

Simulation immersive de drones aériens en écoles de télépilotage professionnelles

Immersive simulation in drone pilot training schools

Thierry Gobert



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rechercheformation/2667>

DOI : [10.4000/rechercheformation.2667](https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2667)

ISSN : 1968-3936

Éditeur

ENS Éditions

Édition imprimée

Date de publication : 30 septembre 2016

Pagination : 61-74

ISSN : 0988-1824

Référence électronique

Thierry Gobert, « Simulation immersive de drones aériens en écoles de télépilotage professionnelles », *Recherche et formation* [En ligne], 82 | 2016, mis en ligne le 30 septembre 2019, consulté le 07 janvier 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rechercheformation/2667> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2667>

Simulation immersive de drones aériens en écoles de télépilotage professionnelles

> **Thierry Gobert**

Université de Perpignan-Via-Domitia, Centre de recherche sur les sociétés et environnements en Méditerranée (CRESEM, EA 7397)

RÉSUMÉ : Les formations au pilotage recourent à la simulation immersive. Les cursus d'enseignement au *télépilotage* de drones civils s'en sont inspirés et proposent un accès à ce type d'outil. Pourtant, apprenants et référents pédagogiques sont partagés quant à leur emploi en apprentissage. C'est pourquoi cet article interroge l'adaptation d'un dispositif d'une pratique à une autre au sein d'une même discipline et fait l'hypothèse que l'accompagnement humain est la clé de la réussite.

MOTS-CLÉS : apprentissage, théorie de l'éducation, apprentissage informel, apprentissage assisté par ordinateur

Les drones volants interpellent l'opinion car ils permettent de réaliser des images inédites à des coûts abordables. Nombre d'utilisations sont encore à inventer et le secteur connaît un succès commercial qui a favorisé la naissance de nouvelles activités. Des exploitants proposent des captations d'images et de données par voie aérienne. Leur nombre toujours plus important a incité l'exécutif à réglementer. Depuis 2012, le législateur impose des contraintes de diplomation qui ont entraîné la création d'écoles de télépilotage car désormais, il est nécessaire d'être titulaire de la partie théorique d'un brevet aéronautique et d'accomplir certaines formalités pour survoler le territoire. L'enjeu est d'ordre professionnel. Soit il s'agit pour une structure d'obtenir l'autorisation de télépilotage voire de l'enseigner, soit pour une personne d'apposer une compétence sur son curriculum vitæ.

Dans les écoles de télépilotage, les élèves¹ sont fréquemment propriétaires d'un aéronef radiocommandé. Ils s'inscrivent majoritairement dans le but de légaliser une pratique préexistante et dans le cadre de la formation professionnelle. Des dispositifs numériques de simulation immersive sont mis à disposition. Ils sont présents *intra-muros* dans la totalité des centres de formation mais leur utilisation en pédagogie semble peu formalisée et les retours les concernant sont ambivalents

1 Dans le monde aéronautique, on parle « d'élèves » et « d'instructeurs ».

ou réservés. Ces simulateurs de drones sont décrits comme éventuellement utiles, amusants, imparfaits, voire contre performants pour certains apprentissages.

Pourtant, dans le transport aérien, les simulateurs sont mobilisés depuis la fin de la Première Guerre mondiale et font l'unanimité quant à leurs apports dans l'enseignement. Ils ont été intégrés de manière à enrichir une pédagogie expérientielle (Kolb, 1984) où les apprenants sont confrontés à des présentations s'approchant du réel. Tous les pilotes professionnels ont utilisé des simulateurs ou ont été évalués avec eux. Aussi, mécaniquement, ont-ils transmis dans le monde du drone, qui est aussi une discipline aéronautique, leur expérience, leurs pratiques de formation et donc le recours à la simulation.

C'est pourquoi nous nous interrogeons sur l'écart de perception des acteurs sur les dispositifs de mise en contexte entre deux pratiques – le pilotage et le télépilotage – relevant d'un même secteur disciplinaire qu'est l'aéronautique. Plus largement, ce cas d'espèce incite à questionner le transfert de pédagogies instrumentées d'un contexte de formation professionnelle à un autre qui lui est proche. Pour y répondre, nous évoquerons le contexte théorique en apprentissage avant de décrire les retours d'acteurs sur la simulation en aviation et leur déclinaison dans l'aéromodélisme. Dans un second temps, la méthodologie qualitative sera détaillée avant de présenter et discuter les résultats évoquant la conception des simulateurs de drones. Nous postulerons des causes de leur déficit d'image au regard de non-enseignements, de la nécessité de l'intégration des dispositifs dans la formation et de l'animation d'une dynamique entre apprenants avant de proposer des leviers de progression.

