



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

## Comment éviter les atterrissages durs

PARCE QUE L'ANNÉE 2020 A ENREGISTRÉ UNE AUGMENTATION DE CE TYPE D'ATTERRISSAGES, NOUS VOUS AIDONS CE MOIS-CI À PRENDRE LA BONNE DÉCISION AU MOMENT OPPORTUN, SUIVEZ LES ENSEIGNEMENTS ET LES RECOMMANDATIONS (B) TIRÉS DE CES TROP NOMBREUX ACCIDENTS (A).

**E**n suivant l'actualité, nous avons constaté une recrudescence des atterrissages durs. Un sujet récurrent que nous avons traité sous des formes différentes, mais qui, tous les ans, apporte son lot de casses et parfois d'accidents corporels. Nos recommandations issues des circonstances des accidents étaient destinées à éviter de voir se renouveler de tels scénarios aux conséquences dramatiques pour les finances des aéroclubs et parfois, même si cette série n'a pas fait de victimes, pour les équipages eux-mêmes. En 2020, quatorze appareils ont subi des dégâts importants et les analyses des rapports du BEA, ou même seulement les notifications quand l'accident est très récent, montrent des causes nouvelles, notamment en matière de facteurs humains, associées aux causes traditionnelles de l'atterrissage dur.

Ce mois-ci, pas d'imprudences ou de fautes comme celles qui produisent des accidents graves. Mais plutôt des maladroites de la part de pilotes, plus ou moins entraînés ou même en formation, imputables la plupart du temps à une imprécision du pilotage suivie d'un mauvais jugement en courte finale. Nos recommandations auront pour objectif de vous aider à détecter une finale qui se présenterait mal, et le cas échéant vous aider à prendre la décision la plus sage : la remise de gaz alors qu'il en est encore temps.

### A. Quatorze accidents en neuf mois. Pas de blessés, mais toujours des dégâts importants

#### 1. Accident d'un Tecnam P2010 à Lyon-Bron (69)

*Voir lien #1 sur notre site*

Un pilote avec une expérience récente de 41 heures sur ce type d'avion effectue une navigation solo. Après une interruption liée au confinement, il avait reçu l'approbation de son instructeur pour des vols solos. Celui de l'accident était le quatrième. Arrivé à Lyon-Bron, il effectue une approche trop haut et plutôt rapide, et tente un arrondi à une vitesse sans doute trop élevée. Des rebonds s'ensuivent et l'appareil est gravement endommagé.

#### 2. Accident d'un Piper PA-32 à Saint-Barthélemy (977)

*Voir lien #2 sur notre site*

Le pilote réalise un circuit de piste trop court, avec un dernier virage effectué à basse hauteur, qui ne lui permet ni de s'aligner sur la piste, ni de stabiliser sa finale. Il touche durement la piste. L'appareil est gravement endommagé.

#### 3. Accident d'un Diamond DA20 à Angers-Marcé (49)

*Voir lien #3 sur notre site*

Un pilote peu entraîné (93 heures de vol dont 6h10 en solo) se fait surprendre par le vent traversier à l'atterrissage. L'appareil est gravement endommagé.

Date	Appareil	Lieu	Nature du vol	Circonstances	Dégâts
1 30/05/20	Tecnam P2010	Lyon-Bron (69)	Voyage	Majoration de la vitesse en finale, rebonds	Appareil gravement endommagé
2 06/06/20	Piper PA-32	Saint-Barthélemy (977)	Voyage	Finale mal stabilisée, circuit de piste très court	Dégâts importants
3 09/06/20	Diamond DA20	Angers (49)	Solo supervisé	Atterrissage vent de travers mal contrôlé	Dégâts importants
4 03/07/20	Mooney M20	Troyes (10)	Voyage	Rupture du train avant lors de l'atterrissage	Dégâts importants
5 11/07/20	Robin DR400	Saint-Omer (62)	Instruction	Arrondi à trop faible vitesse, atterrissage dur	Dégâts importants
6 28/07/20	Cirrus SR22	Nancy (54)	Voyage	Assiette à cabrer trop forte, atterrissage dur	Dégâts importants
7 30/07/20	HR-200	Lille (59)	Vol local	Atterrissage dur, rebonds	Dégâts importants
8 16/08/20	Evektor	Mulhouse (68)	Solo supervisé	Atterrissage dur, rebonds	Dégâts importants
9 22/08/20	Issoire APM20	Dax-Seyresse (40)	Instruction	Arrondi trop haut, atterrissage dur	Dégâts importants
10 23/08/20	Cirrus SR20	Toulouse (31)	Vol local	Arrondi trop haut, rebonds	Dégâts importants
11 09/09/20	Robin DR400	Aubenas (07)	Vol local	Atterrissage dur, rebonds	Dégâts importants
12 22/11/20	Piper PA-28	Pointe-à-Pitre (971)	Vol local	Atterrissage dur, rebonds	Dégâts importants
13 02/01/21	Aero AT-3	Toussus-le-Noble (78)	Instruction	Atterrissage dur, rebonds	Dégâts importants
14 20/02/21	Robin DR400	Valenciennes (59)	Vol local	Vent de travers, atterrissage dur	Dégâts importants

