

puissances disponibles sont inférieures aux puissances nécessaires.

Dans toute la zone où les puissances disponibles seront supérieures aux puissances nécessaires pour le vol en palier, il va être possible d'utiliser l'excédent de puissance pour faire monter l'avion.

De toute évidence la plus grande vitesse ascensionnelle sera obtenue pour une vitesse sur trajectoire correspondant au maximum d'excédent de puissance, c'est-à-dire sensiblement à la vitesse correspondant à la projection du point A sur l'axe des abscisses : VOM (vitesse optimale de montée).

En pratique, contrairement à ce que l'on pourrait penser de prime abord, ce n'est pas la vitesse sur trajectoire correspondant à la VOM qui est le plus souvent utilisée pour rejoindre l'altitude de croisière. Le choix de la loi de montée (du type de montée) dépend de plusieurs facteurs dont certains peuvent être indépendants de la volonté du pilote.

Les différents types de montée

La montée normale

La montée normale s'effectue à une vitesse sur trajectoire supérieure à celle donnant la VOM.

On recherche le meilleur compromis temps / distance parcourue / consommation. Ce meilleur compromis correspond aussi au prix de revient minimum, ce qui n'est pas négligeable. D'autre part, plus la vitesse sur trajectoire est élevée, meilleur est le refroidissement moteur (ce qui ne manque pas d'intérêt par temps chaud avec certains moteurs à pistons...).

Par composante vent de face, sur la route on est moins pénalisé en adoptant un badin un peu plus élevé, même si le vario doit en pâtir un peu. On ne peut pas donner de règle précise, mais en l'absence d'impératifs particuliers (obstacles, sécurité sur la route, exigence du con-

trôle) on peut se fixer comme règle d'effectuer la « montée normale » à une vitesse sur trajectoire de 15% supérieure à celle donnant la VOM.

La montée à meilleure vitesse ascensionnelle

C'est la montée à la VOM qui permet d'atteindre l'altitude de croisière dans les délais les plus courts. Si, ayant adopté la loi de montée normale (VOM + 15%) la vitesse ascensionnelle devient trop faible, il faut naturellement revenir à la VOM, qui peut être maintenue jusqu'au plafond pratique de l'avion, le point A (Cx^2 / Cz^3 mini) correspondant à l'angle au plafond.

La vitesse de meilleur taux de montée (*best rate of climb speed*) figure obligatoirement dans le Manuel de Vol.

La montée à meilleure pente de montée

Dans le Manuel de Vol figure aussi la vitesse de meilleur angle de montée (*best angle of climb speed*). Cette vitesse, qui est toujours plus faible que celle du meilleur taux de montée, correspond au meilleur gain de hauteur en fonction de la distance parcourue.

Cette loi de montée est à utiliser dans le cas de franchissement d'obstacle situé à une certaine distance (lors du décollage ou en route). Elle est aussi à utiliser lorsque l'organisme de contrôle impose, pour des raisons de circulation (croisement avec un autre avion) ou de procédure anti-bruit, une pente minimale de montée.

Notons bien que cette loi de montée est pénalisante sur le temps de vol et défavorable au refroidissement moteur.

La montée à meilleur rapport consommation / distance

C'est la loi de montée à adopter lorsque le point sensible du vol est le rayon d'action. On adopte comme vitesse de montée la projection sur l'axe des abscisses (vitesses) du point B (figures 25 et 28) qui correspond, nous l'avons vu, à la finesse maximale.

