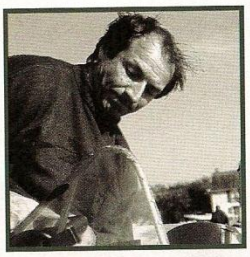
# Sécurité

PAR MICHEL BARRY
Pilote professionnel, ingénieur aéronautique



## Contrôle de la trajectoire après l'envol

### Rotation prématurée, absence de palier = danger

**On entend souvent parler d'accidents dus à « un décollage au second régime ». Il s'agit d'un raccourci pour décrire un décollage mal conduit, suivi d'une impossibilité à prendre de la hauteur. Nous analysons ici les circonstances les plus fréquentes occasionnant ces accidents.**

Plusieurs fois encore cette année, des avions légers, parfaitement aptes à s'envoler puis à prendre de la hauteur, ne sont pas parvenus à quitter l'effet de sol ou à s'élever. Le moteur semblait pourtant bien fonctionner. Il est alors probable que seule une maladresse du pilote a mis l'avion à une incidence d'où il ne pouvait plus sortir. Le phénomène est connu sous le vocable simplifié de « décollage au second régime ». En étudiant la mécanique du vol qui régit cette phase transitoire du décollage, on comprend comment les événements malheureux s'enchaînent. Une meilleure connaissance du mécanisme devrait permettre d'éviter de le reproduire de nouveau.

### A- D'abord sortir de l'effet de sol

Au cours du roulement au décollage, la **puissance utile** du moteur produit une traction vers l'avant qui permet d'acquérir la vitesse nécessaire à l'envol. A une vitesse donnée, la portance de l'aile devient égale au poids de l'avion et le décollage est possible. Le rôle essentiel du pilote consiste à imposer l'incidence de l'aile qui assure le bilan : portance égale ou supérieure au poids.

A l'instant précis où la condition est réalisée, l'avion décolle à une vitesse V à peine supérieure à la vitesse minimale de sustentation VS, voire parfois avec V<VS !

Que l'avion puisse se sustenter à une vitesse V inférieure à VS est dû à « l'effet de sol », une caractéristique des écoulements d'air autour de l'aile, notamment entre l'aile et la piste, qui provoque une portance plus grande à proximité du sol qu'à 10 mètres de hauteur (le même phénomène peut rendre interminable la phase d'arrondi des avions à « aile basse »).

En supposant que l'avion au décollage « flotte » à une vitesse V inférieure à VS, il est incapable de monter plus haut puisque toute sortie de l'effet de sol se traduit par une perte de portance et une tendance à redescendre.

La seule solution pour monter consiste à accélérer vers une vitesse supérieure à VS en utilisant la puissance du propulseur. Mais dès que l'avion est en vol, sa traînée freine l'accélération et peut même l'empêcher si le pilote atteint une incidence trop élevée. Car à chaque incidence correspond une **puissance nécessaire** au vol (voir graphique ci-contre, courbe verte « Puissance nécessaire »). Et comme on le constate, plus la vitesse est basse, plus la puissance nécessaire au maintien du palier est élevée et peut même dépasser la puissance disponible délivrée par le GMP.

**Ensuite :**

• Si la **puissance utile** est supérieure à la **puissance nécessaire**, l'avion accélère.

• Si les deux **puissances sont identiques**, la vitesse reste constante.

• Si la **puissance nécessaire** est supérieure à la **puissance utile**, l'avion perd de la vitesse.

Toute l'habileté du pilote consiste au moment de l'envol – qui commence à la rotation –, à rejoindre une incidence assez élevée pour générer une portance supérieure au poids de l'avion mais pas trop élevée pour que la puissance nécessaire au vol reste inférieure à la puissance utile afin d'accélérer. Condition réalisable seulement si l'envol a lieu à une vitesse V supérieure à la vitesse caractéristique dite « vitesse minimale de vario zéro ».

Bien entendu les techniques de pilotages permettent de réaliser cette condition simplement :

• Par la recherche précise d'une assiette déterminée lors de la rotation (par la position du capot sur l'horizon ou par la lecture de l'horizon artificiel).