1. Contexte : recours à la simulation de pilotage en télépilotage

1.1. Simulation et simulateur

La *simulation* est définie par le Trésor de la langue française (TLF ou TLFi pour la version informatisée) sous deux angles. S'agissant du comportement humain, le TLF fait référence à la tromperie alors que la technologie proposerait une « reproduction artificielle du fonctionnement d'un appareil, d'un système, d'un phénomène, à l'aide d'une maquette ou d'un programme informatique, à des fins d'étude, de démonstration ou d'explication² ». Le terme *simulateur* est abordé selon un clivage identique. Il dérive d'une part du latin *simulator* qui s'applique à la personne « qui représente, copie [...] feint, simule » et d'autre part en référence à une acception contemporaine d'ingénierie qui évoque, entre autres, une « installation servant à l'instruction » (TLFi, 1971). Les simulateurs bénéficient d'une forte notoriété, notamment dans les industries de transport, médicales et nucléaires où ils « représentent exactement, imitent [...] et donnent pour réel ce qui ne l'est pas » (Rey, 2000, p. 3 513).

2 <<http://www.le-tresor-de-la-langue.fr/definition/simulation>>.

Les simulateurs connaissent un degré de complexité croissant car ils cheminent avec les progrès des technologies et des environnements professionnels qui leur sont attendus. Or, « en élaborant ces simulations, on s'est aperçu qu'on avait aussi conçu un remarquable outil pour produire et analyser les apprentissages, notamment des apprentissages bien définis et provoqués », ce qui conduit à percevoir la simulation également « comme une démarche d'apprentissage qui met en scène, grâce à un objet, le simulateur, des situations qui vont servir à l'acquisition des compétences mobilisées dans l'activité » (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006, p. 186). Ces travaux évoquent la possibilité pour un dispositif de proposer une situation immersive dans la réalité reproduite, une ressemblance avec le contexte et l'activité d'origine. Le caractère immersif connaîtrait son apogée avec les dispositifs « pleine échelle » utilisés notamment en aviation.

Dans le transport aérien, les personnels sont en effet invités à pénétrer ensemble dans un cockpit analogique réel évoluant dans un environnement simulé. L'aspect immersif dans cet univers de « virtualité augmentée » (Milgram et Kishino, 1994) est souligné par les rapports avec les autres apprenants présents. Dans l'espace confiné du poste de conduite, l'obligation d'apprendre *ensemble* les compétences de *copilotage* n'est pas sans rappeler les « zones proximales de développement » décrites par Lev Vygotski (1985). Interactions, médiations entre pairs et étayage par un référent pédagogique inscrivent dans une approche socioconstructiviste les problématiques de formation liées à la gestion des facteurs humains et des compétences non techniques qui sont prépondérantes une fois à bord.

Par ailleurs, les formateurs recourent à la simulation immersive car elle autorise la création en toute sécurité de situations inenvisageables autrement et se montre relativement économique dans les industries à risques (Granry et Mol, 2012, p. 7). À ces raisons « pratiques » (Herzog et Forte, 1994) s'ajoutent des raisons « affectives » (De Jong, 1991) liées à l'attrait du dispositif et à la motivation qu'il suscite. Pour Guéraud, Pernin, Cagnat et Cortès (2000) qui citent ces travaux, il favorise l'entraînement et l'acquisition de connaissances procédurales de savoir-faire plutôt que des connaissances conceptuelles. Les auteurs rappelaient que « les besoins pédagogiques des instructeurs se sont exprimés *a posteriori*, au fur et à mesure de l'utilisation de ce type de simulation » et qu'ils « souhaitent à présent compléter un simulateur d'entraînement par un outil pédagogique ». Il s'agirait de recourir à ces dispositifs en complémentarité « à d'autres modalités où l'accent est porté sur l'intégration de l'usage de ces simulations au sein d'un cursus de formation » (Guéraud *et al.*, 2000, p. 11).

Enfin, le caractère professionnalisant des séquences incite les créateurs de scénarios et de matériels de simulation à mettre l'accent sur l'acquisition de *compétences*, c'est-à-dire de savoirs directement en prise avec les activités utiles dans les métiers. En conséquence, le dispositif lui-même doit répondre aux attentes subjectives des acteurs quant au sérieux de l'ensemble. Les simulateurs de drones

sur PC ne seraient-ils que des jeux vidéo à la portée de tous comparés à ce qui se fait dans le transport aérien ?

1.2. Simulation immersive en pilotage et télépilotage

Les écoles de télépilotage de drones affichent une vocation professionnelle et se présentent comme des tremplins pour l'emploi. La publication des arrêtés a conduit à une demande si forte de mise en conformité avec la loi que les formateurs se sont recrutés dans l'urgence et pour partie dans la population des pilotes d'ULM et d'avions légers. Ces pilotes ont importé leurs savoirs, leurs connaissances et leurs pratiques de formation issus du vol habité au vol radiocommandé. D'ailleurs, en l'absence d'examen adapté, il est exigé de chaque télépilote qu'il ait validé au minimum la partie théorique d'un brevet aéronautique. Des *habitus* de formation de ces disciplines se sont donc transmis à l'enseignement du vol à distance comme le recours à la simulation immersive.