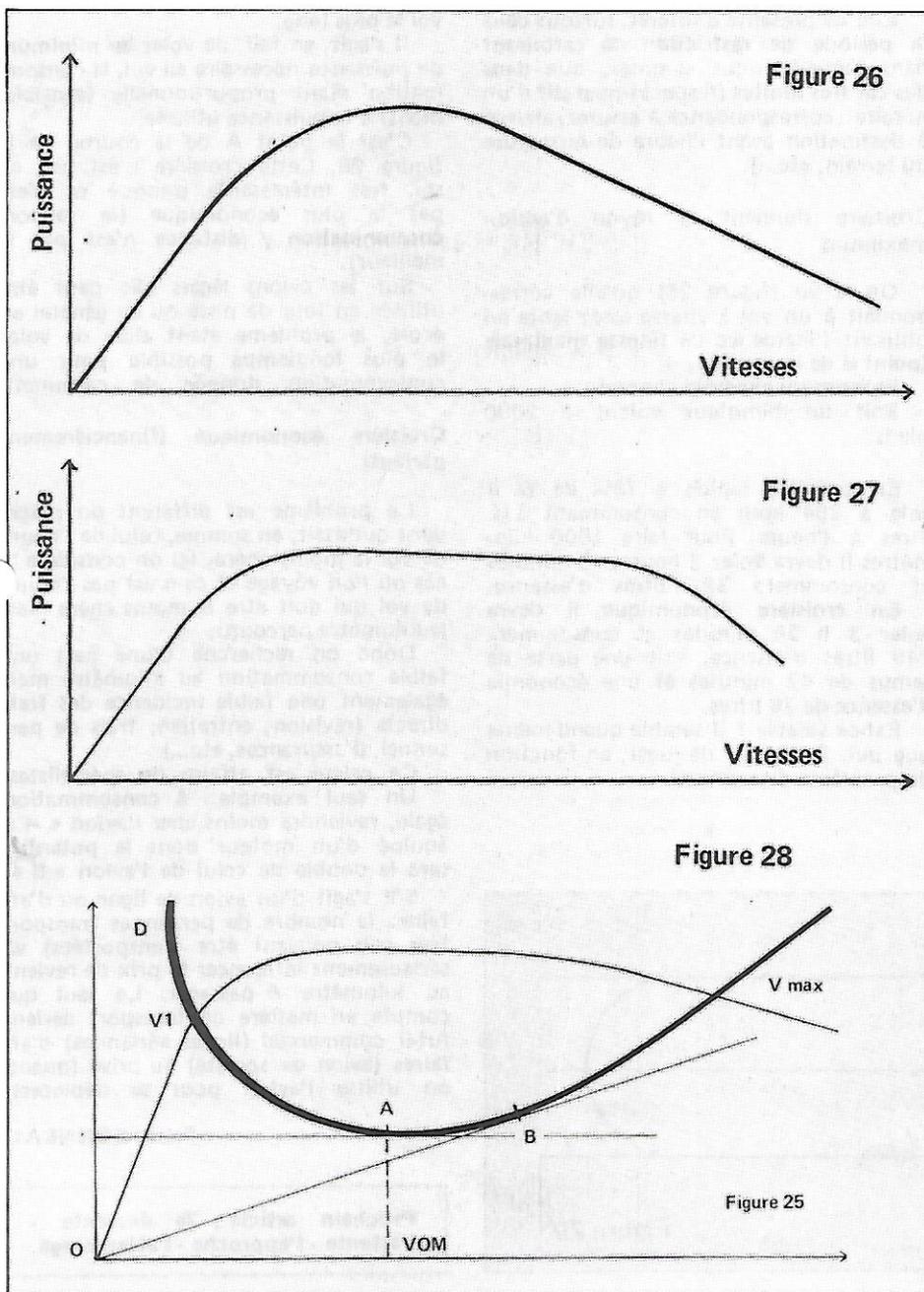
Notons qu'en adoptant comme vitesse de montée « normale » la VOM + 15% on se rapproche de ce point non seulement en rayon d'action mais en temps de vol et en refroidissement moteur.

4.3. LA CROISIERE

On a vu que le choix de l'altitude de croisière dépendait de multiples facteurs : météo (vent, nébulosité, isotherme zéro), et de sécurité (obstacles sur la route)

Aspects réglementaires

Les autorités aéronautiques nationales et internationales ont édicté des règles ayant pour but d'assurer la sécurité « en route ». En ce qui concerne le survol des obstacles ces règles se traduisent par des altitudes minimales permettant de passer les obstacles avec une marge minimale de sécurité.



