré invisiblement vers le sol où j'allais m'écraser.

« Le voici ! Un dernier geste brutal, mais vain, je ferme les yeux, je vois la terre, je me pique dans un terrain à 180 kilomètres à l'heure, en pylône. Un retentissant craquement, une forte commotion, je regarde : il ne reste plus rien de mon appareil.

« Comment suis-je encore vivant ? Je me le demande. Je crois que ce sont les bretelles qui me tenaient à mon siège qui m'ont sauvé. Par contre, elles étaient incrustées dans mes épaules. Mais vraiment, en réfléchissant bien, sans elles je serais mort à l'heure actuelle. »

Les bretelles se sont incrustées dans les épaules ! Quelle peut bien être la valeur de la percussion ressentie ? Elle est probablement très supérieure aux chiffres que nous avons timidement avancés et quelles possibilités laisse entrevoir un pareil exemple, lorsque des moyens beaucoup plus efficaces seraient mis en jeu !

Mais l'examen de ces moyens, c'est-à-dire des liaisons entre le personnel et le matériel, est intimement lié à la question de la résistance de ce matériel, dont il n'a pas encore été question.

15

QUELQUES INDICATIONS SUR LES PROCÉDÉS D'AMORTISSEMENT RAPIDE

Ayant examiné la question de l'amortissement, du point de vue théorique, voyons, maintenant, s'il est possible de satisfaire les desiderata exposés en appliquant la méthode de l'atterrissage incident.

Reconnaissons immédiatement que dans l'état actuel de l'aviation, la chose est encore difficile.

Il faut, tout d'abord, construire un appareil suffisamment robuste pour supporter le choc ; or, nous savons par l'expérience ce qu'il advient lorsqu'un avion choit. Il convient cependant, de distinguer, de classifier les genres d'appareil, d'une part, les genres de chute, d'autre part. Eliminons, en premier lieu, les grands appareils lents, les plus géants, les plus fragiles et confinons-nous seulement dans l'examen des appareils rapides, les plus rapides, pour lesquels, précisément, l'atterrissage tangentiel est le plus délicat.

Le seul genre de chute que nous examinerons est l'apiquage qui est, ce que l'on pourrait appeler, la chute rationnelle, celle que doit esquisser et exécuter tout avion bien équilibré.

On a vu fréquemment un appareil de ce genre piquer accidentellement, se ficher en terre et, en somme, présenter des avaries peu importantes. Cependant, rien n'avait été prévu pour une telle manœuvre.

Il est même arrivé des circonstances, presque miraculeuses à vrai dire, mais cependant tout à fait remarquables, où le pilote s'en est tiré à bon compte. Rappelons l'exemple d'un atterrissage fantastique de Guynemer, cité page 75.

Voyons comment il conviendrait de modifier la construction de l'avion pour prévoir l'apiquage. En émettant des idées d'avant-garde, il est impossible de prétendre préciser un tel problème et en donner une solution, même approximative. On peut, tout au plus, poser quelques principes, quelques directives.

Et, d'abord, dans un freinage à accélération intense, il y a lieu de séparer, de serier les masses à amortir, suivant leur degré de fragilité, suivant les percussions plus ou moins grandes qu'elles sont susceptibles d'encaisser sans dommage. Voilà, certes, une considération qui ne s'était jamais imposée jusque-là dans l'étude du freinage d'un véhicule quelconque, d'une automobile, par exemple, ou d'un train de chemin de fer, qui sont, semble-t-il, les véhicules à bord desquels on freine avec les retardations les plus intenses. Mais là, c'est la même percussion que subit le bloc robuste du moteur et la délicate masse de la belle voyageuse blottie sur les coussins. L'amortissement est prévu à la mesure des masses les plus fragiles et les autres masses profitent d'un luxe que permettent les conditions techniques du freinage.

