



HAL
open science

Une plateforme de simulation aéronautique pour l'enseignement de la culture de la sécurité

Sami Bakri, François Collas, Philippe Lépinard

► To cite this version:

Sami Bakri, François Collas, Philippe Lépinard. Une plateforme de simulation aéronautique pour l'enseignement de la culture de la sécurité. 8es journées de pratique et de recherche du GT-AIMS MACCA Management, Jan 2025, Evry, France. hal-04879126

HAL Id: hal-04879126

<https://hal.science/hal-04879126v1>

Submitted on 10 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Une plateforme de simulation aéronautique pour l'enseignement de la culture de la sécurité

Sami Bakri

Université Haute-Alsace, IUTC, F-68000 Colmar, France

sami.bakri@uha.fr

François Collas

Université Haute-Alsace, IUTC, F-68000 Colmar, France

francois.collas@uha.fr

Philippe Lépinard

Univ Paris Est Créteil, IRG, F-94010 Créteil, France

philippe.lepinard@u-pec.fr

Résumé :

Notre communication présente un enseignement dédié à la culture de la sécurité et mettant en œuvre une plateforme de simulation aéronautique. Réalisé au 2nd semestre de l'année universitaire 2023-2024, ce cours concerne une classe de BUT 3 Hygiène, sécurité, environnement. Dans le cadre des journées MACCA Management, ce retour d'expérience est particulièrement intéressant puisqu'il rend compte d'une diffusion réussie d'un dispositif pédagogique imaginée initialement dans le cadre d'enseignements de gestion au sein d'une école universitaire de management. Il démontre également la force de la vulgarisation scientifique puisque l'équipe projet s'est appuyée sur trois articles de présentation du projet *FlighTeam* parus dans le magazine grand public *Micro Simulateur* (Lépinard, 2022 ; Brahami *et al.*, 2023 ; Lépinard *et al.*, 2024).

Mots-clés : enseignement supérieur, simulation aéronautique, ludopédagogie, gestion de crise, culture de la sécurité

Une plateforme de simulation aéronautique pour l'enseignement de la culture de la sécurité

1 INTRODUCTION

En France, l'usage de la simulation de vol dans le cadre d'enseignements de gestion a une longue histoire débutée à la fin des années 2000. Pourtant, sa diffusion, tant universitaire que professionnelle, est restée très limitée. L'arrivée de logiciels de simulation grand public de nouvelle génération au début des années 2020 a permis de repenser les pratiques pédagogiques possibles. C'est dans un tel contexte que l'équipe du projet pédagogique et de recherche en ludopédagogie EdUTeam¹ a développé la plateforme *FlighTeam* destinée à plusieurs enseignements au sein de l'IAE Paris-Est, l'école universitaire de management de l'Université Paris-Est Créteil (UPEC). Si les résultats ont été particulièrement positifs en termes d'acquisition de connaissances, l'objectif d'un travail de recherche est également sa diffusion. Au mois de juin 2024, nous avons eu la chance de rencontrer une équipe de l'IUT de Colmar qui a mis en place une plateforme équivalente. Notre communication présente le cours imaginé pour une classe de BUT 3 Hygiène, sécurité, environnement. Dans le cadre des journées d'étude du GT-AIMS MACCA Management, ce retour d'expérience est particulièrement intéressant puisqu'il rend compte d'une diffusion réussie d'un dispositif pédagogique, imaginée initialement dans le cadre d'enseignements de gestion, non seulement dans une autre université mais dans des disciplines éloignées : physique-chimie et sciences de la vie et de la terre. Il démontre également la force de la vulgarisation scientifique puisque l'équipe projet s'est appuyée sur des articles de présentation du projet *FlighTeam* parus dans le magazine grand public *Micro Simulateur* (Lépinard, 2022 ; Brahami *et al.*, 2023 ; Lépinard *et al.*, 2024). Dans une première partie, nous relatons l'historique du projet *FlighTeam*. La deuxième étape décrit le projet spécifique mené à l'IUT de Colmar. Enfin, le troisième chapitre est un témoignage provenant d'un des enseignants de l'équipe de ce projet.

¹ Site du projet pédagogique et de recherche en ludopédagogie EdUTeam : <https://eduteam.fr/>.

2 HISTORIQUE DU PROJET FLIGHTTEAM

Issue d'une longue histoire technopédagogique et d'un travail de recherche sur la transformation pédagogique en management, *FlighTeam* est une plateforme de simulation virtuelle multijoueur déployée à l'IAE Paris-Est, l'école universitaire de management de l'université Paris-Est Créteil (UPEC). Elle a été imaginée à la suite de plusieurs itérations menées au sein de l'armée de Terre française et de Thales Université. La plateforme *FlighTeam* a été labellisée par la FNEGE en 2024.

2.1 EDITH

L'histoire du projet débute en 2009 au Cannet-des-Maures (Var) ou, plus précisément, à la base école Général Lejay de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT). La première étape a lieu dans la pénombre ; au milieu du système de simulation EDITH (Lheritier, 2012, p.7-8) où sont, d'ordinaire, formés les commandants de bord, chefs de patrouille et commandants d'unité de l'ALAT. Mais ce jour-là, seuls les instructeurs ont une combinaison de vol. Les autres participants portent des habits bigarrés. Ce sont en effet des étudiants du master MAPI parcours MAJE (Management de projets innovants en jeux vidéo) de l'université de Nice Sophia Antipolis (maintenant Université Côte d'Azur). Ils suivent une journée de formation au management d'équipe et leadership en réalisant des missions de combat. Le pilotage n'est d'ailleurs pas un problème. Le modèle de vol des hélicoptères est simplifié à l'extrême. EDITH est avant tout un dispositif dit « bas coût » (par rapport aux *Full Mission Simulators* ou FMS ; Lépinard, 2014) pour former et entraîner les équipages à la réalisation de missions complexes et collaboratives au sein d'un environnement multijoueur (toutes les cabines peuvent être connectées les unes aux autres).

2.2 SIMLEAD

L'étape suivante a lieu plusieurs centaines de kilomètres plus au nord, à Jouy-en-Josas (Yvelines), dans les (anciens) locaux de Thales Université. L'instructeur, pilote ALAT, porte toujours une combinaison de vol mais les apprenants ont troqué jeans et sweats pour des costumes. Des psychologues et doctorants sont également présents pour les accompagner et pour étudier les effets du détournement d'un système militaire en dispositif de formation civil (Lépinard & Martin, 2015 ; Martin, 2015 ; Martin, 2016 ; Martin, 2018). Les missions deviennent humanitaires. Thales Group et HEC viennent de créer *SimLead*, une simulation

collaborative s'appuyant sur le système EDITH afin de former des cadres en formation continue aux mêmes thèmes que ceux imaginés pour les étudiants de Nice quelques années auparavant (Gombert, 2012 ; Pierre, 2012).