La simulation immersive de conduite d'aéronefs est en effet considérée avec beaucoup d'intérêt en aéronautique. Les pilotes de ligne effectuent nombre d'entraînements sur des machines virtuelles reproduisant les conditions physiques et l'intelligence embarquée d'un avion dit « grandeur³ ». Il est conseillé aux télépilotes de drones de débiter sur simulateur pour acquérir de l'expérience et parce qu'il « est moins dangereux de casser du pixel que des machines⁴ ». La littérature s'est intéressée aux acquisitions apportées par la simulation, réputée proposer « des situations qui vont servir à l'acquisition des compétences professionnelles mobilisées dans l'activité » (Pastré *et al.*, 2006, p. 186). De plus, les machines volantes semblent attiser un imaginaire spécifique identifié par les pilotes comme un « rêve de gosse » qui invite fortement à « éprouver le plaisir de l'interaction et de l'immersion dans une émotion partagée » (Tisseron, 2012, p. 105).

La simulation immersive permet notamment une sommation de plusieurs facteurs. Cette sommation augmente la charge de travail jusqu'à saturer le système cognitif (Bureau d'enquêtes et d'analyses, 2012, p. 180). Les processus décisionnels sont alors affectés par un stress de surcharge⁵ et l'aéronef ne peut plus être exploité dans des conditions de sécurité suffisantes (Hutchins et Klausen, 1998). La simulation peut combiner plusieurs incidents distincts dans des scénarios d'apprentissage pour entraîner les sujets à la gestion des sollicitations multifactorielles et accidentogènes.

Outre l'entraînement à la gestion des situations complexes multifactorielles, les simulateurs favorisent la mémoire haptique⁶ par effet de répétition des conduites

3 Les radiomodélistes nomment « grandeur » les aéronefs que reproduisent les modèles réduits.

4 Expression courante de joueurs. Exemple : <<http://www.jeuxvideo.com/forums/1-50-2814952-49-0-1-0-0>.htm>.

5 Cognitive Overflow Syndrome

6 Tactile, kinesthésique.

gestuelles (Henry, 2014, p. 76). Ainsi, la main apprend à repérer automatiquement une commande sans la rechercher. L'efficacité est suffisante pour qu'un instructeur détecte si un élève a « fait du simulateur » car l'apprenant a déjà été familiarisé avec les commandes de vol. La qualité de conception des scénarios pédagogiques est donc prépondérante. Le comportement en vol doit paraître vraisemblable s'il doit intégrer la mise en œuvre de circonstances non prévues par le constructeur de l'aéronef afin de parer au mieux à l'imprévisible. Le logiciel peut créer ces situations sans faire courir de danger, d'autant plus qu'il bénéficie de toute l'intelligence embarquée de l'aéronef où l'ordinateur est déjà « le troisième homme à bord » et où « la main se referme sur ce qui n'est, somme toute, qu'un leurre sensoriel » (Dubey, 2013, p. 13).

Cependant, nombre d'expertises du Bureau d'enquêtes et d'analyses (BEA)⁷ interrogent le chercheur. Certes, la simulation immersive permet un entraînement mais elle peut également induire des habitudes délétères. Elle semble laisser des traces comportementales qui relèvent de facteurs humains. Un certain excès de confiance en soi et dans les capacités de l'aéronef pourrait se transmettre du virtuel au réel que l'instructeur expérimenté traite dans le cadre des compétences non techniques. De même, le simulateur ne permet pas la réalisation correcte des opérations de contrôle avant et après le vol. Cela conduit à débiter la séquence de formation après ces opérations et risque d'induire une attitude de négligence.

Les simulateurs montrent des imperfections corrigées au fil de l'eau. Malheureusement, l'absence de prévol, la surconfiance et la dégradation des conditions aérologiques sont les principaux facteurs d'accidentologie en aviation. Cela explique-t-il la réticence à utiliser la simulation en formation au télépilotage de drones alors qu'elle est usuelle en aéronautique ? La simulation de drones recouvre en effet une réalité particulière. Elle ne simule plus un cockpit mais un environnement d'évolution. Le sujet n'est pas situé dans la machine mais au-dehors. Il ne ressent pas les sensations de vol qui affectent les pilotes « grandeur ». Le télépilotage n'en est pas pour autant plus aisé. Il requiert des capacités de projection en trois dimensions et un regard différent sur la pratique. Ainsi, les télépilotes des drones de l'armée américaine ne sont plus recrutés parmi les pilotes. Les évaluations ont montré que l'expérience acquise préalablement à bord les pénalise dans leur reconversion⁸ (Subbaraman, 2013). Les pratiques de vol sont différentes et nécessairement, les simulateurs sont différents.

