



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

Rester dans la boucle

ÉTUDIONS, CE MOIS-CI, LES ENTRÉES INADAPTÉES DANS LA BOUCLE, UN FACTEUR HUMAIN QUI A ENTRAÎNÉ HUIT ACCIDENTS. EXPLICATIONS DE CE MÉCANISME ET RECOMMANDATIONS...

Vous avez maintes fois entendu les expressions « il faut rester dans la boucle » ou « le pilote n'était plus dans la boucle ». Vous vous êtes parfois demandé de quelle boucle il s'agissait surtout quand le fait de ne plus être dedans a entraîné des accidents. Après avoir présenté huit événements graves qui illustrent le fait de ne pas être dans la boucle, et surtout de tenter d'y entrer, nous expliquerons l'origine de l'expression et son mécanisme. Nous comprendrons comment une logique, née de l'observation du fonctionnement des premiers automates embarqués, puis des pilotes automatiques, trouve aussi son application lorsque le pilote... est un pilote. Nous en tirerons quelques recommandations qui devraient nous éviter de connaître des situations dans lesquelles le pilote a échoué en essayant d'intervenir, souvent trop tardivement, dans une séquence en cours de déroulement.

A. Huit accidents provoqués par une entrée dans la boucle à un moment inopportun ou trop tardif.

1. Accident d'un motoplaneur HK36 TTC Super Dimona à Blois (41), le 28 mai 2001

Voir lien #1 sur notre site.

Lors d'un vol d'instruction, l'appareil effectue un posé-décollé. Après l'atterrissage, l'instructeur corrige une première fois un écart de cap à gauche afin de permettre à l'élève de décoller à nouveau. Pendant l'accélération, l'élève laisse l'appareil partir vers la gauche. L'instructeur corrige vers la droite, mais trop brutalement. L'appareil effectue un cheval de bois et sort de piste. Le dosage mal adapté de l'intervention de l'instructeur s'explique vraisemblablement par sa « sortie de la boucle », alors qu'il aurait été parfaitement capable de réussir la manœuvre en étant aux commandes de l'appareil.

2. Accident d'un Robin DR300 à Bagnères-de-Luchon (31), le 17 août 2002

Voir lien #2 sur notre site.

Le pilote effectue des posés-décollés. Il se fait accompagner par un

pilote plus expérimenté. Après des difficultés pour réaliser une première approche correcte, le passager intervient à plusieurs reprises. Les deux pilotes prennent successivement la direction des opérations pendant des séquences très courtes qui ne leur laissent pas le temps d'évaluer l'influence de tous les paramètres. Le redécollage tardif, totalement réalisé en catastrophe après un atterrissage trop loin sur la piste, se termine dans les arbres.

Il semblerait qu'un deuxième tour de piste, après la première remise de gaz, aurait pu permettre au premier pilote de corriger les paramètres inadaptés du premier circuit (hauteur, vitesse, point de toucher).

Mais le transfert improvisé du pilotage au passager, pour le second tour de piste, a conduit ce dernier qui « n'était pas dans la boucle » à découvrir les mêmes difficultés que celles rencontrées par le premier pilote lors de la première approche. La prise de conscience, par l'un ou l'autre, de la quasi-impossibilité de rentrer, en quelques instants, dans une logique qui n'est pas la sienne, leur aurait évité de

poursuivre un atterrissage peut-être au-dessus de leur niveau du jour sur une piste aussi courte (600 mètres).

3. Accident d'un Reims Aviation F152 au Plessis-Belleville (60), le 12 mai 2006

Voir lien #3 sur notre site.

Au cours d'une finale en vol d'instruction, l'instructeur détecte que l'appareil est passé au-dessous du plan de descente. Mais ses actions correctives, sans doute trop tardives ou d'amplitude insuffisante, ne peuvent éviter la collision avec un camion sur une route proche du seuil de piste. L'instructeur était absorbé par la tenue des paramètres de vol par son élève. Mais il n'était pas temporairement en mesure de guider l'ensemble du vol, car non-conscient de la dangerosité de la trajectoire, il était de fait sorti de la boucle de pilotage.

4. Accident d'un Issoire Aviation APM20 à Rethel (08), le 16 septembre 2006

Voir lien #4 sur notre site.