2.3 FLIGHTTEAM

La troisième étape se déroule à l'IAE Paris-Est au sein du fablab d'expérimentations ludopédagogiques GamiXlab. On retrouve des étudiants autour de plusieurs simulateurs de vol. L'objectif a été de concevoir un dispositif de simulation virtuelle semblable à EDITH (ou *SimLead*). Cette étape comprend deux temps. Le premier est l'utilisation de la simulation de vol propriétaire Microsoft *Flight Simulator 2020* (MSFS 2020)². Son esthétisme, sa richesse, son paramétrage et sa simplicité apparente nous ont sidérés durant plusieurs mois. Nous étions tombés dans le piège de la surenchère, finalement à l'opposé de l'esprit EDITH/*Simlead* tourné vers l'opérationnel sans fonctionnalités superflues. Après deux années d'expérimentations techniques et pédagogiques réalisées dans le cadre de projets tutorés (Lépinard, 2022a ; Altombokshi & Hu, 2022 ; Launay & Capgras, 2023 ; Moulai & Mansour, 2024), nous avons découvert *FlightGear*, un simulateur de type *Free/Libre Open Source Software* ou FLOSS (Perry & Olson, 2001 ; Perry, 2004 ; Lépinard, 2024)³. Cet outil, simple à mettre en œuvre et léger, nous a immédiatement séduit et, en quelques semaines, MSFS 2020 était remplacé par *FlightGear*. Mieux, grâce à une communauté particulièrement active, un logiciel de gestion du trafic aérien (ATM), également FLOSS (*OpenRadar*), était ajouté à la plateforme de simulation (Brahmi *et al.*, 2023), devenant ainsi une boîte à outils modulable pour imaginer de nombreux enseignements autour du management, de la gestion des risques, des facteurs humains, etc. La plateforme de simulation virtuelle *FlightTeam* était née (Figure 1). Le premier enseignement formalisé a été réalisé en 2024 avec les étudiants du master 2 Management de la sécurité des systèmes d'information. La thématique du cours concerne les organisations à haute fiabilité (HRO).

2.4 FLIGHTTEAM EN DEHORS DE L'IAE PARIS-EST

La dernière étape du projet concerne la diffusion de la plateforme en dehors de l'IAE Paris-Est à la suite de plusieurs publications académiques et de vulgarisation. En effet, la plateforme

² Site internet de Microsoft *Flight Simulator* (maintenant en version 2024) : <https://www.flightsimulator.com/>.

³ Site internet du projet *FlightGear*: <https://www.flightgear.org/>.

FlighTeam a été répliquée avec le simulateur *X-Plane*⁴ à l'IUT de Colmar (Université Haute Alsace). La suite de cet article rend compte de ce projet.



Figure 1. Plateforme FlighTeam de l'IAE Paris-Est.

3 ENSEIGNEMENT DE GESTION DE CRISES (BUT 3)

3.1 LE CONTEXTE

3.1.1 Une petite révolution

Septembre 2022, le DUT (diplôme universitaire de technologie, formation à BAC +2) devient le BUT (bachelor universitaire de technologie, BAC +3). Accompagnée d'une lourde refonte des programmes poussant vers la professionnalisation, l'ajout d'une année de formation a nécessité la création de nouveaux contenus solides et appliqués. Le département BUT Hygiène, Sécurité, Environnement (HSE) de Colmar nous a soutenu lorsque nous avons proposé un enseignement original de la gestion de situation de crise en 3^e année, axé sur la simulation de vol en réseau. Ce chapitre présente un premier retour d'expérience d'ordre technique s'apparentant à un guide pouvant éclairer d'éventuels formateurs tentés par cette belle aventure.

⁴ Site internet d'*X-Plane* : <https://www.x-plane.com/>.

3.1.2 Des besoins ciblés

Le BUT HSE forme des techniciens supérieurs « préventeurs ». Ceux-ci proposent à leurs employeurs des solutions de prévention des risques afin de limiter l'occurrence des aléas. Les préventeurs sont évidemment en première ligne lorsque, malheureusement, l'accident survient. Nous cherchions alors à préparer au mieux nos étudiants à cette dernière éventualité. Contraints également par l'accroissement du contexte professionnalisant de notre formation, nous voulions appuyer la transmission des connaissances sur des éléments concrets et vécus, sur une perception expérimentale de la situation de crise et des facteurs humains interférant. Comment, sans risque, amener les étudiants à découvrir quelques-unes de leurs capacités et limites (humaines et techniques) en situation de crise ? Comment expérimenter la gestion et l'intégration dans un groupe des capacités et limites des autres, dans un tel contexte ? Un article dans la revue de Micro Simulateur de juillet 2022 sur le projet *FlighTeam* de l'IAE Paris-Est, sera l'étincelle de notre solution : outil d'innovation technique, pédagogique et ludique, la simulation de vol en réseau peut nous apporter les réponses appliquées, expérimentales et attractives nécessaires à nos enseignements.

3.2 PRESENTATION RAPIDE DU MODULE

Après trois ans de préparation, François Collas, enseignant et pilote d'avion de tourisme, et moi-même, enseignant, pilote d'ULM et passionné de simulation de vol, avons proposé une première version du module d'enseignement « Gestion de situation de crise ». Totalemment intégré au cursus et mis en place dès l'année universitaire 2023-2024, ce module obligatoire a été suivi par l'ensemble des 54 étudiants HSE de 3^e année de l'IUT de Colmar. Il se déroule en quatre périodes, réparties sur deux semaines : travaux pratiques (TP) immersifs de simulation de vol en réseau, retours d'expérience avec des intervenants professionnels experts de la gestion de situations de crise, retour à la pratique en TP et transposition de la pratique expérimentale aux notions théoriques puis évaluation. En TP, les équipages étudiants pilotent de petits avions et une équipe de contrôle gère la tour de contrôle de l'aéroport de Colmar (les tâches sont distribuées précisément et guidées). Très vite, nos scénarii ajoutent différents imprévus, poussant les équipages hors de la fragile assurance acquise. Des débriefings encadrés par des professionnels et des mises en perspectives de notions théoriques viennent compléter et alimenter ces expériences pratiques. Enfin, l'évaluation consolide encore la liaison entre le vécu des TP et les jalons théoriques abordés. Elle intègre également un retour d'expérience des

étudiants sur le module lui-même, les faisant participer à l'évolution de l'enseignement proposé.

3.3 PREPARATION ET MISE EN OPERATION DU MODULE

Trois années de préparation ont été nécessaires pour élaborer un projet viable, prévoir les équipements nécessaires et la salle de vol, réunir et répartir les budgets, gérer les commandes, rendre opérationnelle les installations, contacter et réunir l'équipe des intervenants extérieurs, préparer les contenus didactiques et les tester.