Mais à bord de l'avion, les conditions sont toutes différentes : il faut amortir très rapidement un nombre formidable de kilogrammètres et aucun luxe n'est plus permis dans la répartition des courses d'amortissement ; il faut que chaque partie encaisse le choc le plus rude possible, au prorata de sa solidité, de façon que les dispositifs, les organes de freinage soient aussi simples, aussi légers que possible. Il est rationnel de sérier les masses : nous en avons une première, celle du propulseur et du combustible qui représente une très importante proportion du poids total et qui peut être rassemblée en un bloc rigide, par lequel nous admettons un amortissement ayant quelque analogie avec celui d'un obus plongeant en terre. Entendons-nous, cependant : il s'agit d'une vitesse d'atterrissage qui est de l'ordre 10 par rapport à celle de l'obus et, par conséquent, toutes choses égales d'ailleurs, d'une puissance vive de l'ordre 10 par rapport à celle de l'obus. Autrement dit, la puissance vive d'une certaine masse est, ici, de l'ordre du centième de la puissance vive de la même

masse de l'obus. C'est évidemment une différence sensible et la réalisation de circonstances éminemment plus favorables.

Entre cette première masse ainsi amortie par une simple matelassure de terre et le corps du fuselage avec ses surfaces portantes, deuxième masse déjà plus délicate, nous interposerons un système amortisseur, un frein à course assez faible et à grande puissance. Enfin, la troisième série de masses, celle qui est de beaucoup la plus fragile, le personnel, disposera d'un nouvel amortissement, à longue course de plusieurs mètres, en glissant le long du fuselage.

Quelle que soit la mesure dans laquelle ces conceptions peuvent être utilement appliquées, il convient de les envisager non pas sous la forme finale optima, mais au préalable, sous tous les aspects transitoires qui sont nécessaires.

On a vu l'automobile évoluer dans sa forme en partant d'un résultat bien acquis : la voiture à traction animée. La première automobile n'était pas autre chose qu'une de ces voitures sur laquelle on avait disposé un moteur. Puis, petit à petit, tous les inconvénients, tous les défauts de cette première conception se sont corrigés et l'automobile a pris sa silhouette propre ; les roues arrière, qui étaient de grandes dimensions pour des raisons de diminution de coefficient de frottement avec des paliers lisses, ont peu à peu diminué de diamètre, pour devenir égales aux roues avant. C'était là une réforme tout à fait logique, puisque la transmission mécanique de l'automobile doit procéder par réduction de vitesse angulaire entre le moteur et la jante et qu'il y avait, en conséquence, intérêt à réduire le diamètre de celle-ci, étant entendu que l'inconvénient des petites roues, relatif aux

frottements plus grands, était extrêmement atténué par l'emploi du roulement à billes.

En même temps que les roues s'égalisaient, l'empattement augmentait, grâce à l'emploi de l'acier embouti. Finalement, l'automobile moderne ne rappelait plus que de bien loin l'antique véhicule qui avait servi à la concevoir.

Bien certainement, nous assisterons à une évolution analogue et encore plus caractérisée, avec l'avion qui paraît avoir eu l'oiseau pour premier modèle.

Un jour, sans doute, après bien des hésitations, un constructeur avisé tentera un essai de suppression de châssis de roulement. Il choisira de préférence un petit avion de chasse très rapide pour lequel, précisément, le train de roues est un bien médiocre dispositif d'atterrissage. Il faudra, dans un premier essai, consentir une diminution de poids utile, sacrifier une partie de l'armement, une partie du combustible, c'est-à-dire du rayon d'action et ce poids récupéré, auquel il convient d'ajouter celui du train d'atterrissage supprimé, ce poids disponible sera, avant tout, employé au renforcement du fuselage et des surfaces portantes, à la suppression absolue de tous les haubans et fils tendeurs qui ne sont que des artifices. Et le constructeur sera amené à faire quelque chose en bois contreplaqué ou en aluminium, en s'attachant à faire solide et simple, et à obtenir une forme de bon projectile, sans aucune aspérité, poli, qui permettra de diminuer, dans des proportions énormes, le coefficient de traction et d'obtenir une vitesse plus grande, à puissance égale déployée, ou une vitesse égale avec une puissance moins élevée. Bien vite sera récupérée la perte de poids utile que le premier tâtonnement avait exigée.

