



DRONES4VET



Co-funded by  
the European Union

# Manuel pour les éducateurs

Drones pour la construction,  
un guide pour un enseignement efficace



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

# Table des matières

<b>1. Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.2 Objectif du manuel .....	2
1.3 Informations générales et compétences nécessaires (niveau formateur).....	3
<b>2. Aperçu et planification des cours</b> .....	<b>5</b>
2.1 Modules et résultats d'apprentissage.....	5
Description des modules et résultats d'apprentissage.....	6
2.2 Plan de leçon structuré.....	11
2.3 Intégration des études de cas.....	13
<b>3. Création d'un environnement d'apprentissage adapté</b> .....	<b>14</b>
3.1 Configuration et organisation de la salle de classe.....	14
3.2 Sessions en intérieur et en extérieur .....	23
<b>4. Méthodes d'enseignement</b> .....	<b>29</b>
4.1 Méthodes d'enseignement traditionnelles ou progressives .....	29
4.2 Adaptation aux différents styles d'apprentissage.....	32
4.3 Technologie dans la salle de formation.....	35
4.4 Technologie pour les sessions d'e-learning.....	36
<b>5. Collaboration et communication</b> .....	<b>38</b>
5.1 Collaboration.....	38
5.2 La communication .....	40
5.3 Mise en place des modules.....	41
<b>6. Matériel et logiciels pour Drones4VET</b> .....	<b>42</b>
<b>7. Évaluation et Retour d'Information dans l'Enseignement Efficace</b> .....	<b>49</b>
7.1 Différents Types d'Évaluations pour évaluer l'apprentissage .....	50
7.2 Retour d'Information et Amélioration .....	52
<b>Annuaire</b> .....	<b>53</b>
<b>Annexe</b> .....	<b>54</b>

## Participants et rédacteurs du projet Erasmus+ DRONES4VET

### L'équipe CMQE HEREC Occitanie France :

Régis Lequeux – professeur de génie civil, Lycée Dhuoda, Nîmes - coordinateur des 10 modules

Nicolas Privat - professeur de génie civil, Lycée Dhuoda, Nîmes

Eric Remola - professeur, Lycée Dhuoda, Nîmes

Nicolas Vassart - professeur, doctorant, Lycée Dhuoda, Nîmes

Valerie Poplin - CMQE HEREC Directrice Opérationnelle

### L'équipe de MTU Ireland : les deux coordinateurs des sessions de mise à niveau et de suivi pour les enseignants

Sean Carroll, ingénieur structures agréé, conférencier

Michal Otreba PhD, maître de conférences et chercheur

### FH Kufstein :

Emanuel Stocker, professeur (FH), coordinateur du manuel

### L'équipe du CRN Paracuellos – porteur du projet

José Manuel García del Cid Summers, directeur CRN

Daniel Sanz, directeur de Dron-Arena

Jorge Gómez Sal, chef de l'unité technique

Fernando Gutierrez Justo, Communauté de Madrid

### BZB Düsseldorf :

Schilaski Marcus, chef de projet

### Gestion DEX -Erasmus

Ainhoa Perez

Ignacio Gomez Arguelle

Diego Diaz Mori

Ivan Corbat

# 1. Introduction

Drones4VET aborde un manque identifié dans la formation offerte dans les activités liées à la construction. Jusqu'à présent, l'offre éducative et de formation se concentre uniquement sur la maîtrise des techniques traditionnelles, principalement basées sur le levé, l'inspection et l'évaluation manuelles et sur site des travaux de génie civil, des bâtiments et des chantiers de construction. Cette approche de la formation n'a pas fondamentalement changé au cours des dernières décennies. L'avènement des nouvelles technologies, tant du point de vue des logiciels/applications que des matériels/dispositifs, a fondamentalement modifié la dynamique du secteur.

Le projet consiste à mettre au point et publier 10 modules de formation à l'utilisation des drones dans la construction. Il est financé par le programme Erasmus+ de l'Union européenne sous la référence n° 2021-1-ES01-KA220-VET-000033094.

Partenaires du projet:

## COMMUNITY OF MADRID-D.G. TRAINING-CRN PARACUELLOS



Dirección General de Formación  
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA,  
HACIENDA Y EMPLEO

## DESARROLLO DE ESTRATEGIAS EXTERIORES (DEX)



Desarrollo de Estrategias Exteriores

## CMQ Excellence Occitanie



CAMPUS  
DES MÉTIERS  
ET DES  
QUALIFICATIONS  
D'EXCELLENCE

Habitat, énergies renouvelables  
et éco-construction  
Occitanie

## MUNSTER TECHNOLOGICAL UNIVERSITY (MTU)



MTU

Ollscoil Teicneolaíochta na Mumhan  
Munster Technological University

## BILDUNGSZENTREN DES BAUGEWERBES E.V. (BZB)



BZB

Bildungszentren des  
Baugewerbes e.V.

## UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES FH KUFSTEIN TIROL (FHKU)



## 1.2 Objectif du manuel

Ce manuel permet à l'enseignant/formateur de développer des supports de cours, sur la base des 10 modules Drones4VET, en tenant compte du public cible, des objectifs d'apprentissage et de la méthodologie choisie. Des références à des modules individuels, ainsi que de brèves descriptions de contenu, seraient utiles à cet égard.

Pour différents groupes cibles (formateurs en construction/artisans), le manuel décrit ou explique la technologie à transmettre sous tous ses aspects de manière simple (compréhensible) et "aussi concise que possible".

En fournissant des informations sur les subtilités de l'apprentissage des drones et du traitement des informations obtenues, le manuel sert de guide pour les instructeurs afin d'adapter leurs stratégies d'enseignement aux besoins des apprenants. Cela implique une considération minutieuse du public cible, des objectifs d'apprentissage et de l'adoption de méthodologies faisables, avec un accent particulier sur la réduction du contenu didactique pour améliorer l'efficacité globale du processus éducatif.