3.3.1 Elaborer un projet viable

La simulation de vol apparait au mieux comme un instrument de formation limité aux pilotes et autres gestionnaires des espaces aériens. Au pire c'est un loisir chronophage pour « adolescents ». Nous avons pu convaincre notre département du bien-fondé de l'utilisation de cet outil, pour notre module de formation à la gestion de situation de crise, avec les arguments suivants :

- L'aéronautique est récente, moderne, attractive, technique, connue de tous mais maîtrisée par peu. Le choix de ce domaine facilite donc l'adhésion et ouvre à l'évasion. Les notions abordées semblent accessibles et familières, mais sont très rarement maîtrisées ou même correctement définies par notre public.
- L'aéronautique est historiquement fortement liée à la sécurité. Les accidents, nombreux à ses débuts, ont été documentés dès sa naissance. Leur analyse a souvent été rendue publique. Comme beaucoup d'activités initialement insoutenablement dangereuse, l'aéronautique a été contrainte de se forger une réputation de transparence et représente aujourd'hui un modèle de prévention des risques.
- De lourdes et coûteuses simulations informatiques professionnelles offrent à des scientifiques aguerris la possibilité de tester, en toute sécurité, des situations ou hypothèses complexes. Nous avons le besoin d'une simulation complexe mais facilement paramétrable, fiable et abordable. Un simulateur de vol tout public peut être une solution pertinente.
- Nous espérons libérer l'expression des facteurs humains dans notre simulation de crise. Adhésion et immersion de l'expérimentateur seront grandement facilitée par le thème,

mais également par des matériels réalistes facilement disponibles aujourd'hui (logiciels, commandes de vol).

- Une situation de crise née de la perturbation d'une situation établie, routinière et maîtrisée. L'objectif est de créer, en quelques heures de TP, des comportements routiniers chez les étudiants. Un tableau de bord est souvent impressionnant. Guidés par nos *check-lists*, les étudiants peuvent développer rapidement des routines de résolution du problème de base : décoller de A, voler jusqu'en B, atterrir... La routine fraîchement installée, il ne reste plus qu'à paramétrer le simulateur pour la mettre en défaut !

3.3.2 Prévoir les équipements nécessaires et la salle de vol

Peu ou pas d'antécédents en la matière : il a fallu tout créer. Nous nous sommes donc lancés dans un projet pour le moins inhabituel. Nous engageons le département et une partie de son budget. Nous nous sentions redevable d'un minimum de réussite envers les étudiants qui n'avaient rien demandé de si particulier. Ainsi, au cours de cette préparation, nous avons parfois convaincu nos décideurs un peu plus que nous l'étions nous-même, nous avons parfois justifié notre projet un peu au-delà du raisonné et nous avons douté souvent sans trop le montrer... Et, parfois, quand nous avons exprimé nos doutes les plus profonds, ce sont nos collègues qui nous ont rassurés ! Le travail d'équipe dépasse notre binôme visible. Nous remercions tous ces collègues pour leur confiance.

3.3.3 Choix de l'organisation de la salle de vol

Le plan de salle (Figure 2) doit permettre, de garantir à la fois la cohésion du groupe TP (essentielle pour partager les mêmes vécus dans la première phase des débriefings), une relative intimité aux équipages (renforcement de la bulle équipage, favorisant le travail en commun, mais également les éventuelles tensions), un axe de vision sur les autres groupes (l'observation des comportements des autres équipages fait partie des attendus) et une place privilégiée pour la tour de contrôle qui renforce son apparente position dominante mais également son isolement. La salle de vol a donc été découpée en 6 zones : quatre postes de pilotages (pour des équipages de 3 ou 4 étudiants), une tour de contrôle un peu à l'écart (prévue pour 2 étudiants) et un espace formateur (projection des consignes, gestion et l'enregistrement des communications). Nous n'avons toutefois pas pu bénéficier d'une salle dédiée. Cela aurait facilité grandement son installation, sa pérennisation, sa mise en valeur au sein de l'université ainsi que les possibilités d'extension de son utilisation à un cadre professionnel extérieur. Ceci

n'a pas été possible cette année. Une mise en place provisoire et improvisée a été réalisée par le service informatique.

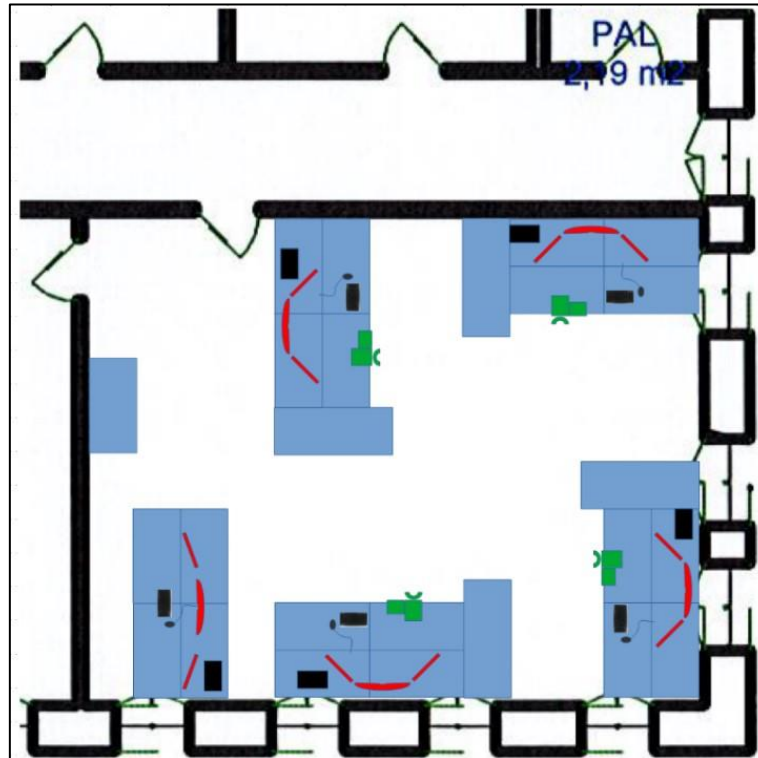


Figure 2. Plan de la salle de simulation.