Tout le groupe moto-propulseur, avec le moteur, l'hélice, le réservoir de combustible, sera disposé dans une sorte d'obus en tôle d'acier à avant très effilé. Le plan de l'hélice coupe fâcheusement l'axe longitudinal et, d'autre part, il est évidemment impossible de maintenir celle-ci à l'avant ; l'hélice sera donc placée à l'arrière du bloc ainsi constitué et il faudra que le fuselage, le corps de l'appareil vienne prendre appui élastique sur cette embase, tout en laissant libre le champ de l'hélice.

De nombreuses solutions peuvent être envisagées, avec appareils mono ou bi-moteurs. Sans entrer dans des précisions sur l'une ou l'autre de ces solutions qui ont été esquissées par des croquis parus dans l'Aérophile, nous voulons seulement examiner la question des amortisseurs qui peuvent être éventuellement utilisés pour obtenir une liaison suffisamment élastique entre le corps du fuselage et le groupe moto-propulseur.

Ces appareils doivent être simples, robustes, légers, autant que possible, et à grande puissance, c'est-à-dire capables d'encaisser un grand nombre de kilogrammètres sous une course médiocre : de l'ordre d'un mètre.

On peut faire appel aux propriétés physiques ou mécaniques de la matière. Dans la première classe, nous trouverons tous les freins à frottement par corps solides ou liquides. Les freins hydrauliques employés en artillerie sont peut-être appelés, dans l'avenir, à jouer un rôle en aviation — bien que leur poids, qu'il est difficile de réduire, soit un gros obstacle. D'autre part, leur fonctionnement est ce que l'on pourrait appeler luxueux, en ce sens qu'il permet une répétition fréquente et multiple des opérations, qualité précieuse en artillerie, mais bien superflue pour

amortir la masse d'un avion et fonctionner une seule fois à chaque sortie.

Il est donc inutile de rechercher des dispositifs compliqués, et il est préférable de considérer le frein de fuselage comme un appareil de secours ne permettant pas une répétition de fonctionnement sans un nouveau réglage. C'est ainsi qu'on pourra prévoir comme dispositif un emmanchement à force par la presse hydraulique, qui cédera sous un effort déterminé et qui devra être réglé avant un nouveau voyage. On pourra aussi faire appel aux déformations permanentes de la matière, qui permettent d'emmagasiner beaucoup plus d'énergie que les déformations, élastiques : par exemple, on utilisera la ductilité d'un fil de cuivre recuit. L'étirage de ce fil dans une filière permettra de créer un effort résistant considérable sous un faible poids.

Enfin, pour les petits appareils, il n'est pas impossible de se contenter des propriétés élastiques de la matière. Les Sandow et les ressorts d'acier joueront sans doute un rôle dans la période de transition ; leur poids ne paraît pas devoir être prohibitif.

Reste enfin à examiner la question des liaisons entre le matériel et le personnel. Ici, il faut prévoir une liaison élastique à très longue course : plusieurs mètres. Étant admis que le fuselage est une membrure rigide le long de laquelle peut se déplacer un berceau matelassé, logement du pilote, ce berceau sera en liaison avec le fuselage soit par tension, soit par compression. Dans le premier cas, le berceau sera retenu par un câble prenant appui élastique direct sur l'arrière du fuselage, ou un appui indirect sur l'avant, par poulie de renvoi sur l'arrière. Le câble sera freiné soit par un dispositif à frottement, soit par un Sandow. Dans ce dernier procédé, de même que dans tous ceux qui font intervenir

l'élasticité, il faut prévoir un organe empêchant la réversibilité, c'est-à-dire le retour en arrière, qui serait très dangereux.