## 1.3 Informations générales et compétences nécessaires (niveau formateur)



Figure 1 Formateur avec exemple de drone (IA générée - Adobe Firefly)

Être formateur pour l'utilisation des drones nécessite une combinaison de connaissances techniques, de compétences pédagogiques et d'expertise dans le domaine. Voici une liste des compétences essentielles :

- **Compétence technique :** Une compréhension approfondie de la technologie des drones, y compris les composants, l'exploitation, la maintenance et le dépannage. Cela inclut la connaissance des différents types de drones (aile fixe, multirotor, hybride), de leurs capacités et de leurs limites.
- **Connaissance des réglementations :** Familiarité avec les réglementations et lois locales et internationales sur les drones. Cela inclut la compréhension des restrictions de l'espace aérien, des exigences de licence, des protocoles de sécurité et d'assurance.
- **Expérience de vol :** Expérience pratique du pilotage de drones dans divers environnements et conditions. Les formateurs doivent être habiles à piloter des drones en toute sécurité et efficacement, démontrant des manœuvres et des techniques aux stagiaires.
- **Gestion des risques :** Capacité à évaluer et à atténuer les risques associés aux opérations de drones. Cela comprend la compréhension des dangers tels que les conditions météorologiques, les obstacles et les interférences potentielles avec d'autres aéronefs.
- **Compétences en communication :** Une communication claire et efficace est essentielle pour transmettre des informations techniques et des instructions aux stagiaires. Les formateurs doivent être capables d'expliquer des concepts complexes de manière concise et compréhensible.

- **Conception pédagogique:** Compétence dans la conception de programmes de formation et de supports adaptés à différents niveaux de compétence et styles d'apprentissage. Cela implique la création de plans de cours, de présentations et d'activités pratiques pour atteindre les objectifs d'apprentissage.
- **Conscience de la sécurité :** Prioriser la sécurité est primordial dans les opérations de drones. Les formateurs doivent inculquer une mentalité axée sur la sécurité aux stagiaires, en soulignant l'importance de suivre les protocoles et les meilleures pratiques pour éviter les accidents et les blessures.

## 2. Aperçu et planification des cours

### 2.1 Modules et résultats d'apprentissage

Tableau 1. Aperçu des modules

Niveau	No	Icône	Nom du module
Basique	1		RÉGLEMENTATION DES DRONES
	2		PLANIFICATION DES VOLS ET RAPPORTS
	3		DYNAMIQUE DE VOL ET MAINTENANCE DES DRONES
	4		SIMULATEUR DE VOL
	5		PRATIQUE DU VOL
Avancé	6		GÉOLOCALISATION
	7		PHOTOGRAMMÉTRIE
	8		THERMOGRAPHIE
	9		LIDAR
	10		PRISES DE VUES POUR EXPERTISE

## 2.2 Description des modules et résultats d'apprentissage

Tableau 2: Description des modules et résultats d'apprentissage

No	Nom du module	Objectif	Résultats d'apprentissage	Méthode de livraison/évaluation
1	<p>RÉGLEMENTATION DES DRONES</p> 	<p>Ce module couvre les informations nécessaires pour acquérir une compréhension de base des réglementations UAS pertinentes régissant l'exploitation sûre des drones en Europe. Il identifiera et décrira les catégories de drones pertinentes (Ouvert, Spécifique et Certifié) auxquelles une opération de drone particulière se rapporte conformément aux réglementations UAS. Identifier la terminologie clé utilisée dans les réglementations UAS en ce qui concerne l'exploitation sûre des drones en Europe. Enfin, il aidera à développer une compréhension des méthodologies d'évaluation des risques (SORA, PDRA, etc.) et des mesures d'atténuation qui peuvent être utilisées pour garantir que les opérations de drones peuvent être effectuées en toute sécurité.</p>	<p><b>1</b> L'apprenant acquerra des connaissances sur l'organisme de régulation au niveau européen.</p> <p><b>2</b> Acquérir des connaissances sur les catégories Ouvert, Spécifique et Certifié.</p> <p><b>3</b> Comprendre et différencier les différents scénarios d'exploitation.</p> <p><b>4</b> Comprendre les responsabilités et les obligations des opérateurs UAV.</p>	<p><b>Lieu:</b> En classe ou en ligne</p> <p><b>Évaluation:</b> Examen/test à livre fermé</p>
2	<p>PLANIFICATION DES VOLS ET RAPPORTS</p> 	<p>Ce module décrit les check-lists à suivre pendant les différentes phases d'utilisation du drone. Pour la préparation d'une opération avec UAS, comme pour tout autre type d'aéronef, une série d'étapes et d'actions doivent être effectuées avant, pendant et après le vol où des check-lists sont normalement utilisées. Dans cette check-list, la personne responsable des opérations et/ou le pilote de drone vérifie les tâches indiquées dans l'ordre. À mesure qu'elles sont complétées, elles sont marquées pour que vous puissiez être certain d'avoir pris toutes les précautions décrites. Cela permet de garder un contrôle précis et de confirmer que les tâches nécessaires pour l'opération ont été effectuées, notamment en cas d'action en justice. Un exemple de "fiche de mission" pour la catégorie ouverte est présenté. Après ces check-lists d'utilisation générale, les réglages seront décrits pour montrer un exemple d'opération de configuration complète.</p>	<p><b>1</b> L'apprenant acquerra des connaissances sur les réglementations de vol de drones pertinentes et les protocoles de sécurité.</p> <p><b>2</b> Planifier les vols de drones, tels que la planification d'itinéraire.</p> <p><b>3</b> L'apprenant sera capable de compiler des rapports de vol complets et d'analyser les données de vol.</p>	<p><b>Lieu:</b> En classe</p> <p><b>Évaluation:</b> Questionnaire à choix multiples ou questions ouvertes</p> <p>Pour la planification de vol : Activités pratiques / rapport à domicile</p>