#### 4. Accident d'un Mooney M20 à Troyes-Barberey (10)

*Voir lien #4 sur notre site*

Juste une notification du BEA concernant la rupture du train avant à l'atterrissage. Les dégâts sont importants.

#### 5. Accident d'un DR400 à Saint-Omer (62)

*Voir lien #5 sur notre site*

Un atterrissage dur en instruction probablement dû à une finale trop pentue, gaz réduits, qui a produit un décrochage pendant l'arrondi. Le vol d'instruction faisait suite à une période d'inactivité après le confinement. Les dégâts sont importants.

#### 6. Accident d'un Cirrus SR22 à Nancy-Essay (54)

*Voir lien #6 sur notre site*

L'appareil se présente à l'atterrissage avec une forte assiette à cabrer. Le pilote perd le contrôle, rebondit et sort de la piste. Les dégâts sont importants.

#### 7. Accident d'un Robin HR-200 à Lille-Lesquin (59)

*Voir lien #7 sur notre site*

Le pilote préoccupé par un problème radio n'a pas le temps de se concentrer sur son atterrissage. L'avion rebondit dès le premier contact et le train s'efface au troisième rebond. Les dégâts sont importants.

#### 8. Accident d'un Evektor Aerotechnik Sportstar RTC à Mulhouse-Habsheim (68)

*Voir lien #8 sur notre site*

Une élève fraîchement lâchée effectue deux tours de piste avec son instructeur, qui la lâche de nouveau pour un vol solo. Malgré une approche qui semble correcte l'appareil rebondit deux fois, touche durement la piste et finit par casser le train avant. Il est possible que l'élève ait été surprise par le comportement différent de l'avion allégé et que la vitesse de 60 kt soit trop élevée au regard

de la masse de l'avion. Les dégâts sont importants. Pour beaucoup de nos avions très légers, il y a lieu d'interpréter correctement le « Manuel de vol » en adaptant la vitesse d'approche à la masse de l'avion. Dans le cas présent, l'appareil en configuration volets 2<sup>e</sup> cran décroché à VSO = 40 kt à la masse max de 600 kg. L'avion au moment de l'accident était utilisé en monoplace et ne devait pas dépasser 500 kg. Soit une correction sur VS de racine  $(500/600) = 0,913$ . Sa vitesse VSO était donc de  $40 \times 0,913 = 37$  kt.

Approcher à 1,3 VS aurait conduit à une vitesse de 48 kt. A 60 kt, l'excédent de 12 kt pouvait poser de réels problèmes pour atterrir (voir note technique ci-après, chap. B, §2).

#### 9. Accident d'un Issoire APM20 à Dax-Seyresse (40)

*Voir lien #9 sur notre site*

Approche non stabilisée, arrondi haut, atterrissage dur. Les dégâts sont importants.

#### 10. Accident d'un Cirrus SR20 à Toulouse-Lasbordes (31)

*Voir lien #10 sur notre site*

Le pilote après des hésitations finit par décider d'atterrir. Sans doute à une vitesse excessive qui provoque un rebond très haut. Le pilote tire le manche, mais ne remet pas les gaz. Trois rebonds suivent et le train avant se rompt. Les dégâts sont importants.

#### 11. Accident d'un Robin DR400 à Aubenas (07)

*Voir lien #11 sur notre site*

Nouveau scénario d'un atterrissage avec rebonds. Enquête en cours. Les dégâts sont importants.