Tous ces dispositifs agissant par traction présentent le danger de rupture, même avec les doubles ou triples commandes. Le dispositif par compression paraît plus sûr. Il s'agit, en somme, de réaliser une matelassure à longue course ; mais l'emploi des matériaux solides habituellement réservés à cet usage, tels que le crin, la laine, n'auraient pas une élasticité suffisante et exigeraient, par leur volume, une masse trop considérable. L'air comprimé, la matelassure pneumatique donnent la solution élégante ; il faut seulement prévoir un dégonflement progressif au moyen d'une valve réglée, ceci dans le but d'empêcher le freinage d'être trop progressif et d'éviter la réversibilité. On reprochera à cette matelassure qui devra rester adhérente au fuselage tout en se repliant sur elle-même au moment du freinage, d'être un dispositif peu mécanique et on sera amené à lui substituer un véritable frein pneumatique, à corps de piston faisant fuselage et tige de piston, guidée, portant en bout le logement du pilote et l'empennage arrière, avec toutes ses commandes. Il faut, incidemment, remarquer que le rejet du pilote presque à l'arrière de l'appareil n'aura que des avantages au point de vue de l'équilibrage et aussi au point de vue des commandes qui seront extrêmement simples lorsque le pilote sera à proximité immédiate des gouvernails de profondeur et de direction.

Peu à peu, la construction évoluera et l'avion deviendra un long tube métallique, complètement fermé, avec vision par côtés et par dessous. Les surfaces partantes ne seront plus que des moignons. Tout sera en tôle d'acier et en aluminium. Aucune aspérité extérieure ne viendra retarder la marche, ni châssis de

roulement, ni hélice, ni haubans, ni tendeurs ; tout sera simple, poli, nickelé, pour glisser le mieux possible sur ce merveilleux point d'appui qu'est l'air en vitesse.

Et la vitesse aura posé cette devise qui devrait être celle du constructeur d'avions :

16

CE QUE POURRAIT ÊTRE L'EXPLOITATION COMMERCIALE D'UNE LIGNE DE TRANSPORTS AÉRIENS

Et maintenant, jetons un coup d'œil audacieux sur une vue d'ensemble de ce que pourrait devenir l'Aviation.

Averti par l'expérience douloureuse, l'homme a changé sa méthode ; il a, de plus en plus, renoncé à voler comme l'oiseau ; de plus en plus il s'est imposé les restrictions nécessaires et, peu à peu, il a trouvé la formule sûre : aller vite et aller droit. Mais l'utilisation se trouve, de ce fait, restreinte, et il faut la dégager nettement.

Aller très vite n'est intéressant que pour aller très loin. Il y a, en matière de transports, une loi économique qui proportionne la vitesse de translation à la distance à franchir. Si un voyageur a 100 mètres à parcourir, économiquement, il ira à pied ; pour faire quelques kilomètres, il prendra une voiture, pour un grand nombre de kilomètres, le chemin de fer.

Pour que l'aviation commerciale soit florissante, il faut qu'elle soit économique, c'est-à-dire employée dans des conditions telles

qu'elle soit au moins aussi avantageuse que les modes de transport concurrents ou, mieux encore, qu'elle élimine complètement ceux-ci en les plaçant devant des impossibilités techniques. Alors, elle peut se permettre un luxe inouï ; s'il suffisait, pour faire de l'aviation sûre, de construire des avions en or, il faudrait construire des avions en or et ils trouveraient leur utilité pratique.

Ces considérations limaient considérablement les cas d'application mais, néanmoins, il n'y a pas lieu de trop le déplorer, car le champ d'exploitation reste, malgré tout, assez vaste et assez fructueux pour donner une belle moisson.

En France, et même en Europe, les lignes de transport en surface sont si développées, si denses, si accélérées, que l'avion se présente en face de rudes concurrents. On le conçoit difficilement supplantant le Paris-Calais ou le Paris-Bordeaux. D'autre part, les conditions météorologiques sont trop incertaines pour que l'on puisse espérer suivre un horaire comme celui des chemins de fer. La pluie, le brouillard sont des ennemis terribles de la grande vitesse, qui demande une vision constamment parfaite, sous peine de conduire à l'aventure.

Ce qu'il faut à l'aéroplane, ce sont de larges espaces, sans obstacles, où la voie aérienne dont le coût d'établissement est nul, peut suppléer aux voies terriennes inexistantes, ou absolument insuffisantes, ou pratiquement inconstructibles et où, en outre, on a la certitude à peu près absolue de disposer toujours de quelques heures pendant lesquelles l'atmosphère est parfaitement limpide.