L'impossibilité d'effectuer une remise de gaz après un atterrissage trop long n'est pas détectée

Date	Avion	Lieu	Circonstances	Conséquences
1 28/05/01	HK36	Blois (41)	Action brutale et tardive de l'instructeur	Motoplaneur endommagé
2 17/08/02	DR300	Bagnères-de-Luchon (31)	Perte de contrôle à l'atterrissage. Distribution chaotique des rôles entre pilotes	Pilote et passagers blessés, avion détruit
3 12/05/06	F152	Le Plessis-Belleville (60)	Réaction tardive de l'instructeur	Avion endommagé
4 16/09/06	APM20	Rethel (08)	Prise de conscience tardive de l'instructeur de l'impossibilité de redécoller	Avion endommagé
5 10/06/17	APM20	Chavenay-Villepreux (78)	Action tardive de l'instructeur	Instructeur et élève blessés. Avion endommagé
6 26/08/18	DR400	Saumur (49)	Perte de contrôle à l'atterrissage. Distribution chaotique des rôles entre pilotes	Avion détruit
7 22/08/20	APM20	Dax (40)	Action tardive de l'instructeur	Dégâts importants
8 02/01/21	AT3	Toussus-le-Noble (78)	Reprise tardive des commandes par l'instructeur	Dégâts importants

Aéroclub du BéarnAéroclub du Béarn



**FLASH SV FI
2020 / 01**

MENACE PARTICULIÈRE AVIONS SLPC

Plusieurs atterrissages durs enregistrés au cours des derniers mois dans des structures associatives et survenus lors de vols d'instruction DC, sur des aéronefs équipés d'une commande de gaz centrale unique de type **monomanette**, ont mis en lumière le fait qu'à chaque fois, le FI avait différé sans raison apparente et contrairement à ses habitudes, son action sur la commande de gaz alors tenue par l'élève ou le pilote.



Une des causes possibles commune à tous ces événements pourrait trouver son origine dans la barrière inconsciente représentée depuis quelques mois par les mesures de distanciation physique liées à la pandémie en cours. Il semble en effet beaucoup moins « réflexe » désormais de saisir un objet en même temps qu'autrui et il est vraisemblable que la prise de conscience volontaire de la nécessité de surpasser immédiatement de cette barrière inconsciente, retarde le rattrapage de la situation ainsi son efficacité alors que l'aéronef est alors dans une phase éminemment dynamique.

En conséquence, la Commission Prévention Sécurité de l'aéro-club vous incite à faire preuve de façon provisoire et à l'aide d'une démarche TEM appropriée, d'une vigilance supplémentaire lors de la phase d'atterrissage à bord de nos DR 400 *Écoplayers*.

La Commission Prévention Sécurité de l'AC Béarn

suffisamment tôt. L'instructeur, visiblement en dehors de la boucle, laisse faire le pilote jusqu'au moment où il (l'instructeur) prend conscience des difficultés. Un pilote entraîné, comme le sont les instructeurs, reste à chaque instant capable d'évaluer la possibilité de décoller compte tenu des performances de l'avion et de la longueur de piste restante. Mais le moindre relâchement dans le suivi du vol fait perdre la vision dynamique de la séquence et explique sans doute le retard de l'intervention.

5. Accident d'un Issoire Aviation APM20 à Chavenay-Villepreux (78), le 20 mai 2017

[Voir lien #5 sur notre site.](#)

L'appareil se pose trop long et sort de piste malgré l'intervention de l'instructeur.

Cet accident a été décrit dans notre n° 772 d'Info-Pilote de juillet 2020.

Ce mois-ci, nous le retenons comme exemple de la difficulté de rentrer dans la boucle pour l'instructeur quand il doit intervenir, surtout tardivement. En effet, ce dernier a pris conscience trop tard

de la situation dangereuse dans laquelle il avait laissé l'élève s'enfoncer, seul. Il était partiellement déconnecté des paramètres (longueur de piste restante, état de la piste, vitesse de l'avion) probablement à cause de la fatigue.

6. Accident d'un Robin DR400 à Saumur (49), le 26 août 2018

[Voir lien #6 sur notre site.](#)

Un vol se déroule dans le cadre d'une sortie à deux avions. Les pilotes, avec peu d'expérience, sont accompagnés par des pilotes confirmés.