Cette marge de sécurité sera plus grande en conditions IMC (régime IFR) qu'en conditions VMC (régime VFR) pour tenir compte, dans le premier cas, de l'incertitude sur la position de l'avion.

● La réglementation française :

— En régime et conditions VFR/VMC : marge de 50 mètres au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon égal à l'espace parcouru en 10 secondes de vol.

— En régime et conditions IFR/IMC : marge de sécurité de 150 mètres au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon d'au moins 8 km autour de la position estimée de l'avion.

● La réglementation internationale (O.A.C.I.)

— En régime et conditions VFR/VMC : marge de 150 mètres au-dessus du sol.

— En régime et conditions IFR/IMC : marge de 300 mètres au-dessus des obstacles situés dans un rayon de 5 milles nautiques de la position estimée de l'avion.

On voit que les réglementations françaises et internationales ne sont pas exactement en accord.

Devant cette absence de cohésion les compagnies françaises (et en particulier la Compagnie Air France) se sont attachées aux problèmes, et les règles suivantes sont généralement admises :

Le trajet de l'avion est découpé en « tronçons de route ». A l'extrémité de chaque tronçon on trouve une aide radio électrique.

Sur chaque tronçon un « couloir » est délimité en traçant deux parallèles tangentes à deux demi-cercles centrés sur les extrémités du tronçon (figure 29).

Le rayon des cercles étant de 10 milles nautiques, la largeur du couloir est de 20 milles nautiques. Ceci quand la distance entre les deux extrémités du tronçon est égale ou inférieure à 100 milles nautiques. Quand la distance est supérieure à 100 milles nautiques la largeur du couloir est augmentée. Elle peut atteindre 15% de la longueur du tronçon plus 10 milles nautiques si la « couverture » assurée par les aides radio-électriques est incertaine ou incomplète.

*

Notons que la quasi-totalité de la France est couverte avec des aides radio-électriques dont la distance les séparant est inférieure à 100 milles nautiques.

Dans les « couloirs » déterminés par la méthode ci-dessus l'altitude minimale de sécurité en régime IFR est égale à l'altitude de l'obstacle le plus élevé situé dans le couloir plus 2000 pieds.

Les différents types de croisière

Suivant les conditions particulières à un vol, plusieurs types de croisière peuvent être arrêtés :

— Croisière rapide (temps de vol minimal)

— Croisière au rayon d'action maximum

— Croisière à l'autonomie maximale

— Croisière économique (financement parlant)..

Croisière rapide

C'est naturellement celle qui est obtenue en affichant, en fonction des paramètres extérieurs (altitude pression, température) la puissance maximale continue autorisée par le motoriste.

Elle ne présente d'intérêt, surtout dans la période de restriction de carburant dans laquelle nous sommes, que dans des cas très limités (respect impératif d'un horaire : correspondance à assurer, arrivée à destination avant l'heure de fermeture du terrain, etc...).

Croisière donnant le rayon d'action maximum

On a vu (figure 28) qu'elle correspondait à un vol à vitesse assez lente en utilisant l'incidence de finesse maximale (point B de la courbe).

Prenons un exemple concret :

Soit un bimoteur volant à 2000 pieds.

En croisière rapide à 75% de W il vole à 354 kmh en consommant 116 litres à l'heure. Pour faire 1000 kilomètres il devra voler 2 heures 49 minutes et consommera 327 litres d'essence.

En croisière économique il devra voler 3 h 36 minutes et consommera 249 litres d'essence, soit une perte de temps de 47 minutes et une économie d'essence de 78 litres.

Est-ce valable ? Il semble quand même que oui. A chacun de juger, en fonction du problème du moment.

*

N'oublions pas qu'il s'agissait ici (croisière donnant le rayon d'action maximum) non pas, à l'origine, d'économiser de l'argent mais d'augmenter le rayon d'action. Pour le même avion le rayon d'action est de 1680 kilomètres en croisière économique, pour seulement 1320 kilomètres en croisière rapide, soit 360 kilomètres de gain; ce qui peut naturellement être très important.