#### 12. Accident d'un Piper PA-28 à Pointe-à-Pitre (971)

*Voir lien #12 sur notre site*

Encore un atterrissage avec rebonds. Rupture du train avant. Enquête en cours. Les dégâts sont importants.

### 13. Accident d'un Aero AT-3 R100 à Toussus-le-Noble (78)

*Voir lien #13 sur notre site* Lors d'un vol d'instruction l'appareil se présente pour un atterrissage complet. L'appareil rebondit. L'instructeur reprend les commandes, mais ne peut éviter la sortie de piste. Les dégâts sont importants.

### 14. Accident d'un Robin DR400 à Valenciennes (59)

*Voir lien #14 sur notre site* Au cours d'un atterrissage par vent de travers, le toucher est dur et le train avant se rompt. Les dégâts sont importants.

## **B. Enseignements et recommandations : éviter une vitesse verticale d'impact trop élevée**

L'atterrissage dur, dans l'axe de la piste, est toujours lié à une vitesse verticale trop élevée, au moment du toucher. Un vario instantané trop fort produit un impact trop violent pour la résistance du train qui va subir le premier le contact avec la piste (train principal, roulette de nez, roulette de queue). L'impact a un effet destructeur sur le train lui-même et la plupart du temps sur l'ensemble de la structure de l'avion. A noter dans la série précédente, trois atterrissages durs qui sont dus à un alignement incorrect, l'un, à la suite d'une finale trop courte, n'a pas permis de bien s'aligner (cas n°2), les autres (cas n°3 et 14) sont provoqués par du vent de travers. Concernant les cas où la vitesse verticale d'impact est trop élevée et le toucher dans l'axe, quatre raisons peuvent en être la cause :

- une arrivée à vitesse correcte, finale bien stabilisée, mais avec un arrondi insuffisant. Cas plutôt rare et non présent dans la série de ce mois-ci;
- une arrivée à une vitesse trop élevée qui produit un ou plusieurs rebonds se terminant par une trajectoire et une assiette incontrôlées (cas n° 1, 7, 8, 10, 11, 12 et 13);
- une arrivée à une vitesse probablement trop basse qui produit un enfoncement et une perte de contrôle lors de la manœuvre d'arrondi (cas n° 5 et 6);

• un arrondi effectué trop haut (cas n°9).

### 1. Arrivée à vitesse correcte, finale bien stabilisée, mais arrondi tardif ou trop timide

Un avion centré plus avant que d'habitude avec une action au manche insuffisante, une approche sans que la piste ne soit trop visible (nuit, pluie, soleil de face, etc.)... sont des facteurs qui peuvent provoquer un atterrissage dur, mais en général sans trop de dégâts. A noter qu'avec un vario en finale inférieur à 500 pieds/minute, comme il est d'usage sur la plupart de nos petits avions dont la vitesse en finale est inférieure à 100 nœuds, l'impact est bien toléré par le train d'atterrissage et ne devrait pas engendrer de dégâts. D'autant plus que, conformément à la règle (CS-VLA; CS-23), tous les appareils certifiés ont dû démontrer, lors des essais certificatifs, que le train d'atterrissage peut supporter une vitesse verticale jusqu'à 1,2 fois la vitesse limite de descente. Comprenez qu'un appareil qui exécute normalement sa finale à 70 kt et suit son plan à 5 %, à -350 pieds/minute, doit pouvoir toucher la piste sans dégâts avec un vario de -420 pieds/minutes. Toucher la piste à la vitesse d'approche et au vario d'approche, sans arrondi, est finalement moins destructeur que toutes les tentatives maladroites de correction du rebond ou pire, les « arrondis qui remontent haut » de peur de toucher trop tôt ou trop fort !

### 2. Arrivée sur un plan stabilisé, mais avec une vitesse trop élevée

Voir détails Info-Pilote n°766 de janvier 2020.

Le pilote ne perçoit pas qu'au moment du toucher l'excédent de vitesse est susceptible de provoquer un excédent de portance (portance devenant brutalement supérieure au poids de l'avion à 1 g). Pour peu que la réaction des roues provoque une augmentation d'incidence, l'avion est réexpédié en l'air plus ou moins haut selon l'élasticité du train.