Il est possible que les logiciels dédiés ne soient pas encore suffisamment performants pour être sollicités par les instructeurs en formation professionnelle. Cet aspect ne suffit pas à rendre compte du phénomène. À la lumière de ce qui a été évoqué, nous faisons l'hypothèse qu'une combinaison de facteurs est à l'œuvre. Tout d'abord, les simulateurs de drones ne comportent pas de scénarisation pédagogique.

7 Le Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) : <<http://www.bea.aero/index.php>>.

8 Droneinsider : Inside a Drone Pilot Cockpit <<http://philiplelyveld.com/?p=8903>>.

Celle-ci pourrait être proposée par le formateur mais ce dernier aurait tendance à prioriser les « vrais » vols. Par ailleurs, l'activité de simulation ne semblerait pas être intégrée dans le programme de formation et la gestion des interactions entre apprenants placés en situation d'immersion relèverait davantage du jeu en réseau que d'une intention pédagogique. Le jeu a son utilité car « le dispositif peut être ludique et la situation pédagogique » (Gobert, 2008, p. 207). Il favorise la dextérité et les apprentissages informels mais ne relève pas d'une volonté forte d'apprendre ensemble. Enfin, les sujets, préoccupés par la sécurité, sont sensibles au fait que les opérations qui la concernent ne sont pas abordées par le simulateur.

2. Population cible et conduite de l'étude

2.1. Dans les écoles de pilotage

Dans le cadre de cet article, nous aborderons la simulation de télépilotage d'aéronefs civils télépilotes en vue directe⁹. Ces caractéristiques sont celles de la majorité des besoins marchands français. Le télépilote se tient dehors, dans l'espace d'évolution de la machine. Il doit veiller à la sécurité des biens et des personnes, assurer la navigation, surveiller l'autonomie de la batterie et contrôler l'aérogologie. Les simulateurs de drones mettent donc l'accent sur la fidélité de restitution du contexte d'évolution : modélisation des bâtiments, gradient de vent, taux d'humidité, etc.

Les simulateurs doivent toutefois être utilisés avec réflexion en apprentissage afin de limiter les non-apprentissages (Georget, 2009, p. 34), les non-enseignements et, inversement, les acquis intempestifs qu'il faudra corriger en instruction. C'est pourquoi ce travail est conduit auprès d'une population constituée de télépilotes instructeurs et de débutants qui ont accepté de s'interroger sur le rôle des simulateurs immersifs en pédagogie. L'étude rassemble donc une population de 18 sujets qui sont pour moitié des élèves et pour l'autre des télépilotes confirmés et des instructeurs. Un télépilote est dit « confirmé » lorsqu'il maîtrise un drone sans réfléchir aux actions qu'il exerce sur la radiocommande. Il s'agit d'une problématique de cognition située (Salembier, Theureau, Zouinar et Vermersch, 2001) liée à la projection du mouvement d'un mobile dans l'espace. Un entraînement intensif est indispensable pour entretenir la labilité cognitive nécessaire à cette pratique.

Le choix de scinder la population entre télépilotes confirmés et débutants est lié à la possibilité que le regard sur la simulation diffère une fois la compétence acquise. Ceux qui sont capables de diriger la machine tout en procédant à un calcul mental sont dits confirmés. Les élèves (même expérimentés) ne sont pas encore en capacité de le faire. Les premiers émargent déjà dans le cadre d'un statut professionnel ; les seconds sont en quête de professionnalisation. Tous sont codés selon les facteurs « âge » (réel), « sexe » (masculin, féminin), « compétence de télépilotage » (confirmé, non confirmé, débutant), « instructeur » (instructeur, non instructeur), « a

9 Arrêté du 17 décembre 2015 : le télépilote doit impérativement voir le drone en cours d'évolution.

employé un simulateur» (grandeur, drone, *both*, non). Ainsi, un sujet codé (H, 52, C, I, B) sera (un homme, de 52 ans, pilote confirmé, instructeur qui a employé les deux types de simulateurs).

Le facteur «genre» n'a pas été randomisé. Seules trois femmes figurent dans le groupe. Ce sont des *ratios* connus en aéronautique : il n'y a que 6 femmes sur 471 adhérents à la Fédération française d'ULM Languedoc-Roussillon. Les sujets sont âgés de 21 à 54 ans. Ils proviennent de trois écoles situées dans les Pyrénées-Orientales. La première est un diplôme d'université (DU) de l'université de Perpignan-Via-Domitia dont les apprenants sont intéressés par le « photojournalisme, la communication et les images aériennes ». Un accord leur permet de participer aux cours dispensés par la seconde qui est une association partenaire. La troisième est une société qui combine plusieurs activités aéronautiques. Les structures sont représentatives des exploitants déclarés¹⁰ qui sont majoritairement de très petites entreprises, des associations¹¹ et plus rarement, des universités.