• Par un palier près du sol ou dans l'effet de sol qui permet même en cas de puissance utile mesurée d'atteindre sans tarder la vitesse prescrite pour la montée. Pour les avions qui disposent de peu d'excédent de puissance, ce palier est nécessaire. Au contraire, pour des appareils généreusement motorisés, l'application de la pleine puissance est suffisante pour atteindre la vitesse de montée sans avoir à effectuer de palier. Dans ce cas, le palier est même déconseillé car la vitesse limite pour les volets, VFE, pourrait être vite atteinte et dépassée. De plus, il est de l'intérêt du pilote de monter pour augmenter ses marges de sécurité par rapport aux obstacles.

Attention aux gestuelles trop bien calibrées ! L'effort à exercer sur le manche pour faire la rotation varie avec le centrage, la charge de l'avion et la position du compensateur. Votre référence et votre objectif lors de la rotation, c'est la recherche d'une attitude précise en souplesse et sans tarder. Ce n'est surtout pas l'application d'un effort prédéterminé à cabrer, sur le manche.

Autant de caractéristiques et de critères qui doivent amener le pilote à adapter la technique de pilotage aux conditions du jour et à la machine.

En effet, la plupart des appareils couramment pilotés par nos lecteurs peuvent, **y compris à pleine puissance**, être mis malencontreusement, surtout s'ils sont chargés et que la température extérieure est élevée, dans cette situation inconfortable.

Des exemples d'accidents sont choisis pour illustrer comment la mise en montée peut échouer si la phase de transition roulement/rotation/décollage est mal exécutée. Ils doivent faire comprendre aux pilotes que l'inattention, l'erreur de jugement peuvent les placer dans une situation d'où on ne peut sortir sans retoucher le sol.

* IASA : **« Etre utile aux pilotes, pour faire avancer la sécurité. »**
L'Institut pour l'amélioration de la sécurité aérienne produit avec ses partenaires, fédérations et acteurs de notre communauté aéronautique, des vidéos conviviales de sensibilisation aux risques en rapport direct avec les événements de sécurité (www.iasa-france.com).

## B- Ensuite garder un vario positif jusqu'à une hauteur de sécurité

Une fois l'avion sorti de l'effet de sol, le pilote doit maintenir une vitesse ascensionnelle VZ positive par le maintien de la vitesse de montée prescrite et l'adaptation de l'assiette. Prendre une pente trop forte juste après l'envol et perdre malencontreusement de la vitesse jusqu'à la valeur critique de « la vitesse minimale de vario zéro » conduirait à redescendre irrémédiablement. Une fois passé au-dessous de cette vitesse – qui correspond au point « équipuissance » des courbes du graphique –, le pilote est impuissant à retrouver un vario positif. En effet :

• S'il augmente l'incidence par une action à cabrer, le déficit de puissance utile est encore plus important ce qui conduit à descendre, à ralentir et même, en insistant, à décrocher.

• Si, au contraire, il diminue l'incidence par une action à pousser, l'avion descendra quand même avant d'avoir accéléré jusqu'à la vitesse du point équipuissance (ou de « vario zéro »). Si, à ce moment, sa hauteur est suffisante, il pourra espérer retrouver un vario positif avant d'avoir touché le sol. Sinon il retombe !

## C- Eviter de décoller prématurément, connaître et afficher la bonne assiette et la bonne vitesse après le décollage

Les trois exemples choisis illustrent les cas les plus redoutables qui produisent un « décollage au second régime » et qui empêchent ensuite de monter. Dans les trois cas, on constate soit que le pilote a décollé trop tôt, soit qu'il a mal contrôlé les paramètres de vol (assiette, vitesse, trajectoire) juste après l'envol :