3	<p>DYNAMIQUE DE VOL ET MAINTENANCE DES DRONES</p> 	<p>Ce module est divisé en deux parties principales : Les chapitres 1, 2 et 3 portent sur les connaissances essentielles concernant l'utilisation des forces aérodynamiques par le drone pour voler. Ils proposent des informations simples sur la mécanique du vol, suivies d'une description du rôle et de la fonction des différents éléments de pilotage du drone. Enfin, ils abordent le fonctionnement général du joystick. Les chapitres 5 et 6 traitent de l'entretien du drone afin de le maintenir en bon état de vol et de l'enregistrement des opérations de maintenance selon un plan professionnel. Ce module se concentre sur le drone multicopter, destiné aux pilotes de niveau débutant. La physique n'est pas abordée, l'accent étant mis sur les aspects pratiques.</p>	<p><b>1</b> Acquérir des connaissances sur la façon dont les drones volent <b>2</b> connaître les composants d'un système de drone quadcopter <b>3</b> gérer un programme d'entretien</p>	<p><b>Lieu:</b> En classe <b>Évaluation:</b> Questionnaire à choix multiples ou questions ouvertes Pour la maintenance: Activités manuelles.</p>
4	<p>SIMULATEUR DE VOL</p> 	<p>L'utilisation d'un simulateur de vol pour apprendre à piloter est une pratique courante, en particulier chez les pilotes professionnels. Ce module vous présente les avantages de l'utilisation d'un simulateur et quelques types de situations d'apprentissage possibles. Par la suite, après avoir listé différents simulateurs, des exemples d'utilisation d'un simulateur de vol sont proposés.</p>	<p><b>1</b> connaître les simulateurs <b>2</b> développer et améliorer les manoeuvres de pilotage <b>3</b> appliquer le pilotage à des missions spécifiques</p>	<p><b>lieu:</b> En classe (ordinateur nécessaire) <b>Evaluation:</b> Réaliser une mission professionnelle simulée.</p>

5	<p>PRATIQUE DU VOL</p> 	<p>Ce module vous permet de prendre le contrôle du drone de manière progressive, du niveau débutant jusqu'à un premier pas vous autorisant à voler en catégorie ouverte sous-catégorie A2, pour laquelle une formation en auto-apprentissage est obligatoire. Une zone de vol sécurisée est définie et tous les exercices se dérouleront à l'intérieur de cette zone.</p> <p>Les vols ont un objectif purement utilitaire, en vue de réaliser des prises de vue manuelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Photogrammétrie</li> <li>- Expertise de constructions</li> <li>- Thermographie</li> <li>- Lidar</li> </ul> <p>Note : Ce module est conçu pour être utilisé par un instructeur qui explique les exercices aux étudiants, mais il peut également être suivi de manière autonome par un étudiant souhaitant s'entraîner seul.</p>	<p><b>1</b> Connaître les fonctions de la radiocommande</p> <p><b>2</b> Maîtriser le pilotage manuel</p> <p><b>3</b> Maîtriser le pilotage pour la photogrammétrie, le LiDAR, la thermographie et l'expertise.</p>	<p><b>Lieu:</b> En classe: préparation de mission En extérieur dans un endroit sécurisé : voler</p> <p><b>Evaluation:</b> Notation sur 4 de différents critères de pratique sur le terrain.</p>
6	<p>GEOLOCALISATION</p> 	<p>Ce module vous permet de comprendre les systèmes de coordonnées utilisés pour localiser des points sur la terre. Il explique comment une carte est réalisée dans un système de projection. Il permet de géoréférencer des observations terrestres. Pour localiser des informations à la surface de la terre, il est nécessaire d'utiliser un système de positionnement et de cartographie. Pour cela, des notions de géodésie sont nécessaires, telles que</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la définition d'un référentiel géodésique (ellipsoïde, méridien d'origine)</li> <li>- le choix d'un système de projections et de coordonnées (géographique et planaire)</li> <li>- le choix d'un système de référence altimétrique (géoïde).</li> </ul> <p>Le module explique également le fonctionnement du système mondial de navigation par satellite ("GPS") et la manière d'obtenir une précision centimétrique grâce au RTK.</p> <p>A la fin, vous verrez comment positionner des cibles sur le terrain pour géolocaliser vos observations par drone.</p>	<p><b>1</b> Acquérir des connaissances sur les systèmes de géolocalisation terrestres</p> <p><b>2</b> acquérir des connaissances sur les systèmes de géoréférencement nationaux</p> <p><b>3</b> connaître l'utilisation d'un GNSS pour la géolocalisation des levés par drone</p>	<p><b>Lieu:</b> En classe pour le cours En extérieur pour montrer le fonctionnement d'un récepteur GNSS avec le RTK</p> <p><b>Evaluation:</b> Questionnaire à choix multiples Ou questions ouvertes</p>