2.2. Pluralisme méthodologique

Lors de la planification de l'étude, nous avons envisagé de comparer le télépilotage entre des praticiens novices et confirmés ayant ou n'ayant pas eu recours à un simulateur. L'enquête préliminaire a rapidement révélé les failles de ce projet. Il est apparu difficile de discriminer les personnes qui avaient déjà employé ce type de dispositif. Le recours aux questions fermées n'a pas fonctionné. La plupart des sujets commencent par signaler qu'ils « n'emploient pas de logiciel de simulation » (H, 34, C, I, B) avant d'évoquer, au fil du discours, des utilisations sporadiques ou régulières. Il ne s'agit pas de dissimulation mais de l'expression d'un ressenti. Le télépilotage ne commence vraiment qu'avec la mise en vol d'un aéronef réel où « tout change ». Si la machine décolle, il faudra la faire atterrir sans la casser. Les observations montrent que les figures acrobatiques effectuées sur l'ordinateur sont rarement reproduites en dehors du virtuel.

C'est pourquoi nous avons conduit le travail en croisant deux méthodes : des entretiens semi-directifs et des observations de séquences de simulation et de vols réels. Le logiciel retenu est *Phoenix RC* car il est installé dans la majorité des centres de formation. Cette application se connecte à une radiocommande de drone. Mais comme *Flight Simulator* (Microsoft) a été souvent évoqué par les sujets, nous avons intégré son équivalent *Xplane* (Laminar Research) qui présente les avantages d'être multiplateforme et plus performant en simulation d'aérologie. Ce n'est pas un simulateur de télépilotage mais il permet des vues « piste » de l'aéronef qui restituent le regard d'un télépilote posté en bordure des installations. Les sujets (sauf deux) avaient peu utilisé ce mode d'affichage avant les entretiens car lorsqu'ils avaient employé un simulateur de vol grandeur, ils n'effectuaient pas de simulation de type drone.

10 <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Liste_exploitants_declares.xls>.

11 <<http://journal-officiel.prod.ext.dila.fr/association/index.php>>.

Les entretiens ont été retranscrits puis analysés à l'aide d'un compteur d'occurrences libre. Les résultats ne représentent toutefois pas la totalité des contenus discursifs recueillis dans la mesure où les observations participantes, durant onze semaines, ont favorisé des rappels de mémoire chez les sujets. C'est pourquoi il a été choisi d'intégrer ce matériau dans une base de données File Maker Pro au fur et à mesure au regard des activités observées et de les classer par champs sémantiques avant de les rapprocher des observations étiquetées selon des types d'activités prédéfinis. Ce pluralisme méthodologique, de nature qualitative, offre l'avantage de collecter tant les *verbatim*s que des comportements dans l'action. Il permet aux sujets de commenter verbalement ce qu'ils font avec le simulateur ou l'appareil réel qui servent de support au discours.

3. Observations et entretiens

3.1. Non-enseignements, non-apprentissages, fonctionnalités non intégrées

Les observations montrent que les simulateurs sont secondarisés dans les écoles professionnelles de drone. Comme nous l'avons déjà remarqué lors de plusieurs années de fréquentation des milieux aéronautiques comme instructeur et chercheur, il s'agit en général d'un ou plusieurs PC munis d'une radiocommande. Les ordinateurs personnels, à domicile, sont plutôt équipés d'un simulateur d'avion (13 individus sur 18) avec une manette mais plus rarement de palonniers (2 sur 18). Les sujets connaissent ces applicatifs et les ont déjà utilisés. Leur description verbale de ces produits porte plutôt sur la dimension ludique, la qualité de reproduction de l'univers simulé et ce à quoi ils ne servent pas.

Tout d'abord, le cadre réglementaire n'est pas abordé par les simulateurs de drones qui se concentrent sur le pilotage. Ce n'est pas une volonté des instructeurs ni des apprenants qui découvrent le dispositif tel qu'il est. L'aspect juridique pourrait être traité sous la forme d'une *check-list* qui validerait le dépôt de l'intention d'activité de vol et le non-oubli des pièces à présenter aux autorités. Les élèves évoquent plutôt des non-apprentissages (March et Olsen, 1991) tandis que les instructeurs, qui transmettent aux apprenants qu'un aéroplane vole administrativement avant de voler physiquement, pointent des non-enseignements.