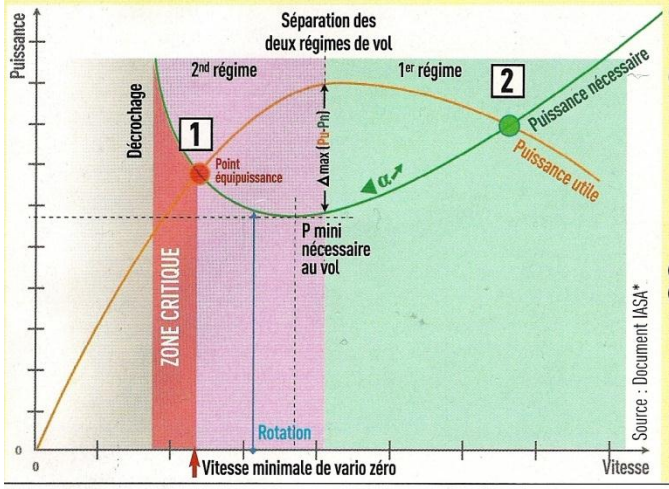
• **Exemple n°1 :** le pilote semble avoir été surpris par la réaction à cabrer probablement consécutive au mauvais positionnement du compensateur de profondeur. Alors que la rotation avait eu lieu à une vitesse correcte, il n'a pas contré suffisamment la tendance à monter du Cessna 172 qui a décéléré dès qu'il a été en l'air.

• **Exemple n°2 :** le pilote du Lionceau, sans doute inquiet de la faible longueur de piste, a décollé prématurément. Pourtant les performances de cet appareil sont largement suffisantes pour décoller à deux, par vent calme et à 19°C.

• **Exemple n°3 :** le contrôle du Jodel D 112 pendant un décollage avec du vent de travers est délicat. Le pilote semble avoir voulu décoller au plus tôt pour raccourcir la phase un peu galère du roulement sur la piste. Une fois en vol, il n'a pu s'élever au-dessus d'une dizaine de mètres car sa vitesse, sans doute inférieure à la « vitesse minimale de vario zéro », ne lui permettait plus de monter.

## Les recommandations se résument à :

• Connaître les performances au décollage et les paramètres associés, notamment VR la vitesse de rotation, la vitesse recomman-




## Les relations puissance utile/puissance nécessaire au vol : où l'on parle de « décollage au second régime »

Ces deux courbes sont caractéristiques de l'avion et de son GMP à pleine puissance et à une altitude-densité donnée (pression donnée, température donnée).

**A** La courbe orange (puissance utile) est caractéristique du GMP (moteur + hélice). On remarque que la puissance utile passe par une valeur maximale pour une vitesse dite de « meilleur rendement de l'hélice ».

**B** La courbe verte (puissance nécessaire) est caractéristique de l'avion : aérodynamique générale, configuration, masse.

Entre les points 1 et 2, le vol en palier est possible et l'excédent de puissance (Pu – Pn) permet de monter. A gauche de 1 (vitesse plus basse que la vitesse minimale de vario zéro), l'exigence de puissance demandée par l'avion est trop élevée et le GMP n'assure pas. Seul le vol en descente est possible.

On parle aussi de « vol au second régime » car, comme le montre le graphique, de part et d'autre du maximum Δmax(Pu-Pn) ou « maximum d'excédent de puissance », le domaine est séparé en « deux régimes » :

**A** En vert, le 1er régime qui correspond aux grandes vitesses.

**B** En mauve, le 2nd régime dans lequel les phénomènes dangereux de l'étude présente peuvent survenir. En rose soutenu, la ZONE CRITIQUE, plage de vitesse où l'avion vole, sans décrocher, mais ne peut que descendre.

A noter que le domaine de vitesse appartenant au second régime se divise lui-même, de part et d'autre de la « vitesse minimale de vario zéro », en deux sous-domaines :

- A gauche, l'avion a un déficit de puissance et ne peut s'élever. Toutefois il ne décroche pas tant que le pilote peut rester au-dessus de VS.
- A droite, l'avion dispose d'un excédent de puissance et peut s'élever mais le contrôle des paramètres est difficile car instable. Notamment le contrôle de la vitesse.

dée pour la montée, les paramètres de puissance (PA, RPM, couple…).

• Maîtriser la technique de pilotage, variable d'un avion à l'autre, et aussi, pour le même avion, selon qu'il est chargé ou non, qu'il fait chaud ou froid, qu'il y a du vent de travers…

• Savoir patienter et agir au bon moment, même si la distance de roulement paraît longue, jusqu'au moment où VR est atteinte.

• Savoir dans ce cas identifier la moindre perte de puissance afin de ne pas attendre VR en vain.

• Avoir auparavant envisagé le cas d'une perte de puissance et déterminer un critère d'interruption du décollage surtout pour un avion dont on n'a pas trop l'habitude. Par exemple : « *Si à la cinquième balise je n'ai pas VR, j'interromps le décollage* ». ●

# RAPPORTS DU BEA

## Extrait du rapport BEA n°1

• **Evénement :** rotation prématurée, maintien du second régime lors du décollage, collision avec le sol.
• **Cause identifiée :** absence d'action corrective lors d'une rotation prématurée.
• **Facteur contributif :** vérifications insuffisantes avant le décollage.
• **Aéronef :** avion Cessna 172 S.
• **Lieu :** AD Saint-François (971), piste 11 revêtue 600 m x 20 m.
• **Nature du vol :** voyage.
• **Personnes à bord :** pilote + 3.
• **Titres et expérience :** pilote, 59 ans, PPL (A) de 1980, 490 heures de vol dont environ 60 sur le modèle, 3 heures dans les trois mois précédents, aucune le mois précédent.
• **Conditions météorologiques :** estimées sur le site de l'accident : vent 090° / 10 kt, visibilité supérieure à 10 km, FEW à 2 500 pieds, température 29 °C, température du point de rosée 22 °C, QNH 1015 hPa.
• **Conséquences et dommages :** aéronef détruit.
• **Circonstances :** lors de ses vacances en Guadeloupe, le pilote prévoit de se rendre à l'aérodrome de Canefield (Ile de la Dominique) en compagnie de trois passagers. Lors du décollage de la piste 11, peu après la rotation, l'avion dévie sur la gauche, perd de la hauteur et heurte le sol en bordure de piste. Le train avant se rompt dans une ornière et l'avion s'immobilise sur le nez à une vingtaine de mètres du bord de la piste.

Les observations réalisées sur l'épave montrent que l'avion a heurté le sol avec une forte assiette à cabrer, une inclinaison à gauche et une vitesse verticale importante. Le compensateur de profondeur a été retrouvé en position « cabré ». Le pilote explique qu'il s'est aligné sur la piste avec les volets sortis à 10°. Il a mis la pleine puissance et vérifié les paramètres du moteur avant de lâcher les freins. Il se souvient qu'il a effectué la rotation à 65 kt, que l'avion s'est élevé normalement puis s'est incliné sur la gauche. Il a « *remis les ailes à plat* » et, voyant des arbres devant lui, il a agi sur le palonnier droit pour tenter de revenir vers la piste. Il a entendu l'avertisseur de décrochage et décidé d'atterrir devant lui. L'avion a heurté le sol avant qu'il n'ait eu le temps de réduire la puissance.

| RWY | QFU | Dimensions *Dimension* | Nature *Surface* | Résistance *Strength* | TODA |
|---|---|---|---|---|---|
| 11<br>29 | 112<br>292 | 600 x 20 m | Revêtue *Paved* | 5.7 t | 650<br>650 |

Le pilote précise qu'il n'a pas effectué de vol de « reprise en main » sur cet avion et qu'il n'avait pas piloté d'avion à ailes hautes depuis un an environ.

Le propriétaire de l'avion, témoin de l'accident, explique que la rotation a eu lieu au niveau de la voie de circulation située à environ 210 mètres du seuil de la piste 11. Il ajoute que l'avion n'est pas monté et avait une forte assiette à cabrer. Il précise qu'avec cet avion, la rotation est réalisée habituellement après la voie de circulation.

La masse de l'avion était supérieure d'une dizaine de kilogrammes à la masse maximale certifiée au décollage. Le centrage de l'avion était légèrement arrière, dans les limites définies par le constructeur. Le circuit anémométrique n'a pas pu être examiné suite à l'accident. L'anémomètre est uniquement gradué en nœuds.

NOTA : La vitesse de rotation indiquée dans le manuel de vol pour un décollage sur piste courte, à la masse maximale, est de 51 kt ; la vitesse de décrochage avec les volets sortis à 10° est de 43 kt.

En tenant compte des conditions du jour de l'accident, le manuel de vol indique « en appliquant la technique de décollage sur terrain court, une course au sol de 326 m et un passage des 15 m de 552 m ».

## Extrait du rapport BEA n°2

• **Evénement :** décollage au second régime, sortie longitudinale de piste lors d'un vol de convoyage.
• **Aéronef :** Issoire Aviation APM20 Lionceau.
• **Lieu :** aérodrome d'Issoire (63).
• **Conséquences et dommages :** avion fortement endommagé.
• **Circonstances :** le pilote, accompagné d'un passager, a l'intention de convoyer l'avion entre l'aérodrome d'Issoire et celui de Pont-sur-Yonne (89). Il sort les volets à 12,5° (position recommandée pour le décollage) et s'aligne pour décoller en piste 18R non revêtue. Des témoins indiquent que l'avion quitte le sol sans parvenir à prendre de l'altitude. Il touche à nouveau la piste mais la décélération n'est pas suffisante pour éviter une sortie longitudinale de piste. En fin de course, le train avant et l'hélice se rompent dans une ornière.

Le pilote explique que pendant la prise de vitesse, il a ressenti une perte de puissance et interrompu le décollage. L'examen du moteur n'a pas mis de dysfonctionnement en évidence. La longueur de la piste est de 855 mètres. La masse et le centrage étaient dans les limites définies par le constructeur.

L'avion avait été prêté au club par le constructeur. Le matin de l'accident, le pilote avait effectué un vol de familiarisation d'une vingtaine de minutes avec un instructeur. Il avait réalisé deux décollages et deux atterrissages.

Le pilote détient une licence PPL de 2006 en cours de validité. Il totalisait 258 heures de vol dont 3 heures dans les trois mois précédents et 20 minutes sur type.

Les conditions météorologiques étaient les suivantes : CAVOK, vent calme, température 19 °C, QNH 1027 hPa.

Conclusion : le témoignage semble indiquer que l'avion a décollé au second régime. L'accident est probablement dû à un décollage prématuré.

Une faible expérience sur le type d'avion a pu contribuer à l'événement.

## Extrait du rapport BEA n°3

• **Evénement :** décollage au second régime, décrochage, collision avec le sol lors d'un vol d'initiation.
• **Aéronef :** avion Wassmer Jodel D112.
• **Lieu :** aérodrome privé de Mouy (60).
• **Conséquences et dommages :** pilote et passagère blessés, aéronef détruit.
• **Circonstances :** le pilote effectue des vols d'initiation au profit de membres d'un comité d'entreprise. Il décolle de la piste 24 non revêtue avec une passagère. Un témoin au sol, pilote d'avion, d'ULM et instructeur planeur indique qu'après le décollage, l'avion vole à environ 10 mètres de hauteur et ne prend plus d'altitude. Il voit ensuite l'avion s'incliner à gauche et disparaître en contrebas d'un champ. L'avion est retrouvé dans une clairière située à proximité de la piste.

Les conditions météorologiques sur l'aérodrome de Beauvais situé à 12 Nm au nord-ouest du site de l'accident indiquent un ciel légèrement nuageux (SCT à 3 000 pieds, SCT à 23 000 pieds), une visibilité supérieure à 10 km, un vent du 340° pour 10 à 19 kt.

Le vent de travers limite démontré de l'avion Jodel D112 est de 15 kt.

Le pilote a débuté sa formation en 1983, s'est arrêté en 1985 puis a repris en 2004. Il a obtenu son brevet de base avion en décembre 2005 et son PPL en août 2007.

Il totalisait environ 164 heures de vol dont 3 heures sur avion à train classique. Dans les douze derniers mois il a réalisé 5 heures de vol dont 35 minutes dans les 90 jours précédant l'accident. Il n'avait pas suivi la formation requise pour l'utilisation de la variante avion à train classique.

Les informations recueillies ont permis de déterminer qu'après le décollage, l'avion volait au second régime à incidence élevée, puissance maximum et vitesse faible. La combinaison d'un fort vent traversier et d'une action inappropriée aux commandes est à l'origine de cette situation et du décrochage qui en a résulté.

Conclusion : l'accident est dû à l'absence de prise en compte du vent traversier et à une technicité insuffisante qui ont conduit le pilote à effectuer un décollage au second régime. Sa faible expérience sur avion à train classique ainsi que le peu d'entraînement réalisé dans l'année sont des facteurs contributifs.

Si, vous aussi, vous avez vécu un décollage délicat, partagez votre expérience dans le **REX** sur le site de la FFA (www.ff-aero.fr). Vous pourrez aussi consulter les fiches **REX** déjà déposées.