*

Cet exemple n'avait pour but de montrer les importantes variations de paramètres finaux que l'on peut obtenir avec une utilisation intelligente de la machine.

Suivant le cas il peut naturellement être plus important :

- d'aller plus loin
- d'aller plus vite
- ou d'économiser (de l'argent)

Croisière donnant l'autonomie maximale

Donc, croisière donnant le temps de vol le plus long.

Il s'agit, en fait, de voler au minimum de puissance nécessaire au vol, la consommation étant proportionnelle (sensiblement) à la puissance utilisée.

C'est le point A de la courbe de la figure 28. Cette croisière n'est pas, en soi, très intéressante puisque ce n'est pas la plus économique (le rapport consommation / distance n'est pas le meilleur).

Sur les avions légers elle peut être utilisée en tour de piste ou en général en école, le problème étant alors de voler le plus longtemps possible pour une consommation donnée de carburant.

Croisière économique (financièrement parlant)

Le problème est différent du précédent qui était, en somme, celui de l'heure de vol la moins chère. Ici on considère le cas où l'on voyage et ce n'est pas l'heure de vol qui doit être la moins chère mais le kilomètre parcouru.

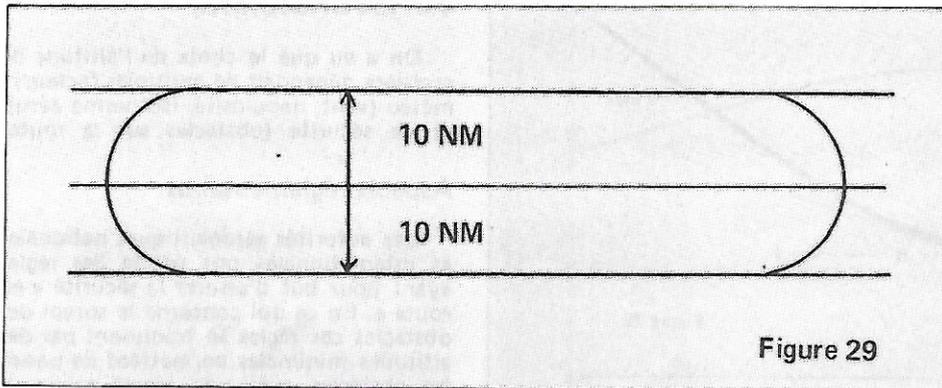
Donc on recherche d'une part une faible consommation au kilomètre mais également une faible incidence des frais directs (révision, entretien, frais de personnel, d'assurances, etc...)

Ce calcul est affaire de spécialistes.

Un seul exemple : à consommation égale, reviendra moins cher l'avion « A » équipé d'un moteur dont le potentiel sera le double de celui de l'avion « B ».

S'il s'agit d'un avion de ligne ou d'affaires, le nombre de personnes transportées (ou pouvant être transportées) va sérieusement influencer le prix de revient au kilomètre / passager. Le seul qui compte en matière de transport aérien, fut-il commercial (lignes aériennes) d'affaires (avion de société) ou privé (quand on utilise l'avion pour se déplacer).

Pierre BONNEAU



Prochain article : la descente - l'attente - l'approche - l'atterrissage.

OPERATIONS AERIENNES ⁽⁹⁾ à l'usage des Pilotes Privés

par Pierre BONNEAU

Les performances en croisière

Dans les manuels de vol figurent des graphiques ou des tableaux donnant pour les différents types de croisière les paramètres moteur à afficher (nombre de tours et pression d'admission), les consommations correspondantes et les performances obtenues (vitesses indiquées — vitesses vraies — rayon d'action — autonomie) en fonction de l'altitude pression (niveau de vol) et de la température extérieure.

Ci-dessous, le tableau donne les performances du Beechcraft Baron E 55, les moteurs étant réglés à 65% de la puissance maximale continue.