Et voici la vision de ce qui se passera peut-être en 19*** :

Le Courrier de France vient d'arriver à Alger. Le paquebot est à quai et, déjà, de puissantes automobiles partent à toute allure vers les hauteurs de Hussein-Dey qu'elles gravissent.

Quelle est cette rampe qui prend naissance près d'une petite usine électrique et de vastes hangars, et qui se termine à pic devant un large terrain plan et soigneusement ameubli ? C'est la station de départ et d'arrivée des nouvelles lignes aériennes Alger-Fez et Alger-Tombouctou. Chaque jour, chaque matin, on voit de longs tubes métalliques glisser rapidement sur cette rampe et prendre leur essor vers le Sud. L'usine électrique (ou pneumatique) leur a donné l'élan, et les voilà partis, sûrs de leurs propulseurs, sûrs de leur route, d'ailleurs soigneusement jalonnée. Ils ne cherchent pas la grande hauteur, certains qu'ils sont, dans le cas bien improbable de la panne mécanique, de pouvoir atterrir en toute sécurité. Et ils vont porter au loin la correspondance, les journaux, les menus colis postaux, tous objets qui méritent, par leur caractère d'urgence, de parvenir très rapidement au destinataire. Et ce service accéléré développe, dans des proportions énormes, l'activité économique, la richesse des régions éloignées et, jusque-là, déshéritées qu'il dessert.

D'autres avions arrivent. Ce ne sont d'abord que des points à l'horizon ; mais ils grandissent très rapidement et les voilà, l'instant d'après, s'infléchissant vers le sol et atterrissant. En quelques instants, le déchargement est opéré et les appareils spéciaux de relevage et de manutention viennent les prendre et les conduire au garage d'où, après visite, ils pourront reprendre le chemin du poste de lancement.

Voilà, dans sa forme sinon vraie, tout au moins vraisemblable, la vision succincte d'une exploitation de ligne de transports aé-

riens en 19***.

17

LES ÉTAPES D'UNE INVENTION MÉCANIQUE

Après avoir remué bien des idées qui ne sont, très souvent, que des opinions fort discutables et dans lesquelles le lecteur ne nous aura sans doute pas toujours suivi, émettons encore un avis, un dernier qui, celui-là, recueillera bien certainement l'unanimité des suffrages : c'est que, devant l'aviation, s'ouvre un admirable avenir.

Très vieille de conception, très jeune de réalisation, l'aviation évolue rapidement. Elle a franchi lentement la laborieuse étape de la gestation et la voilà qui se développe à pas formidables. Chaque jour, elle enregistre un progrès, si petit soit-il, mais, bientôt, elle se trouvera devant une barrière, un obstacle qui marquera une étape à franchir. On observe, d'ailleurs, des situations analogues dans l'histoire de toutes les grandes inventions mécaniques. Une foule d'exemples se présente à l'esprit ; contentons-nous d'un seul, qui est très net : le canon. La constitution du canon a passé par les phases suivantes : bombarde de bois fretté, bombarde de fer, canon de bronze à chargement par la bouche, puis par la culasse, canon de fonte, puis d'acier, canon à frein automatique.

Où en est l'avion dans cette gamme d'étapes ? N'est-il pas encore la bombarde de bois ?

Et, cependant, nous sommes aujourd'hui merveilleusement outillés pour tout tenter. N'avons-nous pas des matériaux comme l'acier au nickel et l'aluminium, des auxiliaires comme l'air comprimé et l'électricité. Un réservoir d'énergie comme l'essence de pétrole ? Plus que jamais, on peut dire que rien n'est impossible en matière d'invention. C'est uniquement une question de moyens d'exécution et de mise au point.

Chercher, concevoir, réaliser, n'ont jamais été plus passionnants que dans le domaine de l'Aéronautique.

Lunéville, Juin 1918.

Sources et licence

Texte : https://fr.wikisource.org/wiki/L%E2%80%99Air_et_la_Vitesse. Domaine public ; transcription Wikisource CC BY-SA 4.0. Mise en forme : liregratuitement.com. Tout ce que nous ajoutons reste libre.