De même que les *check-lists* réglementaires, les opérations avant et après le vol sont rarement proposées en simulation. Seuls quelques logiciels comme A2A proposent ce type de procédure. Elle constitue pourtant un enjeu de sécurité (H, 43, C, I, B). Par exemple, la calibration des gyroscopes est indispensable pour éviter une perte de contrôle quand l'aéronef a été déplacé en automobile. Il en va de même pour l'inspection des organes vitaux après l'atterrissage : brins d'herbe dans les moteurs, autonomie restante, etc. Négliger ces éléments augmente mécaniquement l'accidentologie. L'utilisateur doit être conscient que le simulateur n'est pas complet, qu'il ne simule que le vol et qu'il doit y suppléer par une « simulation personnelle » (F, 27, C, N, G). Dans la perspective de l'examen, nombre de sujets répètent « dans

l'ordinateur» (F, 26, E, NC, S) les évolutions qu'ils montreront à l'examineur. Deux individus ont chuchoté leur prévol devant l'écran en adoptant une posture d'immersion fictionnelle.

Par *construction*, les logiciels de simulation n'abordent pas le déroulement des *check-lists*, les procédures avant vol, etc. Ces séquences n'ont pas été implémentées dans les dispositifs. Elles relèvent des «facteurs humains», des compétences non techniques, dont les études du BEA évoquent le rôle en accidentologie. Informés de ces vides dans les programmes de simulation qu'ils ont «l'habitude de faire en vrai» (H, 46, C, I, B), les instructeurs les convoquent pour l'acquisition de réflexes, l'entraînement au contrôle radiocommandé, la conservation à la vue directe du drone.

3.2. Intégration dans le programme de formation

Les simulateurs sont présents dans les trois écoles de télépilotage. Ils y sont toutefois peu valorisés. Il semble que l'ordinateur permette surtout de «faire quelque chose quand on ne peut pas voler» (H, 52, C, I, B) déclare un instructeur avant d'ajouter «que ce sera développé». Les simulateurs auraient suppléé au manque de disponibilité des drones, à une météo peu clémente ou l'absence de place *indoor* voire à l'indisponibilité des formateurs. Ils constitueraient un dispositif de régulation de l'emploi du temps des apprenants. Les instructeurs déclarent qu'aucun d'entre eux n'a été formé à leur utilisation en pédagogie et qu'une telle formation aurait certainement des effets positifs (H, 57, C, I, B). Cela serait d'autant plus pertinent que le marketing valorise le recours à des moyens innovants en pédagogie. Cet argument a été perçu par les apprenants car «en aéronautique, l'innovation fait vendre» (H, 46, C, I, B). Ils sont unanimes à déclarer que si la présence de simulateurs n'avait pas constitué un facteur influençant le choix de leur centre de formation, elle avait contribué à donner une image positive de l'école.

L'utilisation de la simulation immersive semble par ailleurs moins attrayante que le télépilotage réel (F, 24, D, Ni, N). Elle est peu ou pas intégrée dans le cursus de formation. Les «ordinateurs sont disponibles ; les élèves les utilisent comme ils veulent» (H, 43, C, I, B). Mais ils hébergent également les supports de cours, des QCM en ligne, des documents divers, des films et des documentaires. Cela est d'ailleurs sous-entendu dans la majorité des sites Internet des écoles de drone où une accroche propose le «pilotage d'un *multirotor*¹² sur simulateur en salle informatique» avec une «prise en main», des «vols libres» et des «exercices de précision et de simulation de panne¹³». Cela semble correspondre à la demande : les observations participantes ont montré que les élèves souhaitent en premier lieu valider l'examen théorique, pratiquer physiquement le télépilotage de machines professionnelles et apprendre à les réparer. La simulation qui connaît le meilleur succès est celle des quarante questions de cet examen.

12 Drone équipé de plusieurs moteurs actionnant chacun un rotor.

13 <<http://www.cfad.fr/formation/telepilote-de-drone-s1-s3/60>>.

Une intégration pédagogique serait bénéfique. Elle développerait des accès en ligne, limiterait les frais d'hébergement et apporterait les avantages déjà évoqués en aviation grandeur : gestion des incidents, familiarisation avec des environnements d'évolution inédits, etc. Il serait possible de susciter l'intérêt par une valorisation officielle dans le programme (H, 52, C, I, B). Des modules aborderaient des contenus inaccessibles en contexte classique comme la simulation de conditions aérologiques complexes en milieu urbain (H, 27, C, I, B) ou la gestion de la sécurité lors d'un tournage avec une simulation de déplacement de personnes (F, 23, D, Ni, G). Ces thématiques de scénarios ne sont pas proposées dans les logiciels et leur développement serait pertinent.

3.3. Apprentissage construit en groupe en immersion avec le simulateur de drone

Les logiciels de simulation de drone civil n'ont pas intégré d'éléments de scénarisation d'apprentissage, ni individuel ni collectif (H, 43, C, I, B). Le choix des développeurs de *Microsoft Flight Simulator* de proposer des « leçons de vol » afin de permettre au joueur d'intégrer les règles procédurales du jeu fait figure d'exception. Il s'agit de « missions » qui pourraient être intégrées dans les simulateurs de drones et qui débuteraient une séquence pédagogique intégrable dans un cursus de formation. Cette approche n'est pas développée mais elle pourrait l'être car excepté l'ajout de nouveaux modèles et d'environnements d'évolution, elle apporterait une véritable innovation.