On voit que les moteurs n'étant pas équipés de compresseurs, la pression d'admission diminue au fur et à mesure que l'altitude augmente. Pour conserver

la puissance à partir d'une certaine altitude, il est nécessaire d'augmenter le régime moteur.

A puissance constante, la vitesse vraie augmente avec l'altitude à cause de la diminution de la pression atmosphérique (moindre traînée). La consommation étant sensiblement constante, le rayon d'action augmente proportionnellement à la vitesse.

A partir d'une certaine altitude, la puissance ne peut plus être maintenue (la pression d'admission diminue et le régime maximal continu est atteint) la vitesse va donc diminuer, mais le rayon d'action peut être maintenu, ou même continuer à augmenter, car la consommation va diminuer du fait de la diminution de la puissance.

En règle générale, si l'on recherche un long rayon d'action il faut voler le plus haut possible; en revanche, il existe

une plage étroite d'altitude où la vitesse est maximale pour une puissance donnée.

La panne de moteur en croisière

De toute évidence, une panne de moteur peut se produire à n'importe quel moment du vol. Les moments les plus critiques sont incontestablement le décollage et la montée initiale. Les cas de panne intervenant à ces moments ont été traités au Chapitre 2, paragraphe « vitesse de sécurité au décollage ». Il est nécessaire ici de dire quelques mots concernant la panne de moteur en croisière.

Cas des bimoteurs

L'avion privé d'un moteur va néanmoins avoir un plafond pratique sur un moteur en fonction du poids au moment de la panne.

Ce plafond pratique sur un moteur est donné dans le manuel de vol sous forme de graphique. Celui de la figure 30 donne les vitesses ascensionnelles d'un bimoteur léger en fonction du poids, de l'altitude pression et de la température extérieure.

Le plafond pratique est, par définition, celui pour lequel la vitesse ascensionnelle est égale à 0,5 m/s soit 100 pieds / minute.

Reportons-nous à la figure 30 : prenons le cas d'un avion pesant 4500 livres au moment de la panne. Traçons une horizontale partant de 100 pieds / minute (axe des ordonnées à droite) et une verticale partant de 4500 livres. Elles se rencontrent au point P. Suivons la ligne oblique jusqu'à la ligne de référence, de là traçons une horizontale jusqu'à la ligne notée « STD TEMP » (température standard); nous aboutissons juste sur la ligne marquée 12000 pieds.

Si au poids de 4500 livres nous avons une panne de moteur, notre plafond sur un moteur sera de 12000 pieds.

De deux choses l'une : ou les obstacles naturels (montagnes) sur la route ont une hauteur inférieure à cette altitude, ou ils ont une hauteur supérieure à cette altitude.

Dans le premier cas : pas de problème « ça passe » et l'on pourra rejoindre l'aérodrome de destination ou, plus prudemment, un aérodrome plus près dont les caractéristiques (longueur de piste) permettent l'atterrissage en sécurité.

Si le plafond monomoteur est inférieur à la hauteur des obstacles sur la route, un problème va se poser. Notre altitude de croisière était obligatoirement supérieure à celle des obstacles sur la route et notre avion va donc descendre... lentement mais sûrement ! La trajectoire en monomoteur est rarement donnée dans les manuels de vol d'avion léger. Elle a la forme de la figure 31.

En l'absence de cette courbe, on raisonne et procédera de la façon suivante :

— Au moment de la panne, on adopte une vitesse égale à $V/3$ (voir chapitre « décollage ») cette vitesse correspond sensiblement à la vitesse optimale de descente sur un moteur.