7	<p>PHOTOGRAMMETRIE</p> 	<p>Ce module permet tout d'abord de comprendre ce qu'est la photogrammétrie, puis de voir les techniques pour réaliser des vols automatiques ou manuels de drones pour cette activité et enfin de traiter les images pour obtenir des modèles 3D et les exploiter. Module de base pour l'utilisation des drones dans la construction, sachant que toutes les connaissances exposées ici sont indispensables.</p>	<p><b>1</b> acquérir des connaissances sur l'utilisation des drones pour les vols photogrammétriques</p> <p><b>2</b> maîtriser le traitement des images pour obtenir un modèle 3D</p> <p><b>3</b> maîtriser le processus d'exploitation d'un modèle 3D</p>	<p><b>Lieu:</b> Sur le terrain pour la photographie avec le drone En classe pour le traitement</p> <p><b>Évaluation:</b> Questionnaire à choix multiples ou Résultat de la maquette (forme, échelle...)</p>
8	<p>THERMOGRAPHIE</p> 	<p>Ce module vous permet de comprendre l'analyse thermographique avec des drones. Ce qui comprend l'identification des anomalies, l'évaluation des conditions, l'amélioration de l'efficacité énergétique et la surveillance de l'environnement. Ces applications offrent un moyen non intrusif, rentable et efficace de capturer des données thermiques à partir de perspectives aériennes. Compétences souhaitées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Description des parties du bâtiment exposées à l'effet thermique</li> <li>- Analyse des images thermographiques</li> <li>- Équipement / Matériel</li> <li>- Configuration de la caméra</li> <li>- Préparation de la documentation / des rapports</li> </ul>	<p><b>1</b> Acquérir des connaissances sur l'utilisation des drones pour la thermographie.</p> <p><b>2</b> L'apprenant sera capable d'analyser et d'évaluer les images thermographiques afin d'identifier les anomalies dans les bâtiments, les canalisations et les systèmes solaires.</p> <p><b>3</b> L'apprenant sera capable de préparer une documentation et un rapport complets basés sur les résultats de l'analyse thermographique.</p>	<p><b>Lieu:</b> Module en classe ou en ligne</p> <p><b>Évaluation:</b> Partie théorique: Questionnaire à choix multiples ou Questions ouvertes Partie pratique: Un rapport documentant l'analyse, les résultats et les recommandations pour améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment ou d'un système sélectionné.</p>

9	<p>LIDAR</p> 	<p>Ce module présente à l'apprenant le LiDAR et la manière dont cette technologie de télédétection peut être utilisée en conjonction avec l'UAS pour capturer des données de terrain. La terminologie concernant le balayage LIDAR est identifiée, ainsi que les principales méthodes permettant de réaliser un balayage LiDAR. Un exemple illustré des étapes à suivre pour réaliser avec succès un levé LiDAR à l'aide d'un UAS est expliqué, ainsi que la manière dont les données résultantes peuvent être traitées. Enfin, quelques exemples des nombreuses applications dans l'industrie de la construction pour lesquelles cette technologie peut être utilisée en conjonction avec les UAS sont présentés.</p>	<p><b>1</b> Comprendre la définition du LIDAR.</p> <p><b>2</b> Connaître les différentes utilisations du levé LIDAR par drone dans le domaine de la construction.</p> <p><b>3</b> Développer des connaissances sur les différents types de LIDAR et leur utilisation pour des types spécifiques de missions de drones.</p>	<p><b>Lieu:</b> Enseignement théorique en classe ou en ligne.</p> <p>Capture LIDAR (le cas échéant) - en classe/essai sur le terrain</p> <p>Traitement des données LIDAR (le cas échéant) - en classe ou en ligne.</p> <p><b>Évaluation:</b> Partie théorique: Questionnaire à choix multiples ou Questions ouvertes Examen pratique sur la collecte et le traitement des données LIDAR.</p>
10	<p>PRISES DE VUES POUR L'EXPERTISE</p> 	<p>Ce module, qui complète le module pratique de vol, donne quelques conseils sur la manière de prendre des photos utiles à l'inspection des structures de génie civil.</p> <p>Dans cette activité, contrairement à la photogrammétrie où l'on travaille généralement en automatique, il est nécessaire de prendre de "vraies" photos, détaillées, nettes, lumineuses, localisées et informatives.</p> <p>Il faut également savoir identifier les zones sensibles sur les ouvrages d'art.</p> <p>Ce module aborde les grands principes de la photographie, puis des conseils sur la prise de vue et la présentation des photographies.</p>	<p><b>1</b> Acquérir des connaissances sur la photographie</p> <p><b>2</b> Choisir les bons angles et réglages pour réaliser des prises de vues exploitables</p> <p><b>3</b> Créer des livrables professionnels</p>	<p><b>Lieu:</b> Sur le terrain pour les photos, zone sécurisée. En classe pour le livrable</p> <p><b>Évaluation:</b> Sur le terrain: capacité d'approche du drone de la construction et de choix des angles de prises de vues Évaluer le livrable (qualité de la photo, angles, zoom...)</p>

## 2.3 Plan de leçon structuré

Dans le chapitre précédent, les modules possibles et leurs résultats d'apprentissage sont définis. Cependant, pour la compilation d'un programme personnalisé, il est pertinent d'arranger les modules selon les objectifs du programme. La structure peut varier en fonction de l'institution éducative, des ressources disponibles (compétences des formateurs) et du public cible.

Cependant, il est recommandé que les modules de base (1 à 3) soient effectués avant de passer aux modules avancés (5-10). Les modules de base devraient donc servir de prérequis pour les modules 5-10.

### Durée

De même, aucune durée spécifique ne peut être prescrite car cela dépend également du public cible. Cependant, d'après l'expérience et à titre de lignes directrices générales, il peut être supposé que les modules de base nécessitent en moyenne 0,5 à 1 jour chacun, tandis que les modules avancés nécessitent plus d'un jour. La planification de la durée doit suivre le système ECTS car il englobe la charge de travail totale.

La charge de travail comprend toutes les activités d'apprentissage qui font partie d'un programme d'études et sont notées par une évaluation de performance. Ces activités incluent:

- Participation à des conférences ou des cours
- Stages
- Auto-étude (travail en bibliothèque ou à domicile)
- Préparation aux examens
- Examen

Un **crédit ECTS** correspond à **25 heures** réelles de 60 minutes chacune de charge de travail réelle pour l'étudiant.

Le tableau suivant montre un exemple simple de structure de programme potentiel. Les estimations de temps fournies se réfèrent uniquement au temps de cours (excluant la préparation et la composante pratique).