3.3.4 Équipement informatique de base (Annexe 2)

Les prospections pour les équipements informatiques ont été compliquées par la durée de préparation du projet : certains ordinateurs pourtant disponibles dans notre département et que nous pensions réutiliser se sont avérés dépassés et inutilisables. Les évolutions de matériels et de logiciels, dans le cadre exigeant de la simulation, impliqueront un suivi et des tests rigoureux des matériels avant chaque session à venir. Dans le cadre de notre module, nous avons mobilisé des PC puissants (poste de vol équipage), 1 PC de gamme moyenne (poste tour de contrôle), 1 PC classique formateur (projection des consignes et gestion des communications), des équipement réseau des 6 postes en liaisons Ethernet (WiFi trop peu fiable) et un accès internet rapide. Les PC puissants doivent supporter la charge d'une simulation relativement importante (processeur tout public mais correctement dimensionné comme des Intel i7) et d'un affichage quadruplé (carte graphique Nvidia RTX 4070 dans notre cas). En revanche, certains matériels ont pu être récupérés dans les rebuts du service informatique de l'IUT (les écrans périphériques) ou sont empruntés au département (les écrans de report des instruments de vol qui sont des

tablettes tactiles destinées à l'enseignement). L'écologie et la frugalité technologique sont des sujets de réflexion pour les enseignements HSE (E pour Environnement). Les étudiants n'ont pas manqué de l'évoquer et cet aspect représente un axe d'évolutions possible.

3.3.5 Réunir et répartir les budgets, gérer les commandes

Le budget a été pris en charge par notre département (financement d'un TP classique), étalé sur les trois années de préparation. Les achats ont été regroupés par type de matériel afin d'éviter la disparité des systèmes : nos périphériques sont soumis aux aléas du marché et des modes du loisir. Une bonne connaissance de ces matériels et de leur diffusion publique peut aider à contourner certains obstacles. Il faut éviter ceux trop anciens, voués à disparaître rapidement des étals, et ceux trop nouveaux, encore trop peu soutenus techniquement. Le budget total a été d'environ les 10 000 euros ; la part la plus importante étant portée par les quatre PC puissants (environ 1 500€ HT par appareil). C'est un budget important mais habituel, voire économique pour équiper une salle de TP technique. La gestion des commandes a également comme particularité la non-disponibilité de certains produits dans les marchés habituels de la fonction publique (les logiciels par exemple). De nombreux échanges avec les services gestionnaires nous ont permis de lever, avec eux, toutes les contraintes.

3.3.6 Rendre opérationnelles les installations

Plusieurs semaines pleines ont été nécessaires à la finalisation des installations. Nous avons été surpris par ces délais, sachant que nous connaissons bien ce genre d'installation dans un cadre personnel et privé. Beaucoup de limitations (compréhensibles) apparaissent avec la nécessaire sécurité informatique et électrique d'un campus public. Elles nous ont imposé de longs ajustements et de bonnes relations avec les services informatique et technique de l'établissement, souvent mis à contribution. Par ailleurs, certains de nos choix (matériels et logiciels) se sont également révélés problématiques lors de cette phase finale. La majorité de ces difficultés ont pu être contournées, au prix d'une pression palpable et de nombreuses heures d'investissement. Les choix finaux de la plupart des logiciels et périphériques ont toutefois été guidés par les objectifs pédagogiques de nos TP, subtil équilibre entre simplicité d'utilisation et complexité disponible : le pilotage et la gestion des appareils doivent sembler accessibles mais offrir également suffisamment de richesse et de profondeur pour permettre une rapide dégradation des repères de vol (en fonction de paramètres peu visibles mais déterminés et

maitrisés par nos scenarii). D'autres décisions ont simplement été contraintes pour des raisons d'incompatibilité ou d'indisponibilité ! Le poste de pilotage définitif est présenté en annexe 3.

3.3.7 Aperçu de quelques difficultés matérielles

- Le nombre de ports USB nécessaires sur les ordinateurs : les périphériques de vols sont gourmands en connexions et n'acceptent pas les hubs USB. A prévoir dès l'achat des PC.
- Idem pour les sorties vidéo : les cartes graphiques puissantes avaient bien les 4 sorties vidéo prévues pour les 4 écrans mais elles n'étaient pas identiques. Nous avons dû prévoir de nombreux adaptateurs.
- L'utilisation du Wifi pour le réseau est à proscrire (instabilités). Le réseau filaire et la déclaration d'un sous réseau interne sont indispensables.

3.3.8 Aperçu de quelques difficultés logicielles

- Les configurations initiales des systèmes (pilotes, logiciels) sont fragiles et inadaptées à la configuration en nombre et systématique. Il a fallu créer des protocoles d'installation pour les harmoniser et permettre à tout collègue non spécialiste de réparer une installation en cas de dérèglement en cours de TP.
- De nombreux logiciels et pilotes matériels utilisés ne sont pas non plus destinés à une utilisation dans un contexte étudiant : les configurations, aisément modifiables par les utilisateurs, ne peuvent pas être sécurisées simplement. Nous avons compté (avec succès) sur la responsabilisation et l'honnêteté des étudiants. Mais nous n'avons pas été totalement à l'abri de modifications involontaires de certains paramètres.
- Les tests sur notre manche de pilotage (*yoke*) ont montré une incompatibilité partielle avec le simulateur libre initialement pressenti (non documentée). Nous avons dû nous rabattre sur un simulateur payant finalement mieux adapté à nos besoins.

3.3.9 Contacter et réunir l'équipe des intervenants extérieurs

Nous avons la chance de pouvoir réunir un groupe riche et varié d'intervenants extérieurs curieux et intéressés par notre démarche. L'originalité du projet et son ancrage dans le contexte ciblé de la pratique aéronautique a certainement facilité leurs adhésion et investissement. Les interventions forment le socle de connaissances théorique de notre formation. Pivot de notre

module, elles accompagnent également les étudiants dans l'analyse de leur expérimentation initiale et les préparent à la deuxième série de TP. Chacun, enfin, apporte les spécificités de son expérience humaine au menu de notre formation :

- Mme Gravalon est ingénieure du contrôle de la navigation aérienne à l'aéroport de Bâle-Mulhouse et instructrice en facteur humain. Elle a permis aux étudiants de mesurer les similitudes de leur courte expérience avec la réalité aéronautique mais, surtout, les limites de la simulation. Sa vision prudente des protocoles trop figés face à l'imprévisibilité de la crise a amené nos jeunes HSE à des réflexions intéressantes. Elle nous a également accueilli au sein des installations de l'aéroport où les étudiants ont pu observer les procédures de gestion du trafic aérien en temps réel et échanger avec les personnels de la tour sur, par exemple, la maîtrise du stress dans ces fonctions.
- M. Sager est pilote professionnel en compagnie de jet privé et vice-président de l'aéroclub de Colmar. Son parcours et son expérience ont mis en lumière l'immense diversité et imprévisibilité des situations de crise réelles.
- Mme Lutz est une responsable HSE junior sur un site Seveso alsacien. Elle a effectué sa formation dans notre IUT. Elle a participé à toutes les étapes de la gestion d'un sinistre grave dans son entreprise. Elle nous a apporté une vision fraîche et intense d'un premier contact pratique avec une situation de crise en industrie. Elle a enfin partagé son expérience de gestion terrain de la crise sur les temps courts et longs.
- M. Zipper est fondateur d'une entreprise spécialisée dans l'expertise de la gestion de crise, moniteur national de secours et formateur pour de nombreuses spécialités : artificier, milieux confinés et spéléologie. Il préside une ONG intervenant notamment en milieu périlleux. Avec toute sa bienveillance et son extraordinaire expérience, il nous a apporté son éclairage sur la gestion du facteur humain dans ses équipes de terrain, pourtant préparés et rompus aux interventions en situation de crise.