Lors de l'approche de la deuxième étape, un pilote vole instinctivement au-dessus du plan, lors du survol de la ville de Saumur, et se trouve trop haut et trop rapide lors de la finale.

Le pilote en place droite, plus expérimenté, prend alors les commandes.

Mais rentrant dans la boucle au dernier moment, son pilotage est trop imprécis et il rate l'atterrissage. Sa

découverte tardive des conditions du jour, notamment des rafales de vent, et la très faible durée de sa séquence de découverte ne lui ont pas permis de réaliser un contrôle correct de l'appareil.

L'improvisation de ce type d'intervention provoque, en général, les actions simultanées et non coordonnées des deux pilotes signalées comme facteurs contributifs dans le rapport du BEA.

7. Accident d'un Issoire Aviation APM20 à Dax

(40), le 22 août 2020

[Voir lien #7 sur notre site.](#)

En vol d'instruction, lors d'un arrondi effectué trop haut, l'instructeur tente d'amortir le contact avec le sol en augmentant un peu la puissance. Mais sorti momentanément et partiellement de la boucle de pilotage, il ne parvient pas à saisir la commande de puissance assez tôt. L'atterrissage qui s'ensuit est dur et les dégâts sur l'appareil sont importants.

L'exemple montre qu'« être dans la boucle » concerne aussi l'aspect ergonomique de la situation à bord, en particulier la possibilité pour le pilote, ou l'instructeur, d'intervenir instantanément et adroitement sur n'importe laquelle des commandes de vol. Suite à cet événement, on lira attentivement la note flash rédigée par les responsables de l'aéroclub du Béarn. Par honnêteté intellectuelle, l'instructeur très expérimenté a endossé l'entière responsabilité de son geste raté.

Pourtant, d'autres instructeurs témoignent régulièrement de nouvelles difficultés à entrer dans la boucle, difficultés dues à l'obligation de ne pas toucher la même manette que l'élève, et aux réflexes de distanciation à bord, d'une manière générale.

8. Accident d'un Aero AT3 à Toussus-le-Noble (78), le 2 janvier 2021

Voir lien #8 sur notre site.

Être dans la boucle ! Encore faut-il pouvoir y entrer. L'accident de l'AT3 illustre la difficulté que peuvent rencontrer certains instructeurs, lorsque l'élève se crispe sur les commandes. Il s'agit, sans doute, d'un réflexe difficile à neutraliser quand il survient. Un entretien préalable entre l'élève et l'instructeur, lors de la préparation du vol, est fortement conseillé pour anticiper un tel comportement.

On peut y remédier, quand il n'est pas déjà en place, par l'évocation d'une consigne préalable simple et péremptoire comme « à moi les commandes » à laquelle l'élève pourrait être accoutumé en vol à chaque séquence de démonstration des exercices. Lâcher les commandes devient alors un réflexe conditionné qui prend vite la priorité sur le réflexe plus naturel de la crispation.

B. La boucle ?

1. Origine de l'expression et aspect théorique. Le système asservi

L'arrivée des pilotes automatiques a confronté les pilotes à un dispositif plus performant et plus endurant qu'eux. Mais parfois une intervention manuelle de sa part était nécessaire et il devait immédiatement se révé-

ler opérationnel alors qu'il ne pilotait plus depuis une heure ou plus.

Le pilote automatique est un mécanisme d'asservissement dont le fonctionnement se représente schématiquement par une boucle (Figure 1). Ainsi, quand le pilote doit intervenir, il faut qu'il se confronte, en entrant dans la boucle, à un dispositif très performant mais qui nécessite cependant une correction.

Le pilote, hors de la boucle pendant de longues séquences, a parfois des difficultés à comprendre l'ensemble de la logique et à reprendre l'ascendant sur le système.

2. Extension de la notion de boucle au pilote lui-même

Le pilote est un « automate » qui calibre ses actions et évolue dans sa propre boucle d'asservissement ou de contrôle et dans laquelle un autre pilote ne peut pas entrer instantanément (Figure 1B).