PERFORMANCES EN CROISIERE DU BARON E 55 à 65% de la puissance maximale continue

PRESS ALT FEET	ISA 36°F (20°C)								STANDARD DAY (ISA)								ISA +36°F (+20°C)							
	OAT		ENGINE SPEED	MAN PRESS	FUEL FLOW PER ENGINE		TAS		OAT		ENGINE SPEED	MAN PRESS	FUEL FLOW PER ENGINE		TAS		OAT		ENGINE SPEED	MAN PRESS	FUEL FLOW PER ENGINE		TAS	
	°F	°C	RPM	IN HG	PPH	GPH	KTS	MPH	°F	°C	RPM	IN HG	PPH	GPH	KTS	MPH	°F	°C	RPM	IN HG	PPH	GPH	KTS	MPH
SL	23	5	2300	23.4	79.8	15.3	172	198	59	15	2300	23.8	79.8	13.3	177	204	95	35	2300	24.3	79.8	13.3	184	212
1000	19	7	2300	23.1	79.8	13.3	174	200	55	13	2300	23.7	79.8	13.3	180	207	91	33	2300	24.1	79.8	13.3	186	214
2000	16	9	2300	22.9	79.8	13.3	175	201	52	11	2300	23.5	79.8	13.3	181	208	88	31	2300	24.0	79.8	13.3	187	215
3000	12	11	2300	22.8	79.8	13.3	176	203	48	9	2300	23.3	79.8	13.3	182	210	84	29	2300	23.8	79.8	13.3	189	217
4000	9	13	2300	22.6	79.8	13.3	177	204	45	7	2300	23.1	79.8	13.3	183	211	81	27	2300	23.6	79.8	13.3	190	219
5000	5	15	2300	22.4	79.8	13.3	179	206	41	5	2300	22.9	79.8	13.3	186	214	77	25	2300	23.4	79.8	13.3	192	221
6000	2	17	2300	22.2	79.8	13.3	181	208	38	3	2300	22.7	79.8	13.3	187	215	74	23	2300	23.2	79.8	13.3	194	223
7000	2	19	2300	22.0	79.8	13.3	182	210	34	1	2300	22.6	79.8	13.3	189	217	70	21	2300	23.0	79.8	13.3	196	225
8000	5	21	2300	21.8	79.8	13.3	183	211	31	1	2300	22.4	79.8	13.3	189	218	67	19	2300	22.8	79.8	13.3	197	227
9000	9	23	2300	21.6	79.8	13.3	185	213	27	3	2300	22.2	79.8	13.3	192	221	63	17	2500	21.0	79.8	13.3	199	233
10,000	13	25	2300	21.5	79.8	13.3	187	215	23	5	2500	20.4	79.8	13.3	194	223	58	15	2500	20.0	79.2	13.2	198	226
11,000	16	27	2500	19.7	79.8	13.3	189	217	20	7	2500	19.1	78.0	13.0	193	222	56	13	2500	19.7	75.6	12.8	193	222
12,000	20	29	2500	18.4	78.0	13.0	190	219	18	9	2500	18.4	76.2	12.7	191	220	52	11	2500	18.4	73.8	12.3	192	221
13,000	23	31	2500	17.6	76.2	12.7	189	218	13	11	2500	17.6	73.8	12.3	190	219	49	9	2500	17.6	71.4	11.9	190	219
14,000	27	33	2500	16.8	72.6	12.1	186	214	9	13	2500	16.9	70.8	11.8	187	215	46	7	2500	16.9	68.4	11.4	187	215
15,000	30	35	2500	16.1	70.2	11.7	184	212	6	15	2500	16.1	67.8	11.3	184	212	42	5	2500	16.1	66.0	11.0	181	208

NOTES:
1. FULL THROTTLE MANIFOLD PRESSURE SETTINGS ARE APPROXIMATE
2. ACTUAL BRAKE HORSEPOWER FOR FULL THROTTLE CONDITIONS MAY BE DETERMINED BY ENTERING THE GRAPH OF FUEL FLOW VS BRAKE HORSEPOWER AT THE APPROPRIATE FUEL FLOW
3. SHADED AREA REPRESENTS OPERATION WITH FULL THROTTLE