Ce développement pourrait intégrer une dimension collective dans des mises en situation où les apprenants travailleraient ensemble à la résolution de problèmes spécifiques. Par exemple, il est difficile d'effectuer seul des captations d'image de grande qualité. Pour cela, il faut être deux : un télépilote et un preneur de vues. Cette association impose un *travail de copiloteage*, certes différent de l'activité observable dans un cockpit, mais nécessitant des types de collaboration identiques (H, 43, C, I, B). Cette situation pourrait être simulée et scénarisée de sorte que plusieurs duos connectés en réseau effectuent une prise de vue complète d'un site. Il serait alors possible de commenter les images ensemble et travailler tant sur le télépiloteage que les prises de vues. Une telle approche, d'esprit socioconstructiviste, favoriserait le travail collaboratif proximal et les apprentissages qui en découlent. Il serait même possible de créer une émulation entre écoles connectées (H, 27, C, I, B). Un tel logiciel de simulation n'est pas disponible à des coûts abordables pour les écoles de dimensions modestes mais ce n'est pas exclu dans l'avenir dans la mesure où le marché de la formation est mondialisé.

3.4. Leviers de progression

L'étude a identifié d'autres leviers de progression. Les pertes de contrôle du visuel désignent la situation où l'apprenant n'est plus en mesure de déterminer la direction dans laquelle s'éloigne le drone dans l'environnement simulé. Il doit apprendre

à « tenir son drone et l'empêcher de partir » (H, 52, C, I, B). Tous les sujets sans exception, ont déjà « perdu » (H, 21, D, Ni, N) le leur quand ils ne parvenaient plus à le distinguer à l'écran. En vol réel, le pilote activerait la fonctionnalité de retour automatique. Le simulateur impose de gérer l'incident ou de contempler un crash peu valorisant. C'est pourquoi l'un des instructeurs « croit dans le potentiel du logiciel en début de formation pour l'acquisition des compétences de base » (H, 43, C, I, B).

Il y a dix ans, nous avons observé que « l'interface logicielle (et ses fonctionnalités) l'emporte sur la présentation graphique des machines » (Gobert, 2007). C'est dans la qualité de cette interface que se situent les leviers de ce potentiel. Il pourrait également s'exprimer dans la gestion des conduites de renoncement. Ces conduites s'observent quand l'aéronef n'est plus en ligne de vol ou que le type de visualisation choisi ne permet pas une gestion optimale du retour à la normale. Le plus simple est de laisser s'écraser la machine virtuelle. L'interruption de la session permet d'en démarrer une nouvelle et de redécoller. Cette rupture du contrat ludique survient également lorsque l'intention *était* d'apprendre avant le décollage mais qu'atteindre l'objectif fixé est devenu ingérable. Onze télépilotes ont « arrêté pour recommencer mieux ». Guidés par un instructeur, ils décrochent¹⁴ moins et tentent d'aller jusqu'au bout de la séquence. La capacité à respecter le contrat que passe le sujet avec lui-même devient une acquisition en soi. Lorsqu'il s'entraîne, il « joue sérieusement » (Freud, 1908, cit. par Manonni, 1979, p.62). D'ailleurs, les apprenants découvrent que le télépilotage est une véritable activité de pilotage. L'aéronef « ne vole pas tout seul » (H, 43, C, I, B). Les différentes assistances électroniques ne se substituent pas à la compétence. Nombre de sujets s'attendaient à davantage de facilité. La prise de conscience de la nécessité d'apprendre pourrait être accompagnée en simulation pour entretenir la motivation.

Conclusion

Au cours de cette étude, nous avons questionné la place des simulateurs immersifs de drones civils dans des écoles professionnelles de télépilotage. Ces dispositifs connaissent le succès en aéronautique et il est légitime de s'interroger sur leur portage, avec des moyens réduits, vers cette nouvelle branche de l'activité. Les observations et les entretiens auprès d'apprenants, de télépilotes confirmés et d'instructeurs ont révélé leur utilité alors que des leviers de progression sont envisagés. En phase de découverte, les simulateurs immersifs facilitent l'acquisition des compétences de base. Toutefois, l'absence de certains enseignements, de l'intégration réelle dans le programme de formation et de la conception d'un travail collaboratif en immersion conduisent à ne pas en exploiter toutes les possibilités. La perte du visuel, les conduites d'abandon, la découverte d'un apprentissage complexe pourraient également être accompagnées *in situ*. Il serait souhaitable que les développeurs ajoutent un versant pédagogique au cadre expérientiel de leurs logiciels et les enrichissent

14 Au sens réel du terme : le décrochage est une perte de portance qui peut conduire un aéronef à l'accident.

d'une dimension socioconstructiviste, participative. Ainsi, les simulateurs, utiles à domicile, ne perdraient plus leur attrait dès lors que les apprenants sont immergés dans la dynamique d'un milieu aéronautique.