On peut étendre la notion d'asservissement ou d'automatisme à l'ensemble des opérations que le pilote prend en charge pour un vol donné :

2.1. Des séquences longues,

comme l'ensemble des actions qui démarrent lors de la préparation du vol. Selon la même logique que la boucle schématique présentée ci-dessus, les séquences successives obéissent au schéma de boucle suivant :

- un ensemble X d'objectifs à atteindre ;
- des perturbations représentées par l'ensemble des contretemps (trafic aérien, contraintes mécaniques, météo, notam...);

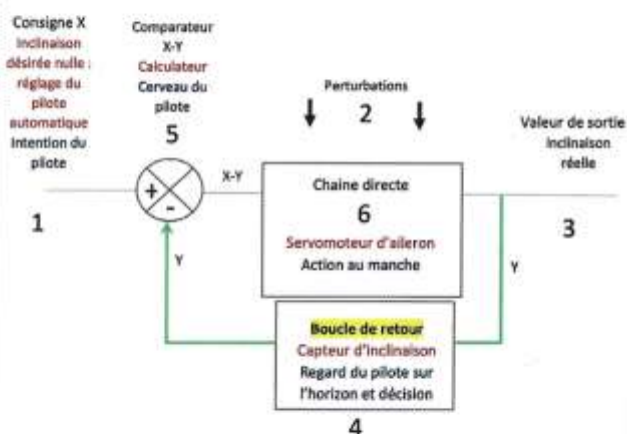


Figure 1. Schéma d'un système asservi avec boucle de retour. Analogie entre automate et pilote.

On représente une boucle simplifiée d'asservissement par un automatisme comme le pilote automatique. Exemple : maintien de l'inclinaison à zéro.

En rouge, les éléments du pilote automatique

1. Une grandeur désirée X. Par exemple le maintien de l'inclinaison à zéro est affiché : la consigne
2. Des perturbations extérieures agissent sur l'avion et modifient l'inclinaison
3. L'inclinaison réelle est différente de l'inclinaison désirée. Elle vaut Y
4. Un capteur d'inclinaison (horizon artificiel) détecte l'inclinaison réelle Y
5. Le capteur d'inclinaison indique la valeur de Y au comparateur. Le comparateur, un calculateur, élabore la différence X-Y
6. Cette différence (ou signal d'erreur) sert de variable de commande au mécanisme qui manœuvre les ailerons grâce au servomoteur jusqu'au retour de l'inclinaison à zéro : $Y = X$

Figure 1B. En bleu, le même schéma d'asservissement pour un pilote en chair et en os

1. Son intention (ou consigne) est de maintenir l'inclinaison X à zéro
2. Des perturbations inclinent l'avion
3. L'inclinaison Y est différente de zéro
4. Le regard du pilote détecte la nouvelle inclinaison Y et donne à son cerveau l'ordre de corriger
5. Le cerveau (comparateur) constate la différence entre X et Y, (X-Y), et élabore instantanément une correction bien calibrée que le pilote décide de transformer en action immédiate
6. Le bras du pilote imprime au manche un mouvement qui doit diminuer l'inclinaison jusqu'à obtenir l'inclinaison nulle : $Y = X$

- en vol, la construction d'une stratégie réelle évoluant vers Y, qu'on voudrait à la fois proche de X mais qui aura tendance à fluctuer et sera donc toujours différente;

- des réactions et des décisions pour tenter d'annuler en permanence l'écart entre X et Y.

Les accidents des cas n° 2 et n° 6 montrent les difficultés de deux pilotes commandants de bord, de niveaux sensiblement voisins. Pour celui qui n'est pas aux commandes, on voit bien la difficulté à entrer dans la boucle mise en place dès le début du vol par l'autre pilote. Lorsqu'il tente de rentrer dans cette boucle, il ne profite pas immédiatement de l'apprentissage que vient d'acquérir le pilote aux commandes. Il doit se créer sa propre boucle et repasse par les mêmes étapes avant d'être opérationnel. Ce qui prend un certain temps et explique qu'il commet les mêmes erreurs. Il est logique de penser que le premier pilote, ayant eu le temps de mieux affiner sa boucle, aurait eu davantage de chance de réussir l'arrivée.

2.2. Des séquences courtes, proches des techniques de pilotage, auxquelles le pilote imprime sa technicité du moment et qui seront différentes d'un pilote à l'autre. Mais qu'il soit débutant, ou au contraire très expérimenté, chaque séquence contiendra sa propre cohérence. Il sera difficile pour un autre de reprendre rapidement la séquence en cours même s'il a suivi l'ensemble du vol. Par exemple le pilote aux commandes a éduqué ses gestes en fonction des conditions du jour et a donc affiné ses actions cor-

rectrices. Dans l'exemple de la Figure 1B, il a trouvé comment adapter sa réponse à une inclinaison intempestive en fonction de la nature de la perturbation (rapide, violente, répétée...)

Celui qui n'est pas aux commandes aura, même s'il est très expérimenté, besoin d'un certain temps avant de parvenir au même degré d'adaptation et ne sera donc pas toujours capable d'un contrôle mesuré dans les quelques secondes qui suivent son entrée dans la boucle.

On touche ici la difficulté rencontrée en général par les instructeurs (cas n° 1, 3, 4, 5, 7 et 8). Ils laissent intentionnellement les élèves piloter dans des situations difficiles, pensant qu'ils pourront toujours rattraper la situation. Mais restés hors de la boucle mise en place par l'élève, ils ont parfois des difficultés à doser les corrections nécessaires (nous avons traité le sujet dans Info-Pilote n° 648 de mars 2010 « Intervenir à point : un art subtil de pédagogie pour l'instructeur »).

On citera l'histoire de cet élève pilote frondeur qui compensait anormalement et discrètement (à cabrer ou à piquer) son appareil et donnait les commandes au tout dernier moment pour l'atterrissage à son instructeur. Le rodéo était inévitable et l'instructeur, incapable en aussi peu de temps de revenir dans la boucle, perdait son autorité... Mais même sans malveillance aussi caractérisée, on remarquera que la plupart des pilotes ont une habitude très personnelle et souvent inconsciente des réglages des compensateurs et notamment de la profondeur. Tel pilote préférera un avion très légèrement piqueur, tel

autre préférera un avion plutôt légèrement cabreur. Dans ce cas, pour un autre pilote, reprendre les commandes au dernier moment représente une entrée dans la boucle plus difficile.

3. Recommandations et remarques concernant « l'entrée dans la boucle »

3.1. Elle sera d'autant plus facile que celui censé reprendre les commandes à un moment quelconque du vol aura suivi le déroulement du vol.

3.2. En cas de vols entre amis, ou pilotes de niveaux voisins, il sera utile lors du briefing de répartir les rôles et d'envisager la reprise des commandes seulement en dehors des phases critiques, comme le sont toujours la courbe finale et l'atterrissage.

3.3. En cas de difficulté en finale, le pilote qui n'est pas aux commandes commencera par proposer ou conseiller des solutions conservatoires, comme une remise de gaz par exemple ou un détournement. Il évitera de reprendre ou même d'agir brièvement sur les commandes. Si la réserve de carburant et les conditions le permettent, il sera prudent de prendre un peu de hauteur et de transférer progressivement les commandes d'un pilote à l'autre. Voire de dérouter, si le moindre doute existe sur la capacité de faire fonctionner un duo peu habitué à travailler en équipage.

3.4. Un instructeur entraîné met rarement plus d'une ou deux secondes avant de pouvoir doser ses interventions correctives. Mais à 100 km/h une seconde c'est 30 mètres parcourus.

3.5. L'entrée tardive dans la boucle est plus risquée si l'intervenant est fatigué.

3.6. Si l'on pense que l'on devra intervenir à un moment critique du vol, comme le décollage ou l'atterrissage, mieux vaut s'assurer qu'on est dans une position ergonomique idéale pour le faire : réglage du siège, accessibilité de toutes les commandes. On se repositionnera le cas échéant.

Bien prendre conscience lors des vols d'instruction que la distanciation a imperceptiblement modifié les habitudes et les gestes calibrés de longue date par les instructeurs. La remarque est aussi valable pour les vols entre amis pilotes. De même, le port du masque peut entraver la communication à bord et restreindre le champ visuel vers le bas. Autant d'éléments nouveaux qui s'inscrivent directement dans le thème de la boucle et de la difficulté pour y entrer.