3.3.10 Préparer les contenus didactiques et les tester

Éléments imaginés dès l'émergence du projet, les contenus didactiques des travaux pratiques n'ont été finalisés que très tardivement. En effet, tout au long de la préparation, les explorations d'un concept novateur et peu documenté, les échanges éclairants avec les spécialistes, la forte dépendance aux matériels et logiciels finalement acquis, les découvertes tardives de leurs limitations et les apports singuliers des intervenants extérieurs disponibles ont constitué un

environnement flou et mouvant de contraintes fixé uniquement en fin de parcours. Plutôt que de nous imposer ces limites dans le moule initialement imaginé, au risque de perdre toute cohérence, nous avons préféré adapter au mieux notre contenu didactique à la richesse de l'environnement disponible tout en respectant les valeurs et objectifs fondateurs du projet. Le corolaire négatif de cette adaptation tardive des contenus est qu'il ne nous a pas été possible de tester l'ensemble du dispositif avant de le proposer aux étudiants. Heureusement, grâce à nos expériences pédagogiques précédentes, aux pilotages de mini-projets (notamment la mise en place de Situations d'Apprentissage et d'Évaluation ou SAE dans le nouveau BUT), à la connaissance du public visé, au soutien des intervenants extérieurs et, surtout, à une attitude honnête et humble face aux étudiants, nous avons pu proposer une première version cohérente et opérationnelle du module à toute la promotion de 3^e année (Figure 3).



Figure 3. Groupe TP en simulation de vol

3.4 LA SESSION DE MAI 2024

Le module de « gestion de situation de crise et facteurs humains » (18h par étudiants) est organisé autour de TP en salle de simulation de vol, accueillant une quinzaine d'étudiants.

3.4.1 Principe et progression du module

- Fournir un système complexe au groupe : un aéroport constitué de quatre avions et d'une tour de contrôle.

- Fournir le mode d'emploi de ce système, sous la forme d'une importante liasse de *checklists* : manuel opérationnel, sans explication.
- Préparer une situation routinière et s'entraîner.
- Plonger les étudiants en situation de crise (incidents, pannes).
- Présenter certaines méthodes de gestion de situation de crise en cours.
- Retenter une situation de crise et analyser les progrès.

3.4.2 Mise en œuvre chronologique du module

- Simulation : prise en main puis scénario et pannes (4h).
- Interventions des professionnels extérieurs rompus à la situation de crise (10h).
- Simulation : terminée par un scénario catastrophe (4h).
- Debriefings.
- Évaluation sur le retour d'expérience et les liens expérience pratique / théorie.

3.4.3 Répartition des rôles, outils fournis et contraintes imposées aux étudiants

- Les quatre avions évoluent dans le même environnement, supervisés par la tour.
- Les quatre postes de pilotages, équipés de commandes réalistes et reliés en réseau, sont gérés par des équipages de 3 à 4 étudiants.
- Le poste « tour de contrôle » est occupé par 2 étudiants.
- Les communications entre les quatre postes et la tour sont limitées à un unique canal audio et doivent répondre aux protocoles de communication de l'aviation légère (allégé).

Les postes sont fixés de manière arbitraire par TP et les rôles strictement définis : le commandant prend les décisions, communique avec la tour et les autres commandants et apporte son aide aux autres postes, sur demande uniquement, le pilote dirige les manœuvres de l'avion (manche et palonnier) et le navigateur-mécanicien gère la navigation et les moteurs (gaz, mélange, etc.). Les déroulés détaillés des deux TP décrivent l'évolution chronologique des actions et contraintes imposées aux étudiants et indiquent succinctement quelques réactions caractéristiques observées dans certains équipages ou chez certains individus (Annexe 1).

3.5 BILAN

Afin de réaliser le bilan de cette expérience, nous avons tenté d'élargir le spectre des retours d'expérience. Nous avons donc réuni :

- les retours des étudiants (débriefings et après dépouillement de leurs évaluations) ;
- les enregistrements audios des communications entre les commandants et la tour ;
- les retours de trois observateurs, invités lors des séances de TP (un enseignant chercheur en informatique pratiquant le jeu vidéo, un ingénieur pédagogique de l'université et un informaticien également pilote privé) ;
- les retours des intervenants professionnels (certains ont assisté aux TP) ;
- les retours des services informatique et technique ainsi que quelques collègues, invités à suivre une partie du module lors de démonstrations ;
- et les nombreux échanges au sein de l'équipe projet durant et après le déroulement du module.

3.5.1 Un outil plus intéressant qu'espéré initialement

Globalement, pour les étudiants, on note une forte attractivité, une immersion très variable et des notions bien comprises, mais pas forcément mises en application. Quelques-uns nous ont indiqué, sans hésiter, avoir découvert des détails de leur personnalité dans cette simulation, d'autres ont laissé échapper des comportements inattendus lors des pics de tension. Ce dernier point est à surveiller car, comme tout dispositif d'apprentissage expérientiel, la mise à nu de certaines réactions en public peut être une source de difficultés. Ces résultats peuvent sans doute être relativisés car une partie importante de nos étudiants sont pompiers bénévoles et ont donc déjà une expérience (une appétence pour quelques-uns !) des situations exceptionnelles. Voici quelques caractéristiques positives de notre première expérimentation :

- Le caractère attractif et novateur est indéniable et plébiscité, les retours ont été unanimes.
- L'intérêt du module est validé, même chez certains étudiants pourtant sceptiques au lancement des TP ou qui indiquent ne pas avoir ressenti de stress particulier durant les exercices.
- L'immersion des étudiants est excellente pour certains, correcte pour la plupart (observation directe).
- Les facteurs déclenchant l'état de crise sont bien identifiés par les étudiants (débriefings et évaluations étudiantes, intervenants).

- Les facteurs humains dans la crise sont facilement reconnus et identifiés (débriefings et évaluations étudiantes, intervenants).
- Les problèmes liés à la communication en crise apparaissent comme évidents (débriefings et évaluations étudiantes, intervenants, enregistrements).
- La modularité et la flexibilité sont très importantes (scénarios, pannes, modulation des interactions, règles explicite ou implicites, etc.).

3.5.2 Axes d'amélioration

- La fragilité technique et informatique est à consolider en priorité. L'expérience nous aidera à reconnaître peu à peu les zones sensibles du dispositif, et à anticiper ces fragilités. Cela pose également le problème des montages techniques hors normes et de leur pérennité.
- Les *Checklists* sont trop riches et indigestes. Nous avons été souvent sollicités. De nombreuses réponses étaient pourtant disponibles directement dans des *checklists* (les étudiants ont initié le travail : ils les ont triées et en ont extrait les pages essentielles).
- L'immersion des étudiants n'est pas homogène. Les retours des étudiants en débriefing étaient très variables sur ce point, bien qu'il nous ait semblé que le contrat avait été rempli. Il est certainement possible d'améliorer nos mises en scènes, un peu effacées par la résolution des problèmes techniques urgents. En 2025, un ex-négociateur du GIGN, très intéressé par notre projet, interviendra sur les facteurs humains dans le module. Son expérience et ses conseils nous aideront également à la création d'un univers plus immersif.
- Les scénarii et facteurs déclenchant sont à diversifier. La surprise restant un élément essentiel du déclenchement de la crise et, par extension, de nos TP, il faudra sans doute nous renouveler d'année en année. La grande modularité, évoquée dans le paragraphe précédent, devrait nous y aider.
- Avoir une salle fixe et pouvoir la préparer sereinement sont des éléments indispensables. Nous travaillons à sa création avec les services technique, informatique et l'université. Les relations constructives établies lors de la préparation et la réussite de ce module y contribueront.

3.6 ITINERAIRE INITIATIQUE D'UN ENSEIGNANT NOVICE (TÉMOIGNAGE D'UN DES ENSEIGNANTS DU PROJET)

Étant enseignant au Département Hygiène – Sécurité – Environnement de l'IUT de Colmar et par ailleurs pilote d'avion amateur, j'ai adhéré au projet initié par mon collègue. En revanche, je ne suis pas adepte de jeux informatiques, ni de simulateurs de vol, ni de réalité virtuelle. Mes compétences informatiques se limitant aux usages bureautiques habituels, voilà qui fait de moi un novice. C'est à ce titre que je relate mon expérience. Ma participation au montage du projet fut nécessairement limitée par une impossibilité de prendre part en début d'année universitaire aux décisions en matière de choix du matériel et du logiciel. Les premières séances de TP de simulation étant programmées fin avril 2024, la pression monte progressivement car j'ai beaucoup à apprendre pour être capable d'animer des séances face à des étudiants. Si les congés d'hiver sont l'occasion d'un apprentissage autodidacte du logiciel initialement prévu (*FlightGear*), ceux de printemps sont intégralement dédiés à l'installation de la salle de TP. Ce travail me fait mesurer l'ampleur et la complexité de la tâche pour le non-informaticien que je suis. De plus, il a parfois été nécessaire de recourir au système D (emploi détourné de tablettes, découpe de supports en contreplaqué, etc.). Et comble pour moi, le logiciel *FlightGear* est finalement remplacé par *X-Plane* qu'il m'appartient donc de prendre en main rapidement. Que d'heures d'apprentissage à rythme intensif pour moi ! En parallèle, mon collègue construit la trame pédagogique de chaque séance de TP, imagine les missions aériennes que les étudiants auront à réaliser et rédige les *to-do lists* pour chaque phase de vol. Pour ma part, je prépare le fonds documentaire correspondant aux missions prévues (sélection des extraits adaptés des cartes aéronautiques, topographiques et routières). La date fatidique de la première séance approche. N'ayant moi-même qu'une maîtrise incomplète de *X-Plane* et du dépannage d'éventuels soucis informatiques, nous décidons que mon collègue animera chaque première séance de TP en ma présence et qu'il sera présent au moins en début de celles que j'animerai. À l'instar de l'apprentissage du pilotage, je me retrouve enseignant en double-commande ! La toute première séance de TP débute par une panne totale du réseau de notre université, heureusement rapidement résorbée par le service informatique. Les étudiants pouvant enfin se lancer dans leur première mission, c'est pour moi la seconde phase de l'aventure liée à une activité pédagogique dont j'ignorais beaucoup. Au fur et à mesure des différentes séances de TP, ma principale appréhension s'estompe : les étudiants vont-ils se contenter de jouer mais sans entrer dans l'ambiance de crise ? En effet, face aux erreurs de pilotage, de désorientation spatiale et de non-respect des consignes données par la tour de contrôle, les relations au sein

des équipages et avec les contrôleurs se tendent parfois. La personnalité des étudiants se révèle avec acuité et les situations de crise surviennent avec son cortège de signes visibles : antagonismes entre élèves, stress, hyperactivité ou non réaction par sidération, voire un étudiant malade. Si j'étais dubitatif quant à l'efficacité d'un simulateur de vol en tant qu'outil d'immersion dans une crise, mes doutes s'estompent rapidement. Ma position de spectateur me fait engranger un grand nombre d'observations dont il sera impossible de toutes les exploiter avec chaque équipage faute de temps lors des retours d'expérience. Par ailleurs, les constats que nous faisons au fur et à mesure nous font imaginer des modifications au fil des séances, ce qui nécessite entre chacune d'elles de remanier la configuration de *X-Plane* et les documents destinés aux étudiants. Bref, les séances de TP sont intenses et nécessitent un travail d'amélioration continue entre chacune d'elles. Ceci impose un rythme très soutenu mais l'aventure est pour moi passionnante. Finalement, je tire plusieurs enseignements de cette première expérience dans l'emploi de logiciel de simulation dans le cadre d'un enseignement. Tout d'abord, un simulateur de vol semble être un bon outil pour faire concrètement ressentir aux étudiants ce qu'est une situation de crise. Si nos élèves de BUT HSE participent à des exercices simulant de manière assez réaliste des accidents, ces derniers sont rares car ils nécessitent des moyens importants (nombreux participants professionnels, recours à des engins, utilisation de nombreuses salles). Malgré le volumineux travail préparatoire qu'a nécessité le module, multiplier les séances semble nettement plus accessible. Ensuite, en tant qu'enseignant débutant en matière d'emploi de logiciels immersifs, je n'aurais jamais pu réaliser ces séances seul et dans le délai imparti (quelques mois). Ces outils ne sont pas à la portée du novice car ils nécessitent de maîtriser non seulement un simulateur de vol mais aussi l'informatique en réseau. Cette réalisation pédagogique n'aurait donc pas vu le jour sans mon collègue et sans le service informatique de l'IUT de Colmar. Enfin, mon expérience aéronautique s'est avérée également indispensable tant pour imaginer des missions que pour être capable d'encadrer les étudiants. Par conséquent, que dire du rapport « bénéfice pédagogique / moyens mis en œuvre » ? Même s'il nous est difficile de les quantifier, les moyens nécessaires ont été importants : mobilisation d'enseignants et d'informaticiens pour sélectionner le matériel et le logiciel, pour préparer la salle et les ordinateurs, pour concevoir les différentes séances et la documentation associée, pour apprendre à utiliser les outils informatiques en ce qui me concerne, etc. Quant aux bénéfices pédagogiques pour les étudiants, ils me semblent également importants : pouvoir immerger nos élèves dans une situation de crise alors que ceci est difficile à réaliser à l'IUT.

Après cette première expérience, je constate par moi-même que le recours au simulateur de vol comme outil d'immersion dans une crise est une voie prometteuse.

4 CONCLUSION

Nous avons présenté la salle de simulation et le module gestion de situation de crise à quelques professionnels extérieurs. Au-delà de la curiosité suscitée au premier abord, l'intérêt pour ces outils semble être constant. Ces professionnels nous ont également suggéré la possibilité de l'adapter à des thèmes de formations plus larges que ceux imaginés initialement aussi bien pour des entreprises privées que des administrations (notre université, par exemple, s'y intéresse pour des formations internes) : gestion des facteurs humain en situation de crise, gestion de la communication, management des équipes, gestion de groupes, cohésion de groupe, qualité de vie au travail, etc. Nous restons très ouverts à des échanges et collaborations avec les acteurs universitaires de la recherche sur les techniques émergentes de pédagogie ou la ludopédagogie, par exemple, ou simplement de la diffusion de méthodes pédagogiques attractives. Enfin nous désirons conserver l'ancrage de notre module dans la réalité en amplifiant notre coopération avec les acteurs de terrain : professionnels déjà engagés dans le module, représentants des préfectures et des services départementaux d'incendie et de secours (SDIS) locaux et professionnels du milieu aéronautique. Nous avons également des contacts très positifs avec Pierre-Henri Chuet, youtubeur et ancien pilote de chasse, réalisant des émissions sur les sujets qui nous intéressent⁵. Enfin, au-delà des évolutions déjà indiquées, plusieurs autres éléments doivent être abordés. Dans un premier temps, nous devons nous assurer que les objectifs d'apprentissage sont bien atteints. Si les résultats qualitatifs semblent être positifs, nous devons maintenant intégrer plusieurs types d'évaluation : celle du module en tant que telle pour nous assurer que les étudiants ont bien intégré les connaissances prévues et une évaluation plus systématique s'appuyant, par exemple, sur le modèle d'évaluation des formations de Kirkpatrick (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2016) ; notamment pour nous assurer qu'au-delà de l'effet « wow » (Privas-Bréauté & Ciekanski, 2021), notre dispositif ludopédagogique est réellement efficace et pertinent. Après cette première aventure, notre travail doit donc prendre dorénavant la forme d'une recherche-action formelle avec, pourquoi pas, d'autres collègues intéressés par l'implémentation de la simulation de vol dans leurs enseignements.

⁵ Chaîne YouTube de Pierre-Henri Chuet : <https://www.youtube.com/channel/UChjVBecXyrnluLxmbV-wswQ>.

5 RÉFÉRENCES

- Altombokshi, R., & Hu, I. (2022). Voler, c'est aussi manager. *6^e Colloque International Game Evolution*, en ligne.
- Brahami, M., Gomes, P., & Lépinard, P. (2023). FlightGear – Un simulateur de vol open source pour remplacer MSFS 2020. *Micro Simulateur*, 354, 16-19.
- Gombert, G. (2012). Thales forme les managers avec un simulateur de vol. *Hello Workplace*. <https://www.helloworkplace.fr/thales-formation-leadership-simlead/>.
- Kirkpatrick D., & Kirkpatrick W. (2016). *Kirkpatrick's Four Levels of Training Evaluation*, ATD Press.
- Launay, M., & Capgras, N. (2023). La simulation de vol : Outil d'apprentissage de la gestion de la sécurité. *7^e Colloque International Game Evolution*, en ligne.
- Lépinard, P. (2014). Du serious gaming au full flight simulator : proposition d'un cadre conceptuel commun pour la formation des formateurs en simulation. *Systèmes d'information et management*, 19(3), 39-68. <https://doi.org/10.3917/sim.143.0039>.
- Lépinard, P., & Martin, L. (2015). De l'aérocombat au management : trajectoire de détournement et d'appropriation du dispositif de simulation EDITH. *Actes du Colloque scientifique Ludovia*, Ax-les-Thermes, France.
- Lépinard, P. (2020). La décontextualisation par le jeu des situations d'apprentissage simulées comme stratégie pédagogique inclusive. *XXIX^e Conférence Internationale de Management Stratégique*, en ligne.
- Lépinard, P. (2022a). FlighTeam : des simulateurs de vol pour former les étudiants au management. *Micro Simulateur*, 342, 20-23.
- Lépinard, P. (2022b). La ludopédagogie en école de management : le cas du projet EdUTeam. *Éducatives*, 6(1), G1-G13. <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2022.0820>.
- Lépinard, P. (2023). L'apprentissage expérientiel par le jeu pour l'acquisition des connaissances théoriques managériales. *Recherches en sciences de gestion*, 158, 489-516. <https://doi.org/10.3917/resg.158.0489>.
- Lépinard, P. (2024). Free/Libre Open Source Software et technopédagogie : cas de la conception d'une plateforme pilote de simulation virtuelle pour la formation au management. *7^{es} Journées GT-AIMS MACCA Management*, Clermont-Ferrand, France.

- Lépinard, P., Mansour, S., & Moulai, L. (2024). La plateforme de simulation FlighTeam : Enseigner la théorie des organisations à haute fiabilité avec FlightGear. *Micro Simulateur*, 363, 16-19.
- Lheritier, D. (2012). La simulation opérationnelle – Aux frontières du réel. *Terre Information Magazine*, 232, 2-12.
- Martin, L. (2015). Le serious gaming, un outil de formation des cadres : une réflexion sur la transitionnalité. *Éducation permanente*, 202, 81-90.
- Martin, L. (2016). De l'activité virtuelle à l'activité réelle : ressources et empêchements à la créativité de cadres formés au management d'équipe avec un serious gaming. *Thèse de doctorat en psychologie du travail, Conservatoire National des Arts et Métiers*.
- Martin, L. (2018). *L'usage des serious games en entreprise*. Érès.
- Moulai, L., & Mansour S. (2024). Envolée ludique : embarquez pour un cours à destination des organisations à haute fiabilité. *8^e Colloque International Game Evolution*, en ligne.
- Perry A., & Olson C. (2001). The FlightGear Flight Simulator – History, status and future. *LinuxTag*, Stuttgart, Germany.
- Perry, A. (2004). The FlightGear Flight Simulator. *USENIX Annual Technical Conference*, Boston, USA.
- Pierre, G. (2012). Prenez le commandement d'un hélico de combat. *Le blog info de l'innovation*, <https://urlz.fr/pmtf>.
- Privas-Bréauté, V., & Ciekanski, M. (2021). Interagir dans la réalité virtuelle : au-delà de l'effet « wow », étude des technologies immersives sur l'embodiment en situation d'utilisation d'une L2. *Drôles d'objets: un nouvel art de faire*, La Rochelle, France.
- Roberts, K. H. (1990). Managing High Reliability Organizations. *California Management Review*, 32(4), 101-113. <https://doi.org/10.2307/41166631>.
- Zerbib, R. (2024). Cockpit management : comment les pilotes ont su tirer profit des compétences transversales ? Dans R. Zerbib & G. Martinache (dirs.), *Comment relever le défi des compétences transversales ?* (139-143). EMS Éditions.
- Weick, K. & Sutcliffe, K. (2015). *Managing the unexpected*, 3rd Edition. Wiley.

6 ANNEXE

6.1 ANNEXE 1 DÉROULÉS DES TP

Déroulé du TP n°1 (2x2h) :

- Première séance (consigne : pas de sanction en cas de crash, droit à l'erreur).
 - Aéroport de Colmar (afin de s'appuyer sur des références spatiales communes, usuelles et accessibles. Mais vu du ciel, la géographie est métamorphosée...).
 - Mise en route (découverte de l'appareil et répartition des tâches).
 - Tours de piste au sol (appropriations distinctes du roulage, des communications et du plan des pistes, par chacun des membres de l'équipage : les premières tensions peuvent apparaître, dues à la segmentation des connaissances).
 - Tours de piste en vol (appropriations des manœuvres de base et de l'espace aérien immédiat. Le stress, lié à la binarité « en l'air / crashé ! », consolide certaines tensions, malgré le droit à l'erreur).

- Deuxième séance (le lendemain)
 - Tours de piste de mise en route (les souvenirs sont frais et clairs : installation d'un semblant de routine, équipages en relative confiance).
 - Lancement scénario : plus de droit à l'erreur (un crash signifiera la fin du TP pour l'équipage).
 - Missions confiées aux équipages : emport d'un passager et un lieu à photographier du ciel avec leur portable (une destination par équipage).
 - Un incident passager (panique, malaise, ...) déclenché en milieu de mission.
 - Un incident technique (panne moteur, panne radio...) déclenché durant la phase de retour.
 - Les incidents provoquent l'éclatement de la cohésion pour certains équipages, son renforcement pour d'autres, en fonction de la cohésion initiale et de la tolérance des individus.
 - Juste après la 2^e séance : cours sur le débriefing bienveillant et débriefing du TP.

Déroulé TP n°2 (2x2h) :

- Première séance : Pas de sanction en cas de crash (droit à l'erreur).
 - Changement des rôles dans les équipages (échanges de point de vue).
 - Tours de piste à Colmar (nouveaux postes, nouvelles routines).

- Deuxième séance (Figure 4) :
 - Tour de piste puis scénario : pas de droit à l'erreur (un crash mène à la fin du TP).
 - Missions confiées aux équipages : un passager et quatre lieux à photographier.
 - Un évènement politique à Strasbourg déclenche la crise en milieu de mission : limitation du plafond de vol puis retour forcé vers Colmar puis fermeture anticipée de l'aéroport Colmar (et donc de la tour de contrôle).
 - Déroutement vers l'aérodrome de Saint-Dié qui se situe de l'autre côté des Vosges (nécessité de reconstruire une navigation).
 - Prise de conscience (éventuelle !) de la superposition des difficultés : passage des Vosges, limitation du plafond, goulots d'étranglements aux cols, nouveaux environnements...
 - Débriefing approfondi.

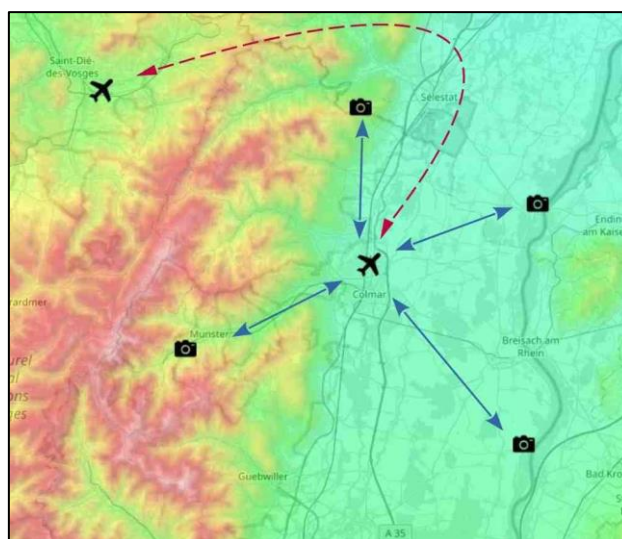


Figure 4. Scénarii (bleu : plan de vol annoncé - rouge : déroutement).

6.2 ANNEXE 2 CONFIGURATIONS DES MATERIELS

6.2.1 Poste de vol pour 1 équipage (Figure 5)

- 1 PC puissant ;
- 1 écran large + 2 écrans périphériques ;
- 1 petit écran (report des instruments) ;
- 1 Webcam ;
- 1 casque micro fermé (commandant) ;

- 1 yoke et 1 pédalier (pilote) ;
- 1 commande des gaz (mécanicien) ;
- et 3 places étudiants (commandant / pilote / navigateur-mécanicien).



Figure 5. Poste d'équipage.

6.2.2 Poste de la tour de contrôle (Figure 6)

- 1 PC moyenne gamme ;
- 2 écrans classiques ;
- 1 Webcam ;
- 1 casque micro fermé (communication) ;
- et 2 places étudiantes (communication / gestionnaire de trafic).



Figure 6. Poste de la tour de contrôle.

6.3 CONFIGURATION FINALE DU POSTE DE PILOTAGE

- *Yoke* (manche de pilotage) et gestion des moteurs : *VelocityOne Flight (Turtle Beach)*. Choisi pour la richesse des commandes (immersion) et leurs similarités avec celles du simulateur (transposition simplifiée entre virtuel et réel).
- Pédalier (palonnier) : *Logitech G Saitek pro flight rudder pedals*. Choisi pour sa robustesse et son prix.
- Simulateur de vol : *X-Plane 12*. Compromis entre qualité, performance et liberté de configuration.
- Avion *Cessna C337 Skymaster (Thranda)*. Bimoteur *push pull* assez rustique, autorisant des pannes moteur facilement gérables.



Figure 7. Équipement matériel du poste de pilotage.

7 REMERCIEMENTS

Merci aux directions des département HSE et de l'IUT de Colmar d'avoir pris le temps de nous écouter, d'avoir accompagné et soutenu ce projet plutôt inhabituel. Merci aux services informatiques et de gestion de l'IUT de Colmar, d'avoir pris le temps de répondre à nos demandes hors normes et d'avoir toujours su trouver des solutions. Ces échanges ont créé ou renforcé notre respect mutuel.