Vitesses ascensionnelles en fonction du poids

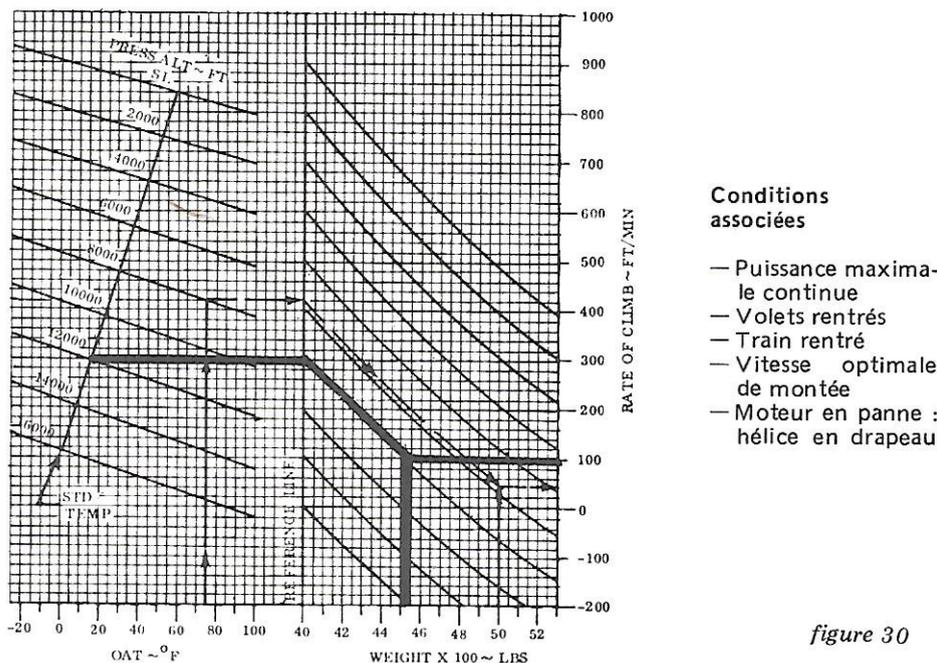


figure 30

— On note le vario (qui ne devrait cesser de « s'améliorer »). Puisque l'on tend vers le plafond pratique, l'avion descendra de moins en moins vite).

— Connaissant la position de l'obstacle à survoler par rapport au point estimé au moment de la panne on peut trouver la distance à parcourir avant le survol.

— La connaissance de la distance à parcourir et de la vitesse sur trajectoire (V3) permettent de déduire le temps de vol de l'obstacle.

— Le temps de vol multiplié par le vario donne la perte d'altitude.

— Compte tenu de l'altitude au moment de la panne, savoir alors si l'on a une chance ou non de passer l'obstacle.

Exemple : Un avion vole à 15000 pieds, une panne de moteur survient. Le pilote adopte une vitesse sur trajectoire de 120 nœuds et il constate un vario négatif de 300 pieds / minute. A 20 nautiques du point estimé lors de la panne, se trouve un obstacle naturel de 9000 pieds (montagne)

Le temps pour parcourir 20 nautiques sera de 10 minutes (120 nœuds = 2 nautiques à la minute), la perte d'altitude $300 \times 10 = 3000$ pieds et l'altitude au moment du survol de l'obstacle $15000 - 3000 = 12000$ pieds. Ça doit passer !

Dans le cas où cela ne « passe pas » il faut trouver un autre cheminement...

Cette façon de raisonner et de procéder est naturellement très approximative... mais il n'y en a pas d'autre. Elle a l'avantage d'être rapide et de s'appuyer sur des éléments concrets et c'est mieux que de s'en remettre passivement au pur hasard. Elle doit offrir une certaine marge de sécurité, puisque l'on raisonne avec le vario le plus défavorable et avec la vitesse indiquée, alors que la vitesse vraie est plus grande.

Notons que si l'on veut absolument assurer la sécurité, la seule solution est de limiter le poids au décollage à une valeur telle que le plafond monomoteur soit supérieur à l'obstacle le plus haut à survoler sur la route. Dans ce cas, on tiendra compte du carburant consommé avant le survol de l'obstacle, ce qui fera gagner quelques dizaines de kilogrammes de charge utile.

Cas des monomoteurs

Dans ce cas le plafond pratique est égal à... zéro ! Il faut savoir si l'obstacle éventuel sera survolable en vol plané. On peut raisonner comme pour le cas du bimoteur en panne d'un moteur. Certains constructeurs font figurer dans le manuel de vol les performances en plané.

Par exemple, dans le manuel de vol du Pierre Robin DR 400/160, on trouve que l'avion, moteur coupé, plane 9,8 fois sa hauteur à V_i 145. Il s'agit là d'une précieuse indication en cas de panne.

4.4 LA DESCENTE

La mauvaise façon de procéder est celle qui consiste à conserver l'altitude de croisière jusqu'à la verticale de la destination et, une fois arrivé, descen-

dre rapidement tout réduit. C'est très mauvais pour les moteurs et pour les oreilles des passagers, et cette façon de procéder doit être bannie (sauf survol d'obstacle avant l'arrivée, mais dans ce cas, il faut prendre le temps de descendre à 500 pieds / minute et avec une puissance affichée évitant le refroidissement brutal des culasses).

Dans le cas des avions légers non pressurisés, cette vitesse de descente verticale de 500 pieds / minute (2,5 mètres/seconde) est confortable pour les passagers et doit être adoptée chaque fois que cela est possible (on peut bien sûr adopter un vario plus faible, mais pas plus fort).

Si l'altitude de croisière est de 6500 pieds, par exemple, la descente devra être commencée 10 minutes avant l'heure estimée d'arrivée. Cela permet avec une descente régulière à 500 pieds / minute d'arriver à destination à 1500 pieds. Bien sûr, il faut tenir compte de la hauteur géographique de l'aérodrome.

La plupart du temps, on peut descendre sans réduire la puissance. On affiche 500 pieds / minute et le badin augmente, ce qui est autant de gagné sur le temps de vol.

Mais il faut veiller à respecter d'une part la VNO (vitesse maximale d'utilisation normale) qui figure dans le manuel de vol et d'autre part, la vitesse maximale en atmosphère agitée si elle est différente de VNO. Il suffit pour cela, le vario étant maintenu constant, d'ajuster la puissance.

En régime IFR il faut naturellement aussi respecter les consignes et autorisations données pour les divers contrôles (régional, d'approche et d'aérodrome)

L'utilisation du D.M.E. lorsque l'avion et l'aérodrome de destination en sont équipés, facilite grandement la régulation de la distance. On peut régler sa descente en s'arrangeant pour respecter la règle suivante : l'altitude en pieds doit être égale à la distance DME en nautiques, multipliée par 300.

Exemple : à 20 nautiques de l'aérodrome on doit être sensiblement à $20 \times 300 = 6000$ pieds. Cela correspond à une descente sous une pente de 5% (environ) qui permet un raccourcement sans heurt au glissement de l'I.L.S. (quand celui-ci peut être abordé directement).

Nota : avec un variomètre de 500 pieds / minute, la pente de descente à 5% correspond à une vitesse sur trajectoire de 100 nœuds (185 km/h) environ.

4.5 L'ATTENTE

Une fois arrivés à destination, il peut être nécessaire d'attendre avant d'entreprendre les manœuvres d'approche et d'atterrissage.

En I.F.R., cette attente se fait dans un « circuit d'attente » à un niveau de vol bien précis, imposé par le contrôle d'approche.

En V.F.R., cette attente peut se faire hors du circuit en « orbitant » à la verticale d'un point de report d'entrée V.F.R. Les causes nécessitant l'attente

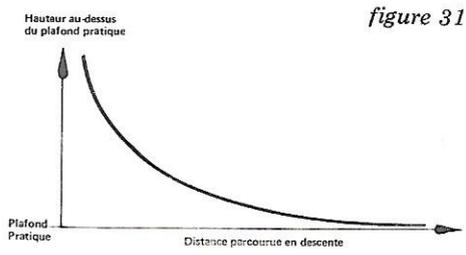


figure 31