Thierry GOBERT

thierry.gobert@univ-perp.fr

Bibliographie

- Bureau d'enquêtes et d'analyses. (2012). *Rapport final sur l'accident survenu le 1^{er} juin 2009 à l'Airbus A330-203*. Récupéré sur le site du Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile : <<https://www.bea.aero/docspa/2009/f-cp090601/pdf/f-cp090601.pdf>>.
- De Jong, T. (1991). Learning and instruction with computer simulations. *Education and Computing*, 6, 217-229.
- Dubey, G. (2013). Toucher le virtuel : une nouvelle anthropologie. *SociologieS*. Récupéré sur le site de la revue : <<http://sociologies.revues.org/4294>>.
- Georget, J.-P. (2009). *Activités de recherche et de preuve entre pairs à l'école élémentaire : perspectives ouvertes par les communautés de pratique d'enseignants* (thèse de doctorat). Université Paris-Diderot.
- Gobert, T. (2007, juillet). *Convivialité des interfaces : apports pluridisciplinaires à la définition d'indicateurs. L'exemple de la simulation de vol*. Communication présentée à Ludovia : La convivialité des interfaces à vocation ludique et pédagogique, Ax-les-Thermes. Récupéré de l'archive HAL : <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01653583>>.
- Gobert, T. (2008). Relations entre situation et dispositif dans le cadre de simulations : l'exemple de la simulation de vol. *Questions vives*, 4(9), 204-213.
- Granry, J.-C. et Mol, M.-C. (2012). *État de l'art en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé*. Rapport de la Haute autorité de santé (HAS). Récupérée sur le site de la HAS : <https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2012-01/simulation_en_sante_-_rapport.pdf>.
- Guéraud, V., Pernin, J.-P., Cagnat, J.-M. et Cortés, G. (2000). Environnements d'apprentissage basés sur la simulation : outils auteur et expérimentations. *Sciences et techniques éducatives : simulation et formation professionnelle dans l'industrie*, 6(1), 95-141.
- Henry, J.-P. (2014). L'entraînement des pilotes par la simulation. Le monde virtuel n'a jamais été aussi réel. *E-mémoires, académie nationale de chirurgie*, 13(2), 73-80.
- Herzog, J.-M. et Forte, E.-N. (1994). A goal oriented simulation in chemical thermodynamics. *International Conference on Computer Aided Learning and Instruction in Science and Engineering (CALISCE)*, 94, 88-98.

- Hutchins, E. et Klausen, T. (1998). Distributed cognition in an airline cockpit. Dans Y. Engestrom et D. Middleton (dir.), *Communication and cognition at work* (p. 15-34). Cambridge, MA : CUP.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning. Experience as the source of learning and development*. Englewoods Cliffs, NJ : Prentice-Hall.
- Manonni, M. (1979). *La théorie comme fiction*. Paris : Seuil.
- March, J.-G. et Olsen, J.-P. (1991). *Décisions et organisations*. Paris : Éditions d'Organisation.
- Milgram, P. et Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), 1321-1329.
- Pastré, P., Mayen, P. et Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 154, 145-198.
- Rey, A. (2000). *Dictionnaire historique de la langue française* (tome 3). Paris : Le Robert.
- Salembier, P., Theureau, J., Zouinar, M. et Vermersch, P. (2001, juin). *Action/cognition située et assistance à la coopération*. 12^e journées francophones d'ingénierie des connaissances, Grenoble. Récupéré sur <<http://www.coursdaction.fr/02-Communications/2001-JTal-C86.pdf>>.
- Subbaraman, N. (2013). In the virtual cockpit, what it takes to fly a drone. NBC News, 13 avril 2013. Récupéré sur le site de la NBC News : <<https://www.nbcnews.com/tech/innovation/virtual-cockpit-what-it-takes-fly-drone-f1C9319684>>.
- Tisseron, S. (2012). *L'enfant au risque du virtuel*. Paris : Dunod.
- Vygotski, L.-S. (1985). Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire. Dans B. Schneuwly et J. P. Bronckart (dir.), *Vygotski aujourd'hui* (95-117). Paris : Delachaux et Niestlé.

Abstract

Immersive simulation in drone pilot training schools

ABSTRACT: Immersive simulation is used in pilot training and this has inspired most civil drone pilot training courses to offer students the opportunity to use this type of tool. However, trainees and educational advisors are divided as to their use during training. This article, therefore, questions the customisation of this equipment for use in a different branch of the same discipline, and posits the hypothesis that learning support provided by a human being is the real key to success.

KEYWORDS: learning, educational theory, informal learning, computer-assisted learning