Tableau 3: exemple structure

No	Icône	Nom du module	Contexte	Durée de la leçon / ECTS
1		RÉGLEMENTATION DES DRONES	En classe	4 h / 0,25
2		PLANIFICATION DES VOLS ET RAPPORTS	En classe	4 h / 0,25
3		DYNAMIQUE DU VOL ET MAINTENANCE DES DRONES	En classe / en laboratoire	8 h / 0,50
4		SIMULATEUR DE VOL	En classe	12 h / 0,75
5		PRATIQUE DU VOL	En classe / extérieur	12 h / 0,75
<b>Examen écrit (1-3) / Examen (4) / Rapport de pratique (5)</b>				<b>40 h / 2,50</b>
6		PHOTOGRAMMÉTRIE	En classe / extérieur	12 h / 0,75
7		PHOTOGRAMMÉTRIE	En classe / extérieur	12 h / 0,75
8		THERMOGRAPHIE	En classe / extérieur	12 h / 0,75
9		LIDAR	En classe / extérieur	12 h / 0,75
10		PRISES DE VUES POUR L'EXPERTISE	En classe / extérieur	8 h / 0,50
<b>Rapport d'études de cas (6, 7, 8, 9, 10)</b>				<b>56 h / 3,50</b>
<b>Somme du programme</b>				<b>96 h / 6,00</b>

## 2.4 Intégration des études de cas

Les études de cas servent principalement aux modules de niveau avancé. Elles impliquent divers scénarios sur des objets réels. Des scénarios de dommages peuvent également être temporairement simulés. (Par exemple, en utilisant des images attachées aux ouvrages). Cela permet l'identification des schémas de dommages tels que les fissures, la décoloration et les déplacements structuraux. Cette approche serait bénéfique pour le module 10.



Figure 2 Dommages typiques sur façade (<https://www.zukunft-bau.at/bauschadensberichte>)



Figure 3 Dommages typiques sur les toits ([www.bauder.at](http://www.bauder.at) / [www.hausjournal.at](http://www.hausjournal.at))

# 3. Création d'un environnement d'apprentissage adapté

## 3.1 Configuration et organisation de la salle de classe

En fonction du module, différentes configurations de la salle de classe peuvent être utilisées, mais il est essentiel d'avoir :

- Un ordinateur pour l'enseignant
  - connecté à Internet
  - suffisamment puissant pour exécuter des logiciels 3D et d'imagerie
  - avec au moins 100 GB de mémoire libre pour stocker des documents et surtout des photos
  - avec un vidéoprojecteur et un écran
  - avoir le logiciel requis en fonction des modules
  - un réseau ou un stockage cloud pour distribuer les photos, scans, tests et récupérer les travaux pour l'évaluation
  - éventuellement : un logiciel pour afficher l'écran de l'ordinateur de l'étudiant, et même prendre le contrôle de sa souris pour l'aider.
- Un ordinateur pour chaque étudiant, mêmes spécifications (sauf vidéoprojecteur).
- Un tableau blanc.

La salle de classe peut être en forme de U, avec les écrans des ordinateurs visibles depuis le centre, de sorte que le formateur puisse voir si tout le monde suit le rythme du cours. Mais un logiciel de "vue élève" peut remplacer cette disposition.

Concernant les modules, en plus de la liste ci-dessus, voici quelques conseils sur la manière de conduire votre cours et les ressources spécifiques dont vous aurez besoin.



### Module 1- Réglementation des drones

- Préparez votre accès au site web de l'EASA, section drones.
- Préparez votre accès au site web de votre test national de drones (certification des pilotes). Site AlphaTango en France.
- Prenez votre drone pour montrer sa plaque d'identification et son émission.
- Prenez votre MANEX