Le mécanisme du rebond décrit dans le numéro 762 d'Info-Pilote de septembre 2019 est engagé et s'amplifie pour se terminer par un dernier contact en général avec une vitesse verticale beaucoup plus importante que lors du premier contact. D'où la recommandation de remettre les gaz et de se présenter de nouveau avec une vitesse d'approche correcte. La tentation de prendre contact avec la piste, tout en étant bien conscient de l'excédent de vitesse, est grande quand on voit défiler les balises. Mais le rebond sera inévitable. Sinon en survitesse on peut tenter la résorption de vitesse, tout réduit en effet de sol. Le calcul issu des données de l'exemple 8 montre qu'on risque fort de s'ennuyer en effet de sol et de précipiter le contact, car la régression de vitesse est plus lente qu'on ne le voudrait. En effet, en arrivant à 60 kt sur la piste alors que la vitesse qui va permettre de commencer l'arrondi est de 48 kt, on va attendre environ 6 secondes (décélération moyenne de  $-0,1 \text{ g}$  ou  $-1 \text{ m/s}^2$ ). Soit 170 m de piste qui vont paraître bien longs. Il faut donc absolument freiner la tentation qui consiste à « chercher le sol prématurément » avec l'espoir de pouvoir s'arrêter avant le bout de la piste.

### 3. Arrivée à une vitesse trop basse favorisant une perte de contrôle pendant l'arrondi

Voir Info-Pilote n°736 de juillet 2017.

Deux cas sont très symptomatiques de la basse vitesse : décrochage du DR400 pendant l'arrondi (cas n°5) et perte de contrôle à forte assiette du Cirrus (cas n°6). Les pilotes n'ont pas réagi sur le fait que l'incidence s'approchait dangereusement de celle du décrochage. Les deux signes suivants auraient pourtant dû les alerter : (figure 1)

- un enfoncement gaz réduits non détecté à temps du DR400. L'appareil est proche du décrochage au cours de l'arrondi tenté à forte pente. Il ne peut se terminer avant le décrochage. A noter que sur un plan d'approche

plus pentu, que celui à 5 % suivi habituellement, l'arrondi sera plus violent et produira une variation du facteur de charge plus importante que pour « l'arrondi standard » raccordant la pente à 5 % au plan de la piste;

- la prise d'assiette intempestive du Cirrus pendant la courte finale. Un tel phénomène est caractéristique d'une vitesse trop faible. Le pilote afin de rester sur un plan correct choisit de cabrer l'appareil dans l'espoir de l'empêcher de s'enfoncer alors qu'il vaudrait mieux augmenter la puissance. On éviterait le passage aux incidences fortes qui s'ensuit et se traduit par une inefficacité des commandes notamment des ailerons, d'où la perte de contrôle en inclinaison.

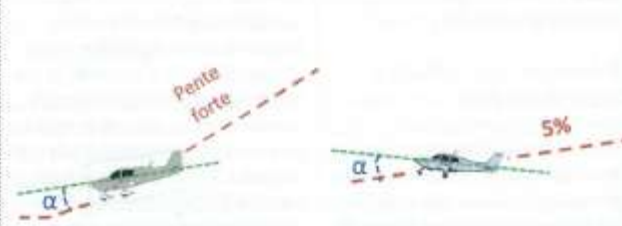


Figure 1. Passage à une forte incidence au voisinage du sol

- à gauche, cas du DR400 qui suit une trajectoire curviligne après une trajectoire très pentue, gaz réduits. Il subit alors un facteur de charge supérieur à 1 qui accroît le risque de décrochage. De plus, l'assiette à piquer ne donne pas au pilote l'impression de forte incidence  $\alpha$ . L'exercice d'arrivée gaz réduits exige une surveillance précise de la vitesse que l'arrondi fera régresser plus vite qu'une arrivée sur le plan à 5 %;
- à droite, cas du Cirrus qui passe à forte incidence  $\alpha$  tout en maintenant sa pente idéale et s'approche du décrochage avec un facteur de charge voisin de 1. Pas d'inquiétude apparente pour le pilote, sinon l'assiette anormalement élevée. Le pilote n'a probablement pas bien surveillé sa vitesse en finale.

### 4. Un arrondi effectué trop haut

Un pilote perturbé, ne retrouvant pas ses marques par rapport à la piste, une remontée intempestive lors d'une tentative d'arrondi prématurée alors que la vitesse est encore largement supérieure à la vitesse d'atterrissage, peuvent conduire l'avion à se retrouver inconfortablement à plusieurs mètres du sol alors que les premiers signes de décrochage se manifestent : avertisseur, buffeting et perte d'efficacité des commandes. La tentative est forte de réagir brutalement : pousser le manche afin de retrouver la vitesse, mais c'est trop tard ou tirer le manche afin d'éviter de prendre une assiette à piquer. Dans les deux cas, le remède serait en général pire que le mal. Seule une remise de gaz complète pour un nouveau circuit de piste ou simplement de quelques secondes de gaz pour aider la reprise de contrôle, comme pour un rebond, sont recommandées. La procédure complète de remise de gaz suivie d'un circuit de piste est plus simple à exécuter et préférable à la remise de gaz temporaire pour un pilote non entraîné à cet exercice délicat.



Figure 2. Arrondi effectué trop haut. La remise de gaz complète est préférable, pour un pilote moyennement entraîné, à une tentative hasardeuse de contrôle de la trajectoire aux gaz jusqu'au sol, surtout sans entraînement.

### 5. Recommandation d'ordre général : attention au sous-entraînement!

« *Tout le vol est raison, l'atterrissage est adresse...* »

Après les périodes ne permettant pas l'entraînement régulier, comme ce fut le cas en 2020 et comme ça peut être le cas pour les mois qui viennent, il y a lieu de se méfier de la perte de nos automatismes. Bien que nous n'en ayons pas conscience, bien que nous continuions à préparer nos vols en redoublant de sérieux, les savoir-faire bien affûtés, comme ceux que l'atterrissage exige, peuvent s'érouiller et produire des imprécisions catastrophiques pour le matériel. En particulier la qualité de la stabilité en finale, la tenue de la vitesse peuvent être moins assurées quand on est sous-entraîné. Efforcez-vous de vous souvenir des toutes premières

leçons (assiette, affichage de la puissance, contrôle de l'anémomètre, visualisation du point d'aboutissement...). Un vol de contrôle, même si vous êtes expérimenté, même si vous n'avez pas conscience d'avoir perdu votre habileté, vous permettra de vous évaluer et de vous rassurer.

Et d'une manière générale, si vous êtes sous-entraîné, méfiez-vous des finales où vous n'êtes plus dans le cadre standard habituel. Par exemple un circuit de piste encombré peut vous obliger à retarder votre mise en descente (voir REX du mois). Vous risquez alors de ne pas réussir à retrouver le bon plan, la bonne vitesse, les bons repères...

Tous les éléments sont réunis pour un atterrissage dur. Décider de repartir pour un nouveau circuit de piste sera plus sage la plupart du temps.

### REX du 23/01/2021 FTWQFFN5DF

#### Description de l'événement :

En tour de piste, nous étions 5 aéronefs, j'étais n°3.

- Arrivé en début de base, j'ai préparé la machine (C172), réchauffé carbu, 2 000 tr/min, arc blanc, un cran de volets, sachant que j'étais 3<sup>e</sup> je n'ai pas débuté la pente de descente normalement mais je suis resté assez haut.
- Je n'ai pas cru bon de corriger et j'ai donc débuté la finale assez haut (1 000' peut-être), ma pente de descente était donc supérieure à 5 %, j'ai mis 30° de volets.
- Je suis arrivé sur la piste un peu vite (-70kt).
- Au touché sur la piste, j'ai tapé un peu dur et je n'arrive pas à me souvenir si c'était le train principal ou si j'ai atterri sur 3 points!
- Le train avant est devenu difficilement contrôlable avec de fortes vibrations, quelques petites embardées à gauche puis à droite, puis la vitesse se réduisant j'ai pu rouler normalement et libérer la piste.
- Au roulage, de la sortie de la piste au parking, je n'ai pas eu de problème particulier, tout semblait redevenu normal.
- De retour au parking, j'ai inspecté les trains et constaté de l'huile sur le carénage du train avant.
- J'ai prévenu l'aéroclub de façon à bloquer l'avion.
- J'ai mentionné « indisponible » sur le tableau.

#### Commentaires du déclarant :

Concernant mon expérience cette année :

- Le Covid m'a empêché de réaliser les sorties prévues, donc aucun voyage.
- Je n'ai réalisé que des entraînements : 11 vols dont certains avec instructeur, pour un total de 7 h 18.
- J'ai eu mon brevet en 2001 et je totalise 467 h 03 de vol.