



Par **Michel Barry**,
pilote professionnel,
ingénieur aéronautique.

Perte de contrôle au moment de l'arrondi

Maîtriser son atterrissage est un art, surtout lorsqu'un vent de travers et des rafales sont de la partie... L'analyse de 14 cas survenus au moment de l'arrondi nous permet de mieux comprendre les raisons de leur insuccès et d'en tirer leçons.

La phase d'atterrissage et les multiples accidents et incidents qu'elle occasionne occupent une grande place dans notre rubrique. Depuis 2013 notamment, et en suivant l'actualité, nous y avons consacré nos pages dans trois numéros (685 en avril 2013, 736 en juillet 2017, 781 en mars 2021). Nous avons à chaque fois abordé le sujet en classant les accidents à partir de la cause initiale qui les avait produits. Par exemple, approche non stabilisée, manque de rigueur, surestimation de ses capacités au moment du vol... C'est-à-dire souvent en évoquant plutôt le facteur humain qui avait engendré l'accident. Ce mois-ci, même si les facteurs humains et le manque d'habileté des pilotes sont encore à l'origine de la plupart des accidents que nous analysons, nous recherchons plutôt à comprendre la mécanique du vol de quatorze pertes de contrôle au moment précis de l'arrondi. Pourtant, pendant la finale, les éléments semblaient parfaitement réunis pour réussir un atterrissage ou, le cas échéant, décider à temps d'une remise de gaz.

Parmi les facteurs identifiés, la météo - avec notamment le vent de travers ou des rafales turbulentes - a joué un rôle dans au moins 6 cas et fait, depuis octobre 2000, deux morts et six blessés :

- accident d'un Pottier P180S, dans des rafales à 34 kt, qui fait un mort et un blessé ;
- sortie de piste d'un DR221, par un vent traversier de 10 kt ;
- perte de contrôle d'un DR400, dans des rafales devant un front de grains ;
- perte de contrôle d'un autre DR400, devant un front d'orage, pilotes blessés ;
- perte de contrôle d'un Cirrus SR22, en atmosphère turbulente. Le pilote est tué, le passager est blessé ;
- perte de contrôle d'un Cirrus SR20, par un vent traversier de 10 kt, les passagers sont blessés. Les accidents des deux Cirrus seront examinés spécifiquement ;
- perte de contrôle d'un Pipistrel Virus, par un vent de travers de 18 kt.

On trouve comme autre facteur, et souvent parallèlement au vent de travers et à la turbulence, des actions inappropriées ou d'amplitudes insuffisantes qui n'ont pas permis de maîtriser une situation, certes difficile, mais probablement contrôlable :

- accident d'un Socata TB-10, à cause d'efforts aux commandes mal dosés, avion mal compensé ;
- accident d'un Piper PA-28, à cause de manœuvres trop rapides ;
- accident d'un TBM 700, à cause d'effets moteur mal maîtrisés ;

- accident d'un Beech B35, à cause « d'actions inappropriées et excessives » ;

- les accidents des deux Cirrus.

Enfin, on examinera deux cas plus particuliers :

- la perte du verrouillage des volets d'un Yak-3 ;
- un excès de confiance de la part d'un pilote expérimenté qui a perdu le contrôle lors de l'arrondi d'un appareil qu'il maintenait quasi acrobatiquement en effet de sol.

Quatorze accidents ou incidents brutalement survenus au moment de l'arrondi

1. Accident d'un Pottier P180S à Lézignan (11), le 21/10/2000

Voir lien #1 sur notre site.

Le pilote (2000 h de vol) perd le contrôle à l'arrondi. L'appareil s'incline brutalement à gauche et heurte le sol alors qu'il vient de passer sur le dos. L'avion est détruit, le pilote est blessé, le passager est tué. Le BEA retient que le vent qui soufflait en rafales à 34 kt, alors que la limite de vent traversier démontrée pour cet appareil est de 25 kt, est une circonstance favorable à la survenue de cet accident.

2. Accident d'un Socata TB-10 à Auch (32), le 16/05/01

Voir lien #2 sur notre site.

Au retour d'un vol de navigation, seul à bord, le pilote débutant ne parvient pas à doser correctement les efforts nécessaires à l'arrondi. L'avion remonte, le pilote pousse alors sur le manche et touche durement le sol. L'avion était mal compensé, ce qui explique sans doute les difficultés du pilote à bien maîtriser l'arrondi. L'avion est endommagé. L'instructeur pense que la fatigue du pilote a pu contribuer à l'accident.

3. Accident d'un Piper PA-28 à Laon (02), le 26/05/01

Voir lien #3 sur notre site.

Le pilote (158 h de vol), se présentant probablement à une vitesse excessive, exécute une variation de vitesse trop rapide lors de la manœuvre d'arrondi. L'avion remonte puis finit par toucher le sol, en position 3 points, très brutalement. L'hélice et le train d'atterrissage sont endommagés.

4. Accident d'un TBM 700 à Moulins-Montbeugny (03), le 13/05/02

Voir lien #4 sur notre site.

Le pilote (2100 h de vol) est surpris par le départ en roulis à gauche lors d'une légère augmentation de puissance juste avant l'arrondi.

Le saumon gauche touche la raquette et l'appareil sort de piste. Les trois jambes du train sont fauchées et l'avion est détruit. L'arrondi du TBM 700 doit être exécuté en tenant compte des importants effets moteur, dus à la puissance de la turbine. Ils produisent des réactions en roulis bien plus importantes que sur la plupart des appareils équipés de moteurs à pistons. Les manœuvres à basse vitesse de cet appareil, accessible à des pilotes privés, avaient fait l'objet d'une mise en garde de la part du BEA (voir lien). Nous l'avions déjà évoquée dans notre numéro 721 d'avril 2016.

5. Accident d'un Yak-3 à Caen (14), le 11/04/03

Voir lien #5 sur notre site.

L'accident du prestigieux appareil (escadrille Normandie-Niemen), reconstruit à l'identique, démontre combien le moindre détail (ici, fuite d'air comprimé privant l'avion de ses volets) peut compliquer la manœuvre d'arrondi. Le pilote (780 h de vol), propriétaire de son appareil, n'a pas réussi à calibrer correctement son arrondi à cause des volets qui n'étaient plus verrouillés en position atterrissage et battaient dans le vent. Lors de l'arrondi effectué trop haut, sans doute à cause de la difficulté à rester sur une trajectoire bien stabilisée, le pilote perd le contrôle en roulis et en lacet et l'aile touche durement le sol. L'avion est endommagé.

6. Sortie de piste d'un DR221 à Saint-Cyr-l'Ecole (78), le 03/10/04

Voir lien #6 sur notre site.

Le pilote (192 h de vol) sous-estime le vent traversier et se fait surprendre lors de deux atterrissages consécutifs dans les mêmes conditions (vent traversier, 10 kt). Il sort de piste sans dommage. Il pense qu'il ne possédait pas suffisamment la technique d'arrondi par vent de travers, et notamment que ses actions aux commandes (manche et palonnier) n'étaient pas suffisamment amples.

7. Accident d'un DR400 à Avranches (50), le 08/05/09

Voir lien #7 sur notre site.

Un pilote (87 h de vol) décide d'effectuer un vol local malgré une météo perturbée, devant une ligne de grains et des rafales de 25 à 30 kt. Il ne prend pas l'avis de son instructeur et décide de « renforcer son expérience ». Il maîtrise mal l'arrondi, décroche, et heurte violemment le sol. L'avion sort de piste et est fortement endommagé.

8. Accident d'un DR400 à Vesoul-Frotey (70), le 22/07/10

Voir lien #8 sur notre site.

Malgré une météo très défavorable, le pilote (106 h de vol) entreprend un vol entre Sarre-Union (67) et Nîmes-Courbessac (30). Il est obligé de dérouter vers Vesoul où le plafond bas l'oblige à une arrivée précipitée qui ne lui permet probablement pas de bien calibrer sa finale. Il arrondit trop haut et décroche. L'avion est fortement endommagé. Le pilote, stressé après son arrivée – d'après deux témoins – n'a pas pris toute la mesure des difficultés que représente un vol en conditions météorologiques difficiles, et les conséquences sur la qualité du pilotage en général et ici au moment de l'arrondi.

9. Accident d'un Beech B35 à Colmar-Houssen (68), le 26/04/12

Voir lien #9 sur notre site.

Le pilote (275 h de vol) perd le contrôle de l'appareil au moment de l'arrondi : l'avion s'incline et dévie sur la gauche. Le pilote remet les gaz mais, malgré ses actions sur le manche et le palonnier, ne récupère pas la situation. L'avion s'écrase et est fortement endommagé.

Le BEA retient les « actions inappropriées et excessives » du pilote comme raison principale de la perte de contrôle.

10. Accident d'un DR400 à Chavenay-Villepreux (78), le 15/05/12

Voir lien #10 sur notre site.

Lors d'un vol-école, l'instructeur (6 898 h de vol) et l'élève (73 h de vol) se font surprendre par les effets d'un cumulonimbus qui s'approche. Lors de l'arrondi, l'aile droite est soulevée et le saumon de l'aile gauche touche le sol. L'avion se retourne et il est détruit. Les pilotes sont légèrement blessés. Le BEA rappelle la dangerosité des rafales qui se développent devant un front d'orage, et ce jusqu'à une vingtaine de kilomètres de la base du nuage. Le vol peut paraître juste inconfortable, mais cet inconfort relatif ne présume en rien des risques de perte de contrôle ou même de retournement lors de l'arrondi. Situation semblable à celles des cas précédents n°1 et 7.

11. Accident d'un Cirrus SR22 à Aix-Les Milles (13), le 11/05/13

Voir lien #11 sur notre site.

Pendant l'arrondi l'avion s'incline à gauche, la roue gauche touche la piste et l'avion rebondit. Le pilote (600 h de vol), ayant peu d'expérience sur Cirrus et n'ayant pas suivi la formation spécifique proposée par le constructeur, est vite dépassé par les événements. Il remet les gaz, l'avion se retourne et heurte la piste sur le dos. Le pilote est tué, un passager est blessé, l'appareil est détruit. Le vent fort (18 à 28 kt) était plutôt dans l'axe et n'explique pas la perte de contrôle malgré l'atmosphère turbulente.

12. Accident d'un Cessna F152 à La Baule-Escoublac (44),

le 10/07/13

Voir lien #12 sur notre site.

Après une finale sans histoire, l'élève-pilote (40 h de vol) réduit la puissance du moteur. Lors de l'arrondi, il est surpris par des oscillations dans le plan vertical. Au bout de la troisième, l'avion part en roulis sur la droite. Le train principal touche la piste, le train avant s'efface. L'avion sort de la piste et s'immobilise dans l'herbe. Il est fortement endommagé. Le BEA estime que la remise de gaz alors que l'avion était déstabilisé, solution toujours recommandée en cas de finale non stabilisée, aurait peut-être permis d'éviter l'accident.

13. Accident d'un Cirrus SR20 au Mans-Armaç (72), le 31/08/19

Voir lien #13 sur notre site.

Lors de l'arrondi, effectué probablement à trop basse vitesse, le pilote (927 h de vol) rajoute soudainement trop de puissance et perd le contrôle de l'appareil. Un vent traversier de 10 kt a probablement favorisé l'embarquée à gauche qui s'en est suivi. L'avion heurte le sol. Il est détruit, les passagers sont blessés. Le BEA mentionne le contrôle insuffisant des effets moteur que l'on retrouve souvent dans les pertes de contrôle des Cirrus SR20 et SR22 (voir cas n°11 ci-dessus). La technologie des commandes de vol (ressorts de rappel et de compensation, voir notre encadré), les petits ailerons, la puissance relativement importante, compte tenu de la masse et de la surface, expliquent les difficultés que peuvent rencontrer des pilotes moyennement entraînés. En particulier lors des manœuvres d'arrondi. Dans notre étude du numéro 721 d'avril 2016, « plein gaz à basse vitesse », nous avions mentionné les caractéristiques particulières de certains avions, dont les Cirrus et les TBM 700. Elles se manifestent par une plus grande difficulté du contrôle en lacet et en roulis lors de l'arrondi puis ensuite en remise de gaz.

SÉCURITÉ

14. Accident d'un Pipistrel Virus SW 121 à Albert-Bray (80), le 09/05/21

Voir lien #14 sur notre site.

Il s'agit d'un accident plutôt singulier au cours duquel le pilote instructeur (2 600 h de vol) tente d'allonger le vol en poursuivant sur la piste à très faible hauteur jusqu'à un point de toucher qui réduirait le temps de roulage. Mais lors de l'arrondi final, il perd le contrôle de l'appareil qui s'incline à droite et heurte le sol. Le BEA remarque que ce long palier à une vitesse à peine supérieure à la vitesse de décrochage, et peut-être en effet de sol, a rendu l'avion très vulnérable, notamment avec un vent de 18 kt plein travers. Il assimile ce long palier spectaculaire à une manœuvre non essentielle à la conduite du vol. Lors d'une telle improvisation, le pilote s'expose à des risques qu'il n'est pas en mesure d'anticiper complètement.

Analyse, recommandations. Elles concernent :

1. L'incapacité de réagir face à une déstabilisation en roulis au moment de l'arrondi

1.1 Pour cause de turbulence ou de vent de travers.

Voir REX du mois 40A96Y42ERO

Le rôle du pilote est de savoir évaluer en permanence si ses capacités du jour sont suffisantes pour faire face aux difficultés qu'il rencontrera en vol, notamment à la fin du vol. La difficulté est de déterminer le niveau des perturbations – turbulence, vent de travers – au moment de l'atterrissage. Décoller dans un air calme, même pour un vol court et local alors qu'un orage menace, est un risque qui a provoqué des accidents et un incident : cas n° 1, 2, 7, 10, et 11. Il semble que l'information contenue dans les TAF et les METAR – aujourd'hui disponibles en temps réel sur tous les smartphones – aurait largement contribué à prévenir les pilotes qu'ils prenaient un risque. Bien entendu, comme l'a signalé un pilote accidenté, il est toujours « utile de renforcer son expérience ». Mais seul un instructeur connaissant bien le pilote peut le conseiller utilement. En cas de doute, un vol en double-commande est à la fois rassurant et pédagogique surtout s'il permet de découvrir une situation nouvelle et plus difficile que celles jusque-là connues du pilote. A noter que les pilotes expérimentés peuvent se faire surprendre : cas n°10 où un instructeur expérimenté, avec près de 7 000 h de vol, a été impuissant à corriger une puissante rafale qui a retourné l'avion. Le TAF prévoyait pourtant des risques de rafales à 30 kt. Voir aussi REX du mois

1.2 Pour cause d'insuffisance ou d'inefficacité des corrections en lacet et en roulis.

Devant une situation nouvelle, un pilote peut hésiter à appliquer des corrections de grande amplitude, corrections souvent nécessaires à très basse vitesse comme c'est le cas au moment de l'arrondi. Il est utile dans la formation du jeune pilote de bien lui montrer la différence d'efficacité des gouvernes en fonction de la vitesse. Quelques millimètres d'amplitude au manche en croisière sont suffisants pour provoquer une inclinaison de 45°. Au contraire, à la vitesse de l'arrondi, il faudra souvent la pleine amplitude au manche pour ramener à zéro un départ en inclinaison intempestif, comme celui rencontré lors d'une rafale de vent traversier. Mais, à trop basse vitesse, un braquage excessif du manche peut provoquer le décrochage de l'aile. Par exemple, en braquant le manche à fond à gauche on peut provoquer le décrochage de l'aile droite et déclencher un mouvement de roulis à droite. Cette inversion déroutante de la commande de roulis doit être connue des pilotes. Au voisinage de la vitesse de décrochage, juste avant l'arrondi, il vaut mieux piloter le roulis en partie grâce au roulis induit par la gouverne de direction. Cette harmonieuse conjugaison des commandes à basse vitesse s'apprend mais n'est pas innée. D'où notre recommandation pour les pilotes débutants d'éviter les atterrissages par vent fort ou en atmosphère agitée.

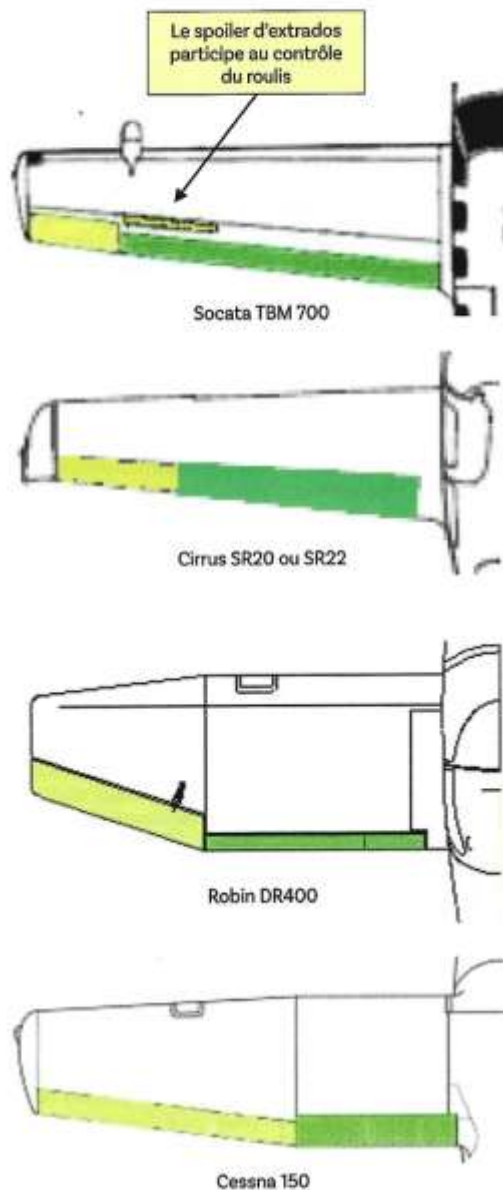
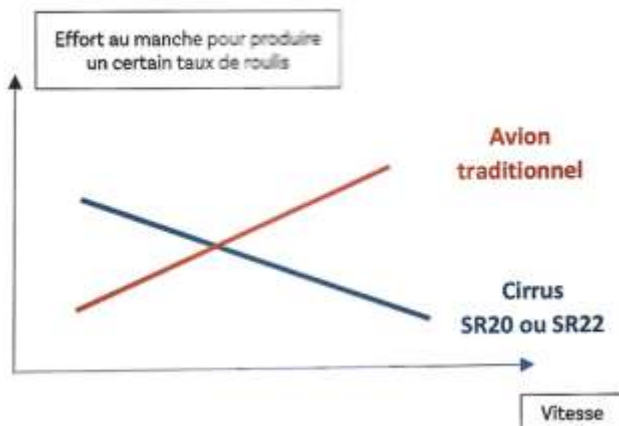


Figure 1. Illustration de l'autorité en roulis pour quatre avions types dont l'envergure a été ramenée à la même longueur.

- Le volet en vert est l'image du potentiel à voler relativement lentement.
- L'aileron en jaune est l'image de l'intensité de la réponse en roulis à basse vitesse.

Plus le rapport entre surface aileron/surface volet est faible, plus l'avion nécessitera un pilotage exigeant à basse vitesse. Par exemple pour contrer une rafale latérale ou pour lutter contre les couples dus au moteur (couple de renversement, couple dû au souffle hélicoïdal). Pas étonnant qu'on trouve le TBM 700 et les Cirrus parmi les avions nécessitant un pilotage particulier et plus exigeant.



2. Deux types d'appareils plus exigeants que la moyenne en matière de pilotage

Dans la série d'accidents sont impliqués deux Cirrus et un TBM 700. Destinés à des pilotes mieux entraînés et ayant en principe suivi une formation adaptée. Ces deux appareils sont moins tolérants lors d'une perte de contrôle au cours de l'arrondi : des ailerons de moindre surface (figure 1), une puissance moteur qui génère des couples parasites importants et enfin des lois de réaction des commandes de vol (figure 2) susceptibles de dérouter des pilotes venant d'appareils plus conventionnels.

3. D'une manière générale, la perte de contrôle, toujours possible lors d'une augmentation de puissance à basse vitesse ou près de l'arrondi (rallongement de la finale, remise de gaz)

Les variations de puissance nécessaires à rallonger la finale peuvent être source de perte de contrôle juste avant la phase d'arrondi (cas n°4, 9, 11, 13, et 14). Lors de la prise en main d'un nouvel appareil, notamment d'un appareil plus puissant, les effets moteur à basse vitesse doivent faire l'objet d'un apprentissage afin que l'élève puisse vérifier s'il est bien apte à corriger les écarts notamment en roulis et en lacet. L'entraînement avec instructeur doit être fait à une hauteur de sécurité permettant de rattraper tout écart intempestif. Lors d'une remise

Figure 2.

Lois d'effort au manche en fonction de la vitesse :

- sur un appareil classique, le manche, naturellement ramené au neutre par les efforts aérodynamiques qui agissent sur les ailerons, est plus dur s'il est braqué en latéral à haute vitesse qu'à basse vitesse ;
- sur les Cirrus, les gouvernes seraient quasiment exemptes d'efforts, car équilibrées aérodynamiquement. Le constructeur a remplacé les efforts aérodynamiques par des ressorts. Ainsi, comme il faut davantage d'amplitude pour piloter à basse vitesse (comme d'ailleurs sur tous les avions), le manche paraît plus dur car il faut solliciter davantage les ressorts. Cette inversion des lois d'efforts est déroutante pour certains pilotes qui ne sont pas habitués à générer des efforts à basse vitesse. La loi se traduit notamment par une insuffisance des braquages d'ailerons nécessaires au contrôle du roulis à basse vitesse et peut expliquer des pertes de contrôle à bord des Cirrus. La remarque concerne aussi les autres axes, lacet et tangage ;
- sur le TBM 700, le pilote agit en roulis à la fois sur les ailerons et sur des spoilers. C'est-à-dire par des lois d'effort complexes et notamment différentes de celle d'un appareil traditionnel. Et, sur les TBM, le couple important du moteur produit à basse vitesse des embardees en roulis et en lacet qu'il ne faut pas hésiter à contrer énergiquement.

de gaz consécutive à une arrivée non stabilisée, à un arrondi raté, à un rebond, on évitera une variation brutale de puissance comme celle qui a provoqué les pertes de contrôle ci-dessus.

4. Le rôle du stress dans la qualité de la finale et de l'arrondi

- Le pilote du cas n°8 confronté à des problèmes météo a sans doute manqué de clairvoyance pour conduire son arrivée et son atterrissage. Se déstresser n'est pas toujours facile, mais cela peut faire partie de briefing avant-atterrissage. Face à des difficultés comme un train refusant de sortir par exemple, prendre le temps de respirer, de se détendre a souvent permis au pilote de faire baisser son rythme cardiaque et retrouver la sérénité suffisante pour effectuer une check-list et limiter les conséquences de l'incident mécanique ;
- Le pilote du Yak-3 (cas n°5) a été confronté à un réel problème (panne de volets) à bord d'un appareil exceptionnellement exigeant en matière de pilotage. Ecourter le vol, puis arrondir trop haut, remettre les gaz, perdre le contrôle en roulis est une séquence qui s'est heureusement bien terminée pour le pilote et qui montre les difficultés pour réagir sous l'effet du probable stress qu'il a dû ressentir. Nous ne pouvons donner de recommandation type, sinon d'aborder ces appareils hors classe avec une expérience hors du commun de la part des pilotes, seul gage de sérénité en cas de problème grave. ●