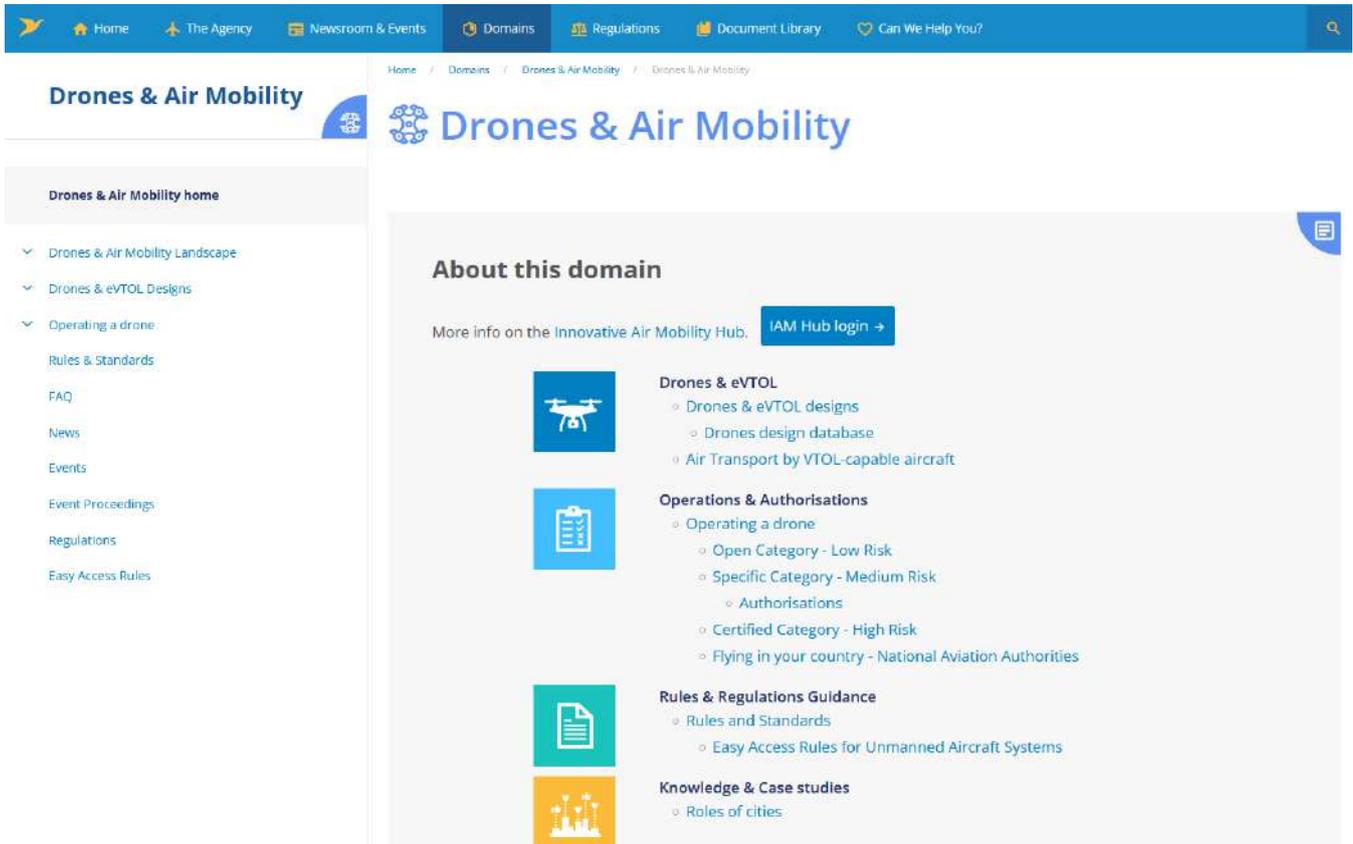


Figure 4 Site web de l'EASA - la page "drones & air mobility" est idéale pour commencer, puis aller vers les différents sujets (EASA).



## Module 2- Planification des vols et rapports

- Préparez une fiche de mission de drone pour chaque étudiant, papier ou électronique.
- Préparez un modèle de journal de vol pour les étudiants, pour enregistrer les vols.
- Ayez au moins un drone pour pratiquer la procédure de vérification du drone (liste de contrôle pré-vol).
- Connectez-vous à un site national METAR et TAF avec le code de l'aéroport le plus proche pour être prêt à le montrer à vos étudiants (par exemple, <https://fr.allmetsat.com> ou les applications Android UAV Forecast ou Aviaweather).
- Connectez-vous à un site national de météo graphique pour montrer la force du vent, la couverture nuageuse en images simples.
- Connectez-vous au site national de déclaration d'accident de vol (relatif à la réglementation UE 376/2014) ou à la feuille de déclaration d'incident de vol national (CRESUS2022 en France, par exemple).
- S'entraîner aux "réglages des commandes" via les télécommandes des drones.
- Préparez un lien vers votre page web de procédure d'autorisation locale ou nationale (vols avancés en catégorie spécifique).

The screenshot shows the website interface for allmetsat.com. At the top, there is a navigation menu with categories like 'Images satellite', 'Prévisions 10 jours', 'Climat', 'Météo marine', 'Cyclones', 'Foudre', 'Aéroports', 'FAQ', 'Langues', 'Contact', 'Actualités', and 'A propos'. Below the menu, there are search filters for 'Aéroports' (set to Toulouse) and 'France'. The main content area is titled 'METAR-TAF' and displays data for 'Aéroport de Toulouse-Blagnac'. It includes a search bar, a search button, and a list of weather observations and forecasts. A map of Europe is shown on the right side, with various weather stations marked by colored dots.

Figure 5 <https://fr.allmetsat.com> this website displays the METAR and TAF messages in both clear and original version - all Europe covered in different languages

The figure shows three screenshots of the Avia Weather Android app. The first screenshot displays a list of weather stations under the heading 'Mes stations', including MRS Marseille Provence, TLN Hyeres Le Palyvestre, MPL Montpellier Mediterranee, and BZR Beziers Vias. The second screenshot shows the detailed METAR and TAF data for Marseille Provence, including wind speed, visibility, temperature, and humidity. The third screenshot shows the 'Historique' (History) section, displaying a list of past METAR and TAF messages for the same station.

Figure 6 android app: "Avia Weather" does the same, and you can also get NOTAM (pay option)



### Module 3- dynamique du vol et maintenance des drones

- Deux possibilités :
  - Vous avez un drone que vous pouvez démonter pour en montrer les composants,
  - Vous collectez des images sur Internet pour montrer d'autres exemples que ceux du module.
- Avoir 1 drone pour montrer les mouvements, les batteries...
- Il est possible d'utiliser un smartphone avec une application montrant les capteurs : magnétomètre, boussole, accélération, lacet, roulis, tangage... (par exemple sur android "GPS status" et sélectionner <<sensors diagnostics>> et tous les capteurs avec leurs valeurs apparaissent).
- Préparez un carnet d'entretien.

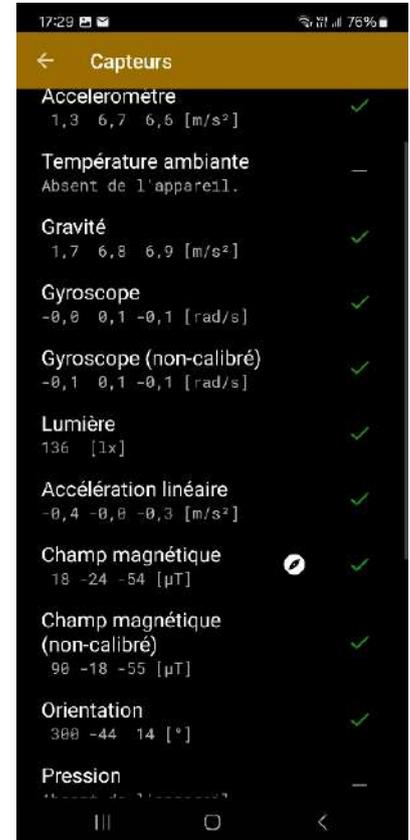


Figure 7 Application Android : "GPS Status" choisissez la page des capteurs, elle affiche tous vos capteurs actifs avec leurs valeurs. les étudiants peuvent comprendre ce qu'est un accéléromètre par exemple



### Module 4- Simulateur de vol

- Téléchargez le simulateur de vol que vous souhaitez utiliser, installez-le sur l'ordinateur du formateur et vérifiez tous les paramètres d'installation afin de pouvoir aider les étudiants avec leur propre ordinateur ou installez-le sur tous les ordinateurs de la classe.
- Avoir un vrai drone pour montrer les attitudes.
- Disposer d'une télécommande reliée au logiciel pour chaque élève.



### Module 5- Pratique du vol

- Sélectionnez et préparez votre lieu de vol (voir ci-dessous "sessions en plein air").
- Préparer un formulaire de mission de vol pour chaque élève.

- Connectez-vous à un site web de METAR et de TAF (voir ci-dessus mod. 2). Faites installer l'application UAV forecast (ou autre).
- Expliquer les consignes en classe et préparer le vol à l'aide de la fiche de mission, chaque élève devant remplir sa propre fiche.
- Programmer la géo-cage sur toutes les télécommandes ou sur les smartphones des élèves s'ils sont utilisés pour piloter le drone, les élèves doivent être capables de la programmer eux-mêmes mais il est obligatoire que le formateur la vérifie. Les dimensions dépendent de votre lieu de vol, de la catégorie de drone et du type de vol.
- Prévoir tous les cônes et marques de décollage nécessaires (voir ci-dessous "sessions en extérieur").

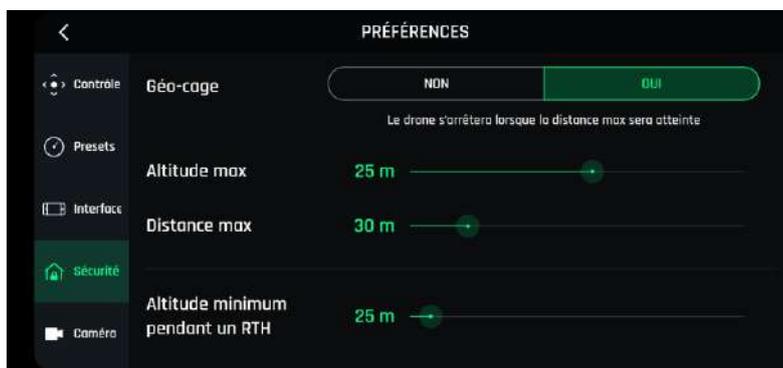


Figure 8 : la programmation de la géo-cage dans une télécommande. N'hésitez pas à fixer des valeurs basses au départ (Parrot)



## Module 6-Géolocalisation

- Connectez-vous à votre site national de géographie et de géodésie pour montrer les points géodésiques et coordonnées légales.
- Avoir une sorte de globe pour montrer la terre, les méridiens, les parallèles...
- Installez l'application "GPS status" sur votre smartphone pour afficher les coordonnées, la précision et la position des satellites GNSS.
- Une grande feuille de papier permet de montrer les projections du globe.
- Une peau orange est utile pour montrer à quel point il est difficile d'aplatir une sphère (voir ci-dessous).
- Disposer de quelques cibles au sol.
- Préparez votre récepteur GNSS et sa liaison RTK.
- Les images ci-dessous montrent un exemple d'expérience pour les projections cylindriques.

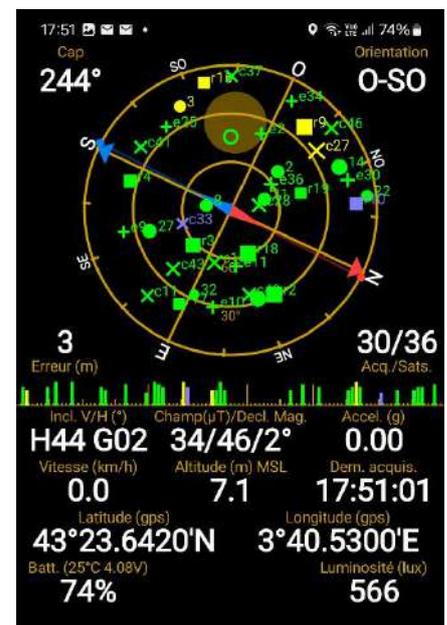


Figure 9 écran de l'application android "GPS Status"

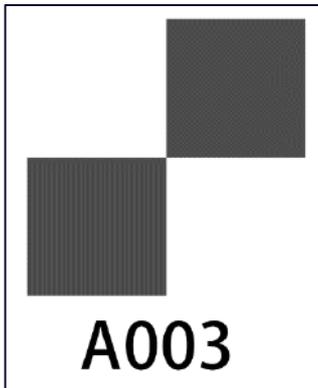


Figure 10 cible au sol avec numéro (LePont.com)



Figure 11 une peau d'orange permet de montrer qu'il est difficile d'aplatir une sphère



Figure 12 Projection UTM du globe sur un cylindre (France 3 "c'est pas sorcier")

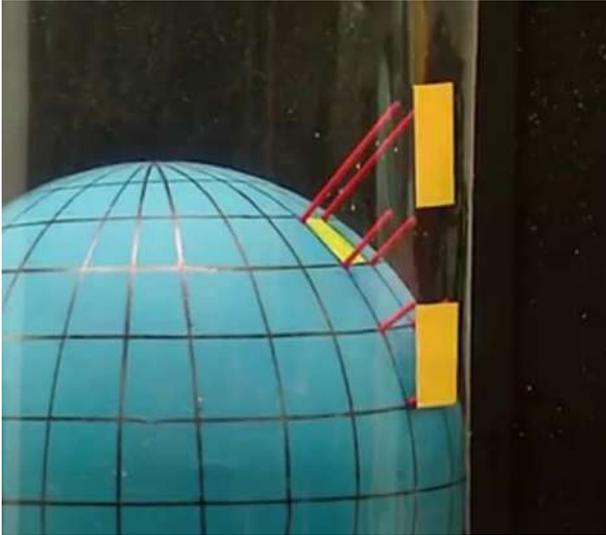


Figure 13 altération de la distance due à la projection sur le cylindre UTM (France 3 "C'est pas sorcier")



## Module 7- Photogrammétrie

- Une modélisation rapide avec un smartphone est un bon début pour montrer les capacités de la photogrammétrie, installer l'application "Polycam" et faire une modélisation en tournant autour d'un objet sur une table, les élèves peuvent l'expérimenter aussi (le résultat n'est pas toujours très bon mais il montre ce qu'est la photogrammétrie... gratuitement).
- Il est possible d'enregistrer une vidéo d'un vol programmé ou d'aller en faire une en extérieur, par exemple pour une façade, pour montrer comment les photos sont prises par le drone.
- Sauvegarder sur le réseau de l'école toutes les photos qui seront utilisées pour le processus; ou préparer une clé USB avec les photos à partager avec les élèves.
- Si vous avez un petit projet, par exemple 50 photos, et de bons ordinateurs, il est possible de réaliser le processus entièrement "en direct" avec les calculs. N'oubliez pas d'utiliser uniquement les disques locaux (SSD de préférence) pour sauvegarder les photos et les modèles, et non un nuage, un disque réseau ou une clé USB, car ils sont trop lents et peu fiables.

- Si votre projet est plus important et/ou si vos ordinateurs sont normaux ou lents, précalculez toutes les étapes et enregistrez-les avec votre logiciel: donnez un nom différent à toutes les étapes et enregistrez-les l'une après l'autre. Les élèves n'auront pas à attendre les longs calculs, vous lancez le calcul, vous l'arrêtez après quelques minutes et les élèves téléchargent les résultats préenregistrés.



Figure 14 Modèle Polycam d'une maquette réelle d'architecte (Julie Lequeux-Audran) sur une table dans la salle de classe (extrait de la vidéo qui peut être générée)



### Module 8- Thermographie

- Vérifiez que les couleurs affichées par votre vidéoprojecteur sont lisibles.
- En classe, il peut être intéressant d'avoir une caméra thermographique pour faciliter l'apprentissage.
- Le drone utilisé en extérieur peut être utilisé en intérieur, à la main.
- Voir "sessions en extérieur".
- Avoir ses photos enregistrées et prêtes à être partagées par le réseau ou une clé USB.



### Module 9-LIDAR

- Un iPhone pro d'Apple a un lidar intégré qui peut être utile pour montrer les capacités d'un tel appareil, comme dans la "photogrammétrie" avec l'application Polycam.
- Un scanner 3D autonome sur un trépied peut être utilisé pour expliquer le processus de numérisation et les limites de la méthode.
- Le drone LIDAR doit être physiquement présent dans la salle de classe afin de comprendre les limites de son utilisation (taille, forme, bruit...) et les angles de balayage du système.

- Il est possible de tenir le drone à la main dans la salle de classe ou dans un couloir pour montrer comment les points sont scannés.
- Tous les nuages de points doivent être prêts à être téléchargés par les étudiants.
- Pré-enregistrez toutes les étapes de votre processus avec des noms différents afin de les donner aux étudiants pour corriger leurs erreurs ou pour accélérer la leçon en évitant les longs temps de calcul.



### Module 10 – Prises de vues pour l'expertise

- Trouvez un endroit dans votre bâtiment où quelques problèmes peuvent être trouvés pour s'entraîner (attention à la sécurité du vol vis à vis des tiers).
- Il est possible de placer des photos papier de fissures ou autres problèmes structurels sur un ouvrage sain pour simuler une expertise.
- Voir "sessions en extérieur".
- Préparer au moins une photographie à l'avance et l'améliorer avec un éditeur de photos.
- Le drone peut être utilisé à main levée dans une salle de classe pour montrer différents problèmes (contre-jour, sur ou sous-exposition, flou de bougé...) ou les meilleurs angles pour prendre une photo.

## 3.2 Sessions en intérieur et en extérieur

### En intérieur

**AVANT tout vol, nous recommandons d'enseigner les modules 1+2+3 (réglementation, planification, dynamique) et comme évaluation de passer le A1/A3 sur le site officiel de votre pays, AlphaTango en France.**

Les apprenants seront plus impliqués dans leur formation s'ils ont déjà un premier diplôme en poche, ce qui les responsabilise, et vous serez mieux assuré en cas d'incident sur le terrain, on ne pourra pas vous reprocher d'avoir fait voler des personnes mal informées.

A noter qu'ils peuvent également passer l'examen théorique A2 avec ces connaissances, mais ils auront besoin de la session de vol pour valider le diplôme.

Pour le diplôme STS, des connaissances plus approfondies sont nécessaires (cartes aéronautiques, bulletins météo, dynamique, maintenance...).

### Extérieur – élèves

Pour les sessions en extérieur, il est intéressant pour les élèves d'avoir:

- Un cahier, (tablette électronique avec un stylet). Cet outil permet à l'apprenant d'écrire vos conseils et ses propres observations et astuces personnelles sur la façon de voler ou autre, directement sur le terrain.
- Smartphone pour prendre des photos ou pour communiquer avec le drone ou pour écrire des notes (une application comme "Drawnote" et un crayon peuvent être utiles pour faire des dessins).

### Extérieur - zone d'entraînement

Vous devez disposer d'une aire de vol déclarée, sécurisée, claire et intