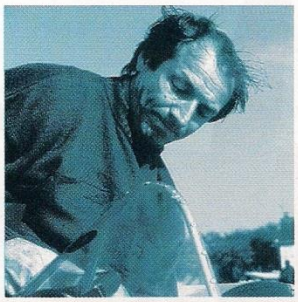


par **MICHEL BARRY**
Pilote professionnel,
ingénieur aéronautique

Accidents d'appareils à train classique
Souvent dus à un manque d'apprentissage !

La raréfaction des avions à train classique en aviation générale donne un caractère un peu exceptionnel à leur utilisation. Il s'ensuit une perte progressive d'expertise, et les rares pilotes qui cherchent à retrouver le charme discret des avions de grand-papa se heurtent à des difficultés dont ils sous-estiment parfois le niveau.

Piloter un appareil à train classique alors qu'on est totalement débutant nécessite naturellement un apprentissage graduel, une attention soutenue et un bon instructeur car tout est nouveau pour l'élève. En revanche, comme c'est le plus souvent le cas aujourd'hui pour les pilotes venant du train tricycle, l'environnement familier d'une cabine d'avion peut leur faire oublier qu'ils sont totalement débutants en matière de train classique. Pire ! Ils peuvent en cas d'urgence ou de précipitation, notamment lors d'embardées, appliquer des corrections venant de leur vécu sur train tricycle et qui ne sont absolument pas adaptées au contrôle au sol d'un appareil à train classique.

Les accidents ou incidents sont en général peu graves car la perte de contrôle a lieu plutôt à faible vitesse, au sol. Ils se soldent la plupart du temps par des endommagements de l'appareil, rarement par des blessures (exemples BEA n° 1 et n° 2). Cependant une utilisation inadaptée ou mal maîtrisée du train classique peut conduire à un décollage difficile (exemple BEA n° 3). Parfois même à un décollage prématuré suivi d'une montée catastrophique.

A-Différences essentielles entre un train classique et un train tricycle

1.L'assiette au sol

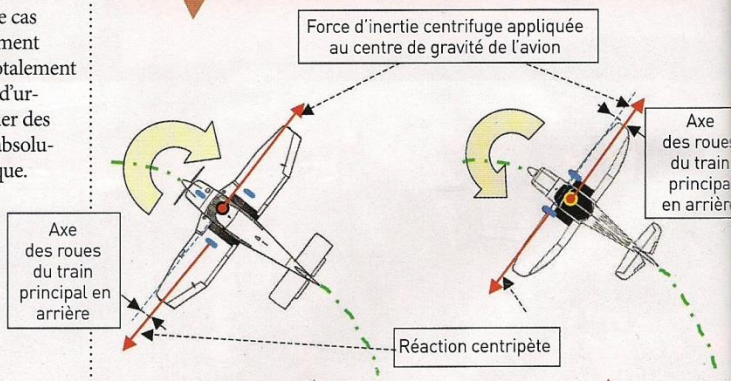
Assis dans un appareil à train classique, le pilote a moins de visibilité vers l'avant, et les détections des écarts d'axe, notamment lors de la mise en puissance au décollage ou à la fin du roulage à l'atterrissage, sont plus tardives que sur un appareil à train tricycle. Or on sait que la promptitude de la correction est capitale. En effet, dès que l'appareil à train classique commence à pivoter queue basse vers la droite ou vers la gauche, il peut très vite parvenir à un écart d'axe qu'il n'est plus possible de corriger (voir ci-dessous « Équilibre instable en lacet lors du roulage »).

2.L'équilibre instable en lacet lors du roulage d'un appareil à train classique (Figure 1)

Pour emprunter une image au monde de la compétition automobile, l'avion à train classique est « survireur » lorsqu'il roule 3 points (tendance au « cheval de bois »). Il s'agit donc d'un équilibre instable en lacet. La trajectoire est rectiligne seulement si le pilote procède, par un contrôle actif permanent, à de mini-corrections des écarts engendrés par les forces qui s'exercent lors du roulage. L'exemple BEA n° 1 montre comment le brusque virage involontaire à droite s'est accentué et a engendré des forces suffisantes pour détruire la jambe gauche fortement sollicitée puisqu'à l'extérieur du virage.

Roulette de queue bloquée dans l'axe, on pourrait imaginer une trajectoire rectiligne. Mais elle est aussi utopique que celle décrite sur l'autoroute avec votre automobile volant bloqué. Pour différentes raisons, ces systèmes sont divergents et nécessitent des actions permanentes de régulation pour garder le cap.

Figure 1. Explication de la différence de comportement lors d'un virage au sol. Les deux appareils sont en train de virer à gauche.



a. Train tricycle
En virage à gauche, la force d'inertie centrifuge qui s'applique au centre de gravité tire l'avion vers l'extérieur du virage. La réaction des roues du train principal crée une réaction centripète. Le centre de gravité étant en avant du train principal, le couple engendré par les deux forces tend à faire tourner l'avion vers la droite donc à redresser la trajectoire. La roulette de nez, faiblement chargée, engendre une réaction peu déterminante dans l'équilibre des forces.

b. Train classique
Mêmes forces, mais le train principal est en avant du centre de gravité. Les deux forces créent alors un couple qui tend à faire pivoter l'avion dans le sens du virage. Le rôle de la roulette de queue qui a tendance à suivre le mouvement, ou qui est décollée du sol, est peu déterminant. À noter que l'adhérence de la piste, à l'origine de la réaction centripète des roues, est plus forte sur piste en dur que sur piste en herbe. D'où la plus grande difficulté à évoluer sur piste en dur avec un appareil à train classique.

Pour un appareil à train tricycle, le comportement est plutôt « sous-vireur » (Figure 1.a.). Cela ne signifie pas que sans action du pilote l'appareil resterait sur une trajectoire parfaitement rectiligne. Mais quand il s'embarque en virage, les forces qui agissent ont tendance à arrêter le virage, ce qui dégrossit déjà une trajectoire sensiblement rectiligne. Ensuite, le pilote n'a plus qu'à diriger précisément son appareil sans trop se préoccuper du risque de cheval de bois. On résumera « train tricycle » par : le cap est quasi asservi et le rôle du pilote consiste simplement à supprimer les écarts entre la position de l'appareil et la position idéale (axe matérialisé de la piste par exemple).

En cas de piste en herbe (axe non matérialisé), le pilote de l'avion à train tricycle se contentera le plus souvent de rester sensiblement au milieu de la piste.

Au contraire, le pilote de l'avion à train classique (Figure 1.b.) se battra jusqu'au bout pour bien conserver un cap et éviter ainsi le cheval de bois, et ce d'autant plus que, l'appareil ralentissant, l'effet aérodynamique stabilisateur de la dérive diminuera.

3. Les moyens dont dispose le pilote de l'avion à train classique pour contrôler les écarts de cap lors du roulement « queue basse »

a La directivité de la roulette de queue

Elle est en général conjuguée à la gouverne de direction grâce à des ressorts (Figure 2). Les ressorts sont nécessaires pour éviter que les irrégularités du sol (ornières, taupinières…) ne produisent des contraintes mécaniques importantes sur l'ensemble des organes de la gouverne de direction (palonniers, câbles, guignols de dérive). Ces ressorts doivent impérativement être connectés. Par exemple, ne pas oublier de les vérifier si on a l'habitude de les déconnecter lorsque l'avion est garé. Leur tension est capitale : trop détendus, ils introduisent un jeu et un retard qui sont préjudiciables à l'autorité du pilote sur l'orientation de la roulette de queue; trop tendus, ils ne protègent plus le système. Lors de la visite prévol le pilote doit savoir les contrôler. Une fois assis au poste de pilotage, le pilote doit également savoir évaluer leur efficacité dès le début du taxiage.

Figure 2.
L'état des ressorts de conjugaison du pivotement de la roulette de queue, un réglage correct de leur tension, un pivot parfaitement graissé sont autant de points qui donnent au pilote le maximum d'autorité pour guider un appareil à train classique lors de ses déplacements au sol.

La roulette de queue peut également être libre (non conjuguée avec la dérive). L'action différentielle sur les freins l'oriente dans la bonne direction. Ce dispositif que l'on trouve plutôt sur les gros avions (DC3, Beech 18, warbirds..) nécessite un bon dosage de la part du pilote afin d'éviter un blocage prolongé des roues. En général, la roulette de queue est bloquée dans l'axe pendant la courte phase de début du roulage au décollage ou à l'atterrissage. Il faut ensuite la débloquer pour taxier.

b L'effet aérodynamique de la gouverne de direction (de symétrie)

Il participe dans le même sens que la roulette de queue à produire une force aérodynamique horizontale et latérale, à gauche ou à droite, pour aider à orienter la queue de l'appareil. Sur les appareils à patin (pas de roulette de queue mais une béquille frottante), la gouverne de direction contrôle alors seule la trajectoire au sol.

Dans tous les cas elle trouve son alimentation en pression dynamique :

- soit par la vitesse relative de l'avion, donc faible à très basse vitesse et en général très efficace à la vitesse de décollage ou d'atterrissage;
- soit par un coup de gaz qui peut la souffler le temps qu'elle rétablisse la situation;
- soit par le vent de travers, ce qui n'est pas toujours souhaité (effet girouette) !

c Le lacet inverse des ailerons

Le vent de face (comme c'est le cas en vol) produit davantage de traînée sur l'aile dont l'aileron se baisse que sur celle dont l'aileron se lève. Sauf dispositifs particuliers de réduction du déséquilibre de ces deux sources de traînée (braquage différentiel des ailerons, aileron de type « Frise », spoilers destinés à compenser la différence de traînée gauche/droite…), le pilote pourra utiliser efficacement cette différence de traînée pour produire un couple de lacet. Par exemple, par vent de face, lors du roulage, incliner le manche à gauche lèvera l'aileron gauche et baissera l'aileron droit. La demi-aile droite aura une traînée supérieure à celle de la demi-aile gauche, ce qui provoquera une tendance à virer à droite. Cette tendance, en général bien plus modérée que celle de la roulette de queue ou de la dérive, peut cependant rajouter le petit plus qui évitera le cheval de bois. Au contraire, le lacet inverse mal utilisé peut accentuer la perte de contrôle. Par roulage vent de face, on manœuvre le manche et le palonnier en sens contraire. Par vent arrière, l'effet de traînée est inversé et on manœuvre le manche et le palonnier dans le même sens.

Par vent latéral, la vitesse d'avancement de l'avion se comporte comme un vent de face. Sachant que naturellement l'avion a tendance à se mettre nez au vent (effet girouette) on comprend pourquoi au roulage on maintient le manche dans le vent. D'autant plus que le vent ayant aussi tendance à soulever la demi-aile située de son côté, le fait de lever l'aileron diminuera la portance, donc l'effet renversant du vent latéral par la même occasion.

d Les freins

Comme pour un appareil à train tricycle, l'action différentielle sur les freins (à gauche ou à droite) aide à virer ou à contrer un départ en cheval de bois. Cependant, sur un appareil à train classique, une

L'avis d'un instructeur expérimenté

Info-pilote. Jean-Pierre Ravet, vous étiez pilote de ligne et instructeur. Aujourd'hui vous êtes instructeur en aéroclub. Vous totalisez plus de 30 000 heures de vol et vous avez connu tous les appareils de notre époque, du milieu des années 1950 à nos jours. Du D 112 au DC 3 en passant par le B 747. Quels conseils d'ordre général prodiguez-vous à vos élèves qui apprennent à voler sur des appareils à train classique ?

Jean-Pierre Ravet. Je demande à privilégier au maximum le roulage avec l'utilisation des effets moteur, en conjuguant la roulette quand elle est installée, l'utilisation des palonniers avec des pressions et non par des mouvements brusques. Toujours limiter l'usage des freins au strict minimum, privilégier la position des commandes en les croisant vent debout et en conjuguant vent arrière, et manche dans le vent quand il vient de côté.

I.-P. Sur quelle précaution plus particulière insistez-vous ?

J.-P. R. La matérialisation du vent lors du roulage avec souvent ses changements de direction est essentielle afin d'être prêt à contrer ses variations et d'éventuelles sursautes ou des rafales. Surveiller chaque fois que cela peut se faire la manche à air, en force et direction.

I.-P. Et côté pilotage, quels conseils essentiels ?

J.-P. R. J'insiste particulièrement et avec force sur trois points avec mes élèves. Ils sont d'autant plus réceptifs qu'ils sont jeunes ou pas trop « déformés » par le tricycle.

1. Travailler à la tendance (dérivée seconde de l'écart… !) de façon à détecter très rapidement un écart, donc petit écart nécessitant une faible correction entraînant de faibles effets secondaires et tout cela dans un faible laps de temps ! Tout doit être faible, limité !
2. Travailler en pression sur les commandes en les « verrouillant » lorsque le braquage nécessaire de la gouverne est obtenu. Cela évite des salades de commandes, manches, tatanes (palonniers) !
3. L'utilisation « des pieds » est prépondérante, que ce soit pour la symétrie (la bille !) ou les tenues d'axe.

Et pour conclure… un atterrissage avec un appareil à train classique n'est accompli que lorsque le frein de parc est appliqué au parking, moteur arrêté !

action mal dosée sur un frein ou sur les deux peut provoquer un basculement vers l'avant et de graves dégâts comme la rupture de l'hélice lors du passage « en pylône » ou même un retournement complet par l'avant, l'appareil finissant sur le dos (exemples BEA n° 2 et n° 3). Ainsi, le pilote de l'appareil à train classique utilisera les freins avec prudence alors que le pilote de l'appareil à train tricycle ne risque pratiquement rien lors d'un freinage énergique, symétrique ou non.

4. Les différentes perturbations qui compliquent la tenue d'axe (couples)

Le pilote du monomoteur à hélice doit connaître les effets moteur. C'est-à-dire les tendances à la dissymétrie engendrées par le fait que le moteur tourne dans un sens. Ces effets moteur sont globalement plus gênants sur un appareil à train classique que sur un appareil à train tricycle. Après avoir sommairement décrit leur principe, on comprendra mieux en quoi l'appareil à train classique est davantage pénalisé que l'appareil à train tricycle.

a Le couple de renversement du moteur. Il est dû au fait que l'hélice résiste dans l'air et que le moteur a tendance à pivoter dans le sens contraire. Lors du roulage au décollage ce couple provoque une tendance au roulis qui peut charger une roue davantage que l'autre. En général peu sensible, quant à ses conséquences, il se manifeste d'autant plus que le couple résistant de l'hélice est important. Il est très perceptible avec les moteurs équipés de réducteurs qui amplifient le couple transmis à l'hélice (en diminuant son régime de rotation). On doit connaître son existence et son influence pour les appareils à train classique plus vulnérables en stabilité au roulage. Par exemple sur un CAP 10 à moteur Lycoming, qui tourne dans le sens des aiguilles d'une montre vu de la place pilote, on charge la roue gauche ce qui donne une tendance à embarquer à gauche. Il faut s'en méfier davantage lorsque le sol est meuble (exemple BEA n° 3).

b Le couple gyroscopique de l'ensemble des parties en rotation (hélice, moteur, réducteurs…). Forcer l'axe d'une masse tournante à changer d'orientation produit un couple de précession gyroscopique qui tend à faire dévier l'axe à 90° de la sollicitation. Et ce avec davantage d'intensité si les masses en rotation sont élevées et si la vitesse de changement de l'orientation initiale est grande. La vitesse de rotation des parties tournantes augmente l'intensité du couple gyroscopique.

Ainsi, quand on décolle avec un appareil à train classique, le fait de passer de l'assiette « queue au sol » à l'assiette « ligne de vol » modifie la direction de l'axe moteur et de l'hélice. Il s'ensuit une réaction gyroscopique (seulement pendant le mouvement du lever de la queue) d'autant plus violente que la mise en ligne de vol a été brutale. Le nez de l'appareil a alors tendance à partir à gauche ou à droite pendant la rotation autour de l'axe de tangage. Pour le CAP 10, le couple de précession gyroscopique fera partir le nez vers la gauche. Pour un DR 400, pas de variation d'assiette pendant le début du décollage, donc pas de risque de créer un couple de précession gyroscopique !

c Le couple de lacet dû au souffle hélicoïdal (Figure 3). Le souffle de l'hélice qui s'enroule en nappes hélicoïdales autour du fuselage attaque la dérive verticale avec une incidence non nulle. Par exemple le GMP du CAP 10 produit un souffle qui attaque la dérive par la gauche ce qui provoque un couple de lacet vers la gauche (3e couple qui fait partir le nez de l'avion à gauche !).

d L'effet de « pale montante ou descendante » de l'hélice. Pour l'appareil à train classique, celui dont l'assiette au sol est forte, le plan de l'hélice n'est pas perpendiculaire à l'avancement de l'avion qui débute son décollage queue basse. Il s'ensuit une différence d'incidence entre la pale montante (incidence diminuée) et la pale descendante (incidence accrue). L'hélice « tire » donc davantage du côté de la pale descendante et l'avion a tendance à virer du côté de la pale montante. Encore une bonne raison pour faire dévier le nez du CAP 10 vers la gauche !

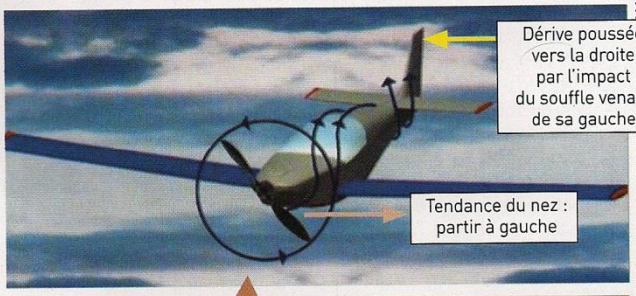


Figure 3.
Écoulements issus d'une hélice qui tourne dans le sens des aiguilles d'une montre vue de la place pilote. La dérive sera poussée vers la droite de l'avion et le nez aura tendance à partir à gauche, avion en appui sur son train ou non.

B - Quelques incidents récents (2014 et 2015 + REX de 2015) caractéristiques, liés à la méconnaissance du comportement de l'avion à train classique et les recommandations qui en découlent

Exemple BEA n° 1

Jodel DH251 F-POKD,
le 12 janvier 2014 à Niort
www.bea.aero/docspa/2014/f-kd140112/pdf/f-kd140112.pdf

Un élève prend une série de mauvaises décisions : poursuite de l'arrivée malgré un vent de travers irrégulier, choix de la piste en dur… car sa faible expérience ne lui permet pas d'évaluer correctement la situation. Son instructeur témoigne d'un apprentissage plutôt laborieux. À l'atterrissage, il est surpris par une embardée qu'il ne parvient pas à contrer. Bien qu'aucune faute grave n'ait été commise, on recommandera aux instructeurs de prendre davantage de marges avant de laisser partir un élève seul avec un appareil à train classique, un jour où la vitesse du vent qui souffle en rafales avoisine celle du vent de travers maxi démontré par le constructeur. Éviter les pistes en dur !

Exemple BEA n° 2

Piper PA-19 F-BOOV,
le 5 juillet 2014 à Pérouges-Meximieux
www.bea.aero/docspa/2014/f-ov140705/pdf/f-ov140705.pdf

Un pilote moyennement expérimenté sur Piper PA-19 se laisse surprendre par une embardée. Bien que les conditions de vent de travers ne soient pas trop pénalisantes, il ne parvient pas à redresser la trajectoire. En utilisant brutalement le frein gauche il passe en pylône puis termine sur le dos.

Encore une fois, la surprise due à la brutalité de l'embardée semble avoir joué un rôle déterminant sur la perte de contrôle. Un apprentissage plus complet aurait probablement permis au pilote de faire des corrections initiales mieux dosées.

Exemple BEA n° 3

MUDRY CAP 10 F-GYDC, le 17 mars 2015 à Bordeaux-Léognan-Saucats
www.bea.aero/docspa/2015/BEA2015-0117/pdf/BEA2015-0117.pdf

Le lever de la queue, lors du décollage d'un CAP 10, provoque une embardée à gauche, probablement à cause de l'ensemble des effets moteur évoqués ci-dessus. La brutalité du mouvement ne laisse pas au pilote le temps de bien doser la correction. L'avion se retourne après que le train s'est enlisé dans une zone meuble.

Bien que le CAP 10 soit un appareil dont les effets moteur sont relativement importants lors du décollage, des milliers de pilotes sont parvenus à comprendre et à maîtriser ses réactions. Certains même, privés de l'usage de leurs jambes, réussissent avec une commande de contrôle du lacet manuelle !

Remarque qui milite pour l'efficacité d'un apprentissage bien encadré et qui démontre que des pilotes attentifs et surtout fortement motivés parviennent parfaitement à maîtriser un appareil à train classique.

Recommandations complémentaires pour les pilotes d'avions à train classique

• Rouler lentement, car ainsi vous pouvez disposer à tout moment de quelques secondes de souffle moteur pour rétablir la situation.

À trop grande vitesse de taxiage, on n'ose plus, de peur d'accroître la vitesse et d'être obligé de réduire, ce qui déventera la gouverne de direction.

• Éviter les sols boueux qui risquent de vous faire basculer sur le nez.

• Taxiez si possible loin des obstacles de piste. Le cas échéant, vous terminerez ainsi votre cheval de bois sans rien toucher.

• Méfiez-vous du comportement sur piste revêtue (piste en dur). Ne prévoyez pas un voyage vers un aérodrome où vous seriez obligé d'en emprunter une si vous ne l'avez jamais fait auparavant.

• Apprenez les positions idéales du manche dès que vous roulez avec un peu de vent au sol. Positions générales pour les appareils à train classique mais aussi spécificités liées à votre appareil.

• Stationner un appareil à train classique face au vent, bien calé ou bien freiné, gouverne de profondeur bloquée position à cabrer : attachée par la ceinture de la place gauche et non de la place droite.

REX du mois

Freinage à l'atterrissage

En préparation, rappel des vitesses de rotation, de montée, de palier dans le vent AR, de réduction en étape de base et d'approche finale, et de la particularité du pilotage pour amener l'avion, un Piper PA-11, en assiette 3 points à la fin du palier de décélération.

Rappel de la spécificité de la fin de l'atterrissage avec la faible efficacité de la gouverne de direction en position 3 points, et la nécessité d'anticiper la tendance de l'avion de se mettre « le nez au vent », et de l'intérêt d'utiliser la traînée différentielle des ailerons pour corriger les écarts de trajectoires au sol, en conservant le manche secteur AR.

Lors du 6e et dernier atterrissage, l'avion étant au sol sur ses trois roues et à vitesse réduite, l'avion tend à se mettre « nez au vent », et nous sommes à proximité de la limite Ouest de la piste 08. Voyant que l'élève rencontre quelques difficultés à ramener l'avion vers le centre de la piste, je reprends les commandes, et actionne par touches successives les commandes de frein (aux talons sur cet avion). Malheureusement une dépression de la piste sous la roue droite accentue le freinage, et entraîne la levée de la queue de l'avion ce qui vient surajouter le poids de mon corps sur les freins et provoque la mise en pylône de l'avion. L'avion retombe sur ses trois roues.

Je coupe les magnétos, et demande à l'élève de fermer la vanne de carburant et de couper le contact général, et nous évacuons l'avion.

Dans les cinq minutes, un contrôleur de la TWR nous rejoint avec le véhicule d'intervention, nous faisons une première inspection sur la piste autour de l'appareil et nous récupérons le bout de la pale d'hélice cassée.

Commentaires de l'auteur, instructeur du REX

• Les raisons de la survenue de cet accident

Les raisons principales de cet accident sont le freinage trop important, associé à une déformation défavorable de la piste.

• Qu'est ce qui aurait permis d'éviter l'accident ?

Ne pas freiner sur la piste, en prenant le risque d'une sortie de piste dans une zone non entretenue.

• Quelles mesures ont été ou pourraient être prises pour prévenir des accidents similaires, ou en réduire les conséquences ?

La consigne générale que nous donnons aux pilotes qui sont lâchés sur cet avion est de ne pas utiliser les freins à l'atterrissage, et d'en réserver uniquement l'usage à la circulation sur les taxiways. Il faut donc que je l'applique aussi à moi-même, malgré un niveau de pratique notablement plus important, sur ce type d'avion, que l'ensemble des pilotes de notre club.