



Par **MICHEL BARRY**,
pilote professionnel,
ingénieur aéronautique.

Décollage face à des obstacles

UNE CONNAISSANCE PARFAITE DE SON AVION, DE SON NIVEAU DE PILOTAGE, DES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES, DE LA TOPOGRAPHIE DE LA PISTE ET DU SITE SONT AUTANT D'ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR S'ASSURER UN DÉCOLLAGE EN TOUTE SÉCURITÉ. EXPLICATIONS.

Un accident datant de septembre dernier va nous permettre de réfléchir à l'ensemble des éléments de sécurité qui doivent entourer tout décollage d'un aérodrome encaissé. Un tel décollage contraint les pilotes à survoler le relief à de faibles hauteurs qui hypothèquent lourdement la sécurité du départ. Pour décoller en toute sécurité, il faut alors connaître parfaitement : son avion, ses caractéristiques, ses performances, ses limitations ; la nature de la qualité de son pilotage, notamment de la précision de la tenue des paramètres ; les conditions météorologiques et les paramètres qui influent sur les performances : température, pression atmosphérique, altitude, vent, turbulence et toute l'aérodynamique du site en général ; la topographie de la piste et du site : pente de la piste, état de la piste, longueur de la piste, géométrie de la trouée d'envol (réglementée en IFR mais pas en VFR), altitude ou hauteur des obstacles ; l'ensemble des incertitudes provenant de la connaissance toujours approximative des chiffres permettant les calculs ou relevés sur les abaques ; la réglementation quand elle existe.

A. Les paramètres propres à l'avion au moment du décollage

1. Sa masse

Un avion chargé aura une pente de montée plus faible que le même avion moins chargé. En général, les performances ascensionnelles (meilleur vario,

meilleure pente de montée) sont établies par le constructeur à la masse maxi. De ce fait à des masses moindres les performances en montée seront meilleures. Mais l'avion n'étant pas pesé tous les jours, il y aura lieu de se méfier lors des décollages supposés à la masse maximale des éventuels rajouts « sans conséquences » que l'avion aura pris depuis la dernière pesée.

2. Son centrage

En principe, à masse identique un appareil centré arrière a une traînée plus faible que le même appareil centré plus avant. En effet, centré plus arrière, la portance négative du plan horizontal est plus faible que pour un centrage avant. Moins de portance signifie moins de traînée, donc un appareil plus fin capable d'une meilleure pente de montée. La réalité est un peu différente de la théorie, car un appareil centré plus arrière est plus instable sur son axe de tangage et son pilotage nécessite davantage de corrections qui finissent par dégrader la pente de montée. Le résultat en général est défavorable si l'avion est centré arrière.

3. Ses performances en montée

Elles sont données par le constructeur pour un moteur neuf et un avion en bon état. On remarquera au cours de vols d'entraînement qu'elles sont en général difficiles à obtenir et on corrigera d'autant le jour où l'on sera face à un décollage qui nécessite de franchir des obstacles avant de pouvoir virer. Concer-

nant ce type de décollage, l'avion sera caractérisé par sa meilleure pente de montée, avec la bonne configuration, les réglages moteur qui permettent d'obtenir la meilleure puissance continue et la vitesse indiquée correspondante. On s'assurera lors de la préparation du décollage que la puissance pourra être conservée jusqu'au franchissement des obstacles sans risque de faire surchauffer le moteur.

Rappelons que l'ensemble des petites dégradations que subit l'avion au cours de sa vie : état de surface de ses plans, ajustements des différents éléments, symétrie de la cellule, réglages des neutres de gouvernes, vieillissement du moteur, usure de l'hélice... sont autant de facteurs qui diminuent les performances en montée et dont le constructeur ne tient généralement pas compte dans la rédaction de son manuel de vol. Pour les appareils de construction amateur, les performances sont très différentes d'un avion à l'autre et, si le propriétaire n'a pas pris soin d'étalonner soigneusement son avion lors de sa campagne d'essais en vol, il devra prendre des marges importantes par rapport aux performances du prototype.

4. Exemple de calculs

Voir ceux développés par le BEA pour l'accident étudié au § E

B. La qualité du pilotage

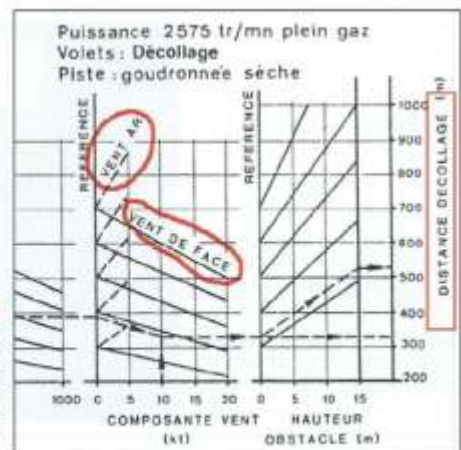
On obtient la meilleure pente de montée si on maintient la vitesse V_x recommandée. Chaque nœud en plus ou en moins nous écarte de la pente maxi recherchée, chaque correction mal dosée pour retrouver la bonne vitesse et chaque bille d'écart pénalisent aussi la pente. Entre un pilote fin et un pilote brouillon, les pentes seront différentes. Il y a lieu de soigner son pilotage en phase de montée et il y a également lieu de savoir si son niveau de pilotage permet de réaliser une montée optimale ou si au contraire on doit appliquer un coefficient de correction. Par exemple si je suis pilote débutant, ma pente de montée sera plutôt de 7 % que des 8 % calculés et elle peut s'avérer insuffisante pour franchir les obstacles comme prévu dans les calculs.

C. Les conditions météorologiques

1. La température, la pression et l'altitude

Température plus élevée, pression atmosphérique plus basse, altitude plus haute que les standards, toutes ces conditions contribuent à pénaliser un décollage court et une pente de montée tels que ceux prévus en conditions standards : la moindre densité de l'air chaud et de la basse pression donne à vitesse indiquée égale une vitesse propre plus grande. Vitesse plus grande pour un même vario conduit à une pente de montée plus faible ; la moindre densité de l'air chaud et la basse pression donnent, notamment sur les moteurs à aspiration atmosphérique, une puissance maximale moindre qu'avec de l'air plus frais et une pression plus élevée ; l'altitude élevée pénalise les paramètres.

Figure 1.
Extrait du manuel de vol du Socata TB20 : distance de décollage.
 On remarque que l'allongement de la distance de décollage due au vent arrière (pentes des droites en pointillés) est plus importante, pour une même intensité de la composante de vent, que la diminution de la distance de décollage due au vent de face (droites en trait plein).



Ces trois altérations de la distance de décollage et de la pente de montée sont prises en compte globalement par la notion d'altitude-pression qui simplifie les calculs. On distinguera le calcul de l'allongement de DF15*, distance réglementaire de décollage et le calcul de la pente de montée.

2. Le vent

Un vent de face diminue la distance de décollage et augmente la pente de montée par rapport au sol. Un vent arrière augmente la distance de décollage et diminue la pente de montée. Même si en théorie un nœud de vent de face a la même conséquence en amélioration des performances au décollage qu'un nœud de vent arrière en dégradation, vous remarquerez sur les abaques des constructeurs qu'on minore l'influence bénéfique et qu'on majore l'influence néfaste.

Figure 1.

3. Turbulence, aérologie

Même par vent calme autour d'un aérodrome, des mouvements d'air favorables ou défavorables au vol en montée peuvent exister. Les pilotes locaux les connaissent et, quand vous êtes de passage, vous avez tout intérêt à vous informer. Pas besoin d'un relief important, la végétation, des différences d'ensoleillement peuvent déclencher des mouvements intempestifs. Avec du vent, les mouvements de l'atmosphère sont plus importants (gradients, zones descendantes) et ne sont pas toujours favorables pour un décollage vent de face. En effet, derrière une col-

line, la zone sous le vent est une zone où le mouvement de l'air a une composante descendante ; La turbulence : d'une part elle nuit à la bonne tenue des paramètres. D'autre part, même si elle est bien en quantités théoriquement égales de zones descendantes et de zones ascendantes, la conséquence est une pénalisation des performances en montée ou en croisière (voir Info-Pilote n° 761 d'août 2019).

Il n'existe pas de techniques fiables de quantification de l'influence de l'aérologie sur les performances au décollage et surtout pendant la montée. Mais une information auprès des usagers habituels du terrain sera toujours une source précieuse d'aide à la décision : soit une estimation de la dégradation des performances, soit le conseil de renoncer au décollage.

D. La topographie de la piste et de l'environnement de l'aérodrome

La longueur de la piste, sa pente, la qualité et l'état du revêtement, le dessin de la trouée d'envol avec les obstacles caractéristiques permettent de décider si le décollage et la montée sont possibles ou non.

En superposant la trajectoire estimée de l'avion au décollage puis en montée (la trajectoire la plus défavorable calculée ou estimée) avec le profil du terrain (voir étude de l'accident ci-dessous) on peut décider si le décollage est raisonnable ou non. La décision contiendra cependant la réponse à un paramètre important qui fait

l'objet des réflexions que suggère l'accident : quelle marge de franchissement d'obstacle doit-on s'accorder ?

En effet, s'il existe une réglementation spécifique au vol en régime IFR et qui détermine la hauteur minimale (MFO, marge de franchissement d'obstacles) à laquelle on prévoit de survoler les obstacles ou la hauteur à laquelle on les survolera réellement, il n'existe en revanche aucune règle, aucune législation pour le vol en régime VFR lors de la montée initiale. Une espèce de vide juridique dont le pilote VFR peut se féliciter mais qui laisse bien démuni le débutant pour préparer un départ depuis un terrain encaissé. En vol à vue, on doit être capable d'éviter les obstacles « à vue ».

Heureusement les structures associatives comme les aéroclubs ont leurs propres recommandations et les jeunes pilotes sont parfaitement informés des stratégies que leur impose leur encadrement. Pour les pilotes indépendants ou propriétaires d'avions, comme on va le voir dans l'accident, les méthodes de détermination de la marge de franchissement d'obstacles peuvent être moins rigoureuses et provenir d'une extrapolation d'un vol à l'autre. « Hier je suis largement passé au-dessus de la colline à la masse de 650 kg, aujourd'hui avec 20 kg de plus, à 670 kg, ça devrait toujours passer ». C'est bien entendu oublier que les performances ne suivent pas des lois linéaires et que quelques kilos de plus peuvent parfois conduire à l'impossibilité d'obtenir un vario positif après le décollage en effet de sol.

E. L'accident d'un avion Pottier P180S à Arpent (01) pendant la montée initiale

(voir lien #1 sur notre site)

Le terrain d'Oyonnax-Arbent est situé dans une cuvette. La trajectoire du décollage passe au-dessus d'une colline dont le point le plus inquiétant se situe à 2 200 m du début de la piste et à 1 330 m de la fin de piste, à une altitude de 1 930 pieds (580 mètres).

Voir figures 2 et 3.

Le pilote basé sur le terrain avait probablement acquis des habitudes et des repères au cours des vols précédents. Il passait sans problème au-dessus

Figure 2. Report sur Google Earth de la trajectoire de décollage et de la montée initiale avec la position de l'épave. En pointillés jaunes une trajectoire permettant d'éviter le relief. Elle n'a pas été tentée par le pilote.

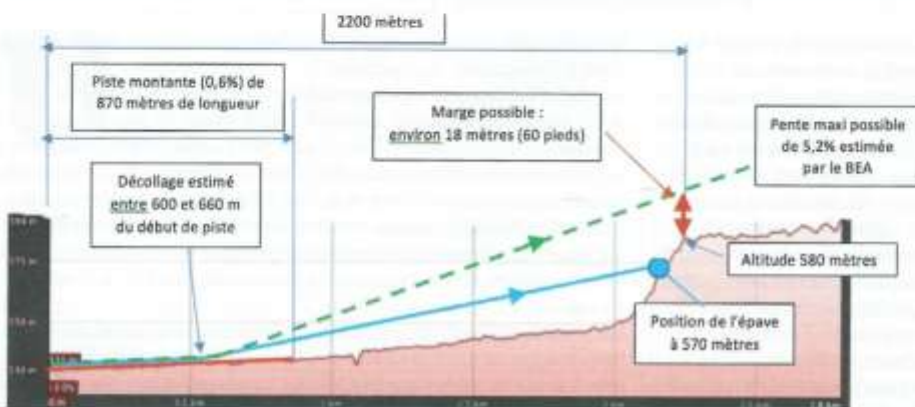
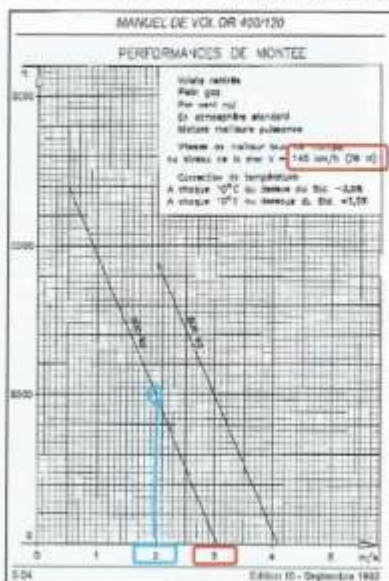


Figure 3. Profil du terrain dans l'axe de décollage et de la montée initiale de l'aérodrome d'Oyonnax-Arbent piste 04 et trajectoires liées au vol de l'accident :

Les calculs du BEA montrent une marge de franchissement d'obstacle d'environ 60 pieds au-dessus de l'obstacle le plus critique. Compte tenu des incertitudes sur l'ensemble des paramètres liés au décollage (connaissance de l'avion, aérodynamique, pilotage), cette marge n'a pu être réalisée par le pilote et la trajectoire de montée, peut-être qu'avec l'avion volant au second régime elle est restée très au-dessous de la pente de meilleure montée supposée possible ce jour-là.

Figure 4. Extrait du manuel de vol du Robin DR400-120

Au niveau de la mer et à 900 kg (masse maxi), « Performances de montée » supposées normales on lit : Taux de montée = 3 m/s à 145 km/h (40,3 m/s), soit une pente de montée de $3/40,3 = 7,45\%$. Soit un peu moins que l'exigence réglementaire de la CS-23 et qui est de 8,3 %. On lit aussi à 5 000 pieds, 900 kg, 145 km/h indiqués un taux de montée de 2 m/s. La vitesse de 145 km/h est une vitesse indiquée. A raison de 1% de majoration tous les 600 pieds elle doit être corrigée à 5 000 pieds : $5\,000/600 = 8,33\%$. La vitesse propre devient $145 \times 1,0833 = 157 \text{ km/h}$ (43,6 m/s) et la pente : $2/43,6 = 4,58\%$. Mais on ne trouve aucune information pour calculer la pente de montée à la vitesse de meilleur angle de montée de 130 km/h!



MANUEL DE VOL DR 400/120	
PERFORMANCES DE MONTEE	
Volets position décollage 1 ^{er} cran.	
A la masse maximale de 900 kg (1984 lb) en atmosphère standard	
Vitesse ascensionnelle max au sol	570 ft/min 2,9 m/s
réduction de 3,22 m/s (40 ft/min) par 1000 ft	
Vitesse de meilleur taux de montée	130 km/h 77 kt
Vitesse de meilleur angle de montée	(73 kt) 130 km/h
Performances en plané	
Moteur coupé, l'avion plane 10 fois sa hauteur à 135 km/h (73 kt) par vent nul.	
L'altitude et la température n'ont pas d'influence sensible.	

des obstacles. Mais le jour de l'accident des facteurs se sont cumulé pour qu'il ne puisse réaliser la pente de montée à laquelle il s'attendait : absence de vent, avion un peu plus lourd, stress lié dans un premier temps à la conscience d'une situation nouvelle. Le stress a dû s'accroître dans un deuxième temps quand le pilote a pris conscience du fait que la montée était différente. L'envie d'augmenter la pente de montée en tirant le manche a dû le faire voler à une vitesse inférieure à celle de la pente de montée maximale (Vx) et peut-être même le faire passer au second régime.

F. Conseils, recommandations

1. Pour réussir un départ depuis un terrain encaissé, apprenez à calculer vos performances au décollage et en montée.

Les informations utiles figurent en général au chapitre 5 du manuel de vol. En particulier :

- a. la distance DF15 (roulement + passage des 15 mètres) compte tenu des paramètres du jour : masse, piste, vent, altitude-pression, température ;
- b. la meilleure pente de montée : elle a lieu à la vitesse Vx, vitesse indiquée caractéristique de votre appareil. Par exemple pour un TB20 Vx = 85 kt alors que la vitesse de meilleur vario Vy vaut 95 kt. Logiquement à Vx devrait être associé une pente de montée ou un taux de montée. Introuvables sur les manuels de vol de nos avions les plus usuels dans nos aéroclubs (figure 4) ! A vous amis pilotes d'étalonner votre avion pour déterminer son vario à Vx ou de trouver une information fiable concernant la pente maximale que vous pourrez suivre après le décollage ;
- c. Trajectoire de décollage suivie de trajectoire de montée vous permettent de voir si vous pouvez passer au-dessus des obstacles (figure 3).

Exigences réglementaires et manuel de vol

La plupart de nos avions d'aéroclubs étant des appareils terrestres certifiés en CS-23, nous cherchons à comprendre comment un pilote peut déterminer la pente de montée minimale après le décollage.

1. Exigence CS-23 résumée : en atmosphère standard, air calme et au niveau de la mer un appareil terrestre doit pouvoir tenir une pente de montée après le décollage d'au moins 8,3%.

2. Contenu des manuels de vol : on trouve en général (DR400, TB, Isoire-Aviation...) des informations concernant « la montée normale ». Avec la vitesse indiquée V_i (à transformer en V_P) et le taux de montée τ on en déduit τ/V_P = pente de montée. On trouve aussi la vitesse de meilleure pente de montée car la « montée normale » n'est pas la montée à la pente maxi. Mais hélas jamais le taux de montée à « la vitesse de meilleure pente de montée ».

Exemple : manuel de vol du DR400-120. **Voir figure 4.**

2. Les marges. En régime VFR c'est à vous de décider lors de la préparation du vol si, comme dans le cas de l'accident étudié (marge de 60 pieds), vous acceptez cette marge. Sachant bien qu'une fois en vol la première partie de la montée initiale ne vous permettra peut-être pas de virer au cas où vous verriez ne pas passer l'obstacle. Bien vous rappeler que nos avions légers peuvent réserver des surprises quant à leurs performances en montée. Elles n'évoluent pas toujours, notamment en fonction de la température, conformément aux règles simplistes et simplifiées des manuels de vol.

Voir REX du mois ci-dessous.

3. Prévoir d'éviter l'obstacle si c'est possible.

Dans le cas de l'accident étudié, le pilote n'a pas viré alors qu'il existait un passage à environ 555 m d'altitude à gauche du relief qu'il a percuté, plus bas que le point d'impact à 570 m. Quelques degrés d'altération de cap à gauche auraient peut-être pu sauver la situation.

Le BEA évoque l'hypothèse du second régime et de la très faible manœuvrabilité de l'avion.

Une focalisation en forme d'effet-tunnel sur le danger qui se présente est une autre explication possible. Préparer la solution d'évitement lors du briefing avant-décollage serait

une forme d'utilisation de la mémoire récente dans laquelle on peut puiser des solutions entrevues en dehors de tout stress. Nous vous conseillons vivement d'envisager toutes les solutions alternatives possibles à chaque décollage.

4. D'une manière générale le pilote, qu'il soit privé ou professionnel, est responsable techniquement de l'ensemble des opérations qu'il exécutera à bord de son avion.

L'ensemble de la documentation dont il dispose avant le vol (météo, performances de son appareil, cartographie...) doit être exploité avec réserves.

Le pilote ne s'embarquera jamais dans un vol dont l'exécution le rapprocherait trop d'une quelconque des limites opérationnelles (longueur de piste, pente de montée, vent traversier, autonomie en carburant, chargement, centrage...).

Un pilote expérimenté a acquis la notion de limite à ne pas dépasser au cours de sa carrière. Un pilote débutant prendra toujours conseil auprès d'un pilote confirmé ou d'un instructeur chaque fois que sa préparation du vol révélera une possibilité d'approcher de trop près l'une des limites qui impacte directement la sécurité du vol. ●

REX - déclaration F77XOAMQF2

• Description de l'événement

Lors d'une navigation avec mon instructeur sur un DR-400/120, nous nous posons à Mende (LFNB), terrain situé à 3 362 ft au-dessus du niveau de la mer. Après avoir effectué un complet, nous faisons une petite pause de 15 minutes environ avant de repartir.

Les check-lists sont effectuées normalement, et l'agent AFIS nous annonce la piste 30 en service, disposant d'une TODA de 1300 m.

Nous remontons donc la piste 30 afin de nous aligner, et décidons de ne pas utiliser le seuil décalé.

L'agent AFIS nous annonce alors que, depuis notre position, il nous reste 1050 m de piste.

Cela nous paraît amplement suffisant étant donné que lors de la préparation de navigation, en utilisant comme données un décollage sur piste en dur, à une altitude de 4 000 ft et à la masse maximale, nous n'avions besoin que de 720 m de distance de décollage (passage des 15 m).

Nous décidons donc d'effectuer un décollage standard avec 1 cran de volets. L'accélération est normale, la rotation effectuée vers 90 km/h et décollage 100 km/h nous faisons un palier pour accélérer jusqu'à 130 km/h, vitesse de la montée à pente max avec 1 cran de volets.

La vitesse de 130 km/h atteinte, nous constatons rapidement que notre taux de montée est extrêmement faible (moins de 100 ft/min). Dans l'axe de piste se trouvent des arbres sur une pente montante et visiblement, si nous gardons le cap de l'axe de piste, nous ne pourrions pas les passer.

Je suis aux commandes et, à ce moment-là, focalisé sur les arbres en bout de piste, je fais part de mon inquiétude à l'instructeur qui attire mon attention sur une trouée légèrement à droite de l'axe de la piste. Nous virons vers la droite et continuons notre montée sans autre problème.

• Commentaire du déclarant

Selon le manuel de vol, le calcul de la distance de décollage nécessaire à Mende, même s'il prévoyait une marge au niveau de la masse (nous étions loin de la masse max) et de l'altitude (4 000 ft au lieu de 3 362 ft), ne prend pas en compte la température et qui était très élevée (27 °).

Cela dit, un calcul prenant en compte, en plus des paramètres précédents, une température std+20 donnait une distance de décollage de 800 m (au lieu des 720 m), notre décision de décoller sans utiliser le seuil décalé n'aurait peut-être pas été influencée par ces 80 m supplémentaires.

Il est intéressant de remarquer que les performances théoriques sont parfois éloignées de celles observées en réalité.

Il est également impératif d'utiliser toute la longueur de piste disponible, seuil décalé compris et de faire un décollage court surtout lorsque l'on sait que les températures et l'altitude sont élevées même si le calcul théorique nous laisse penser que nous sommes en sécurité.

La puissance du moteur est également un paramètre important à ne pas négliger dans ce contexte surtout avec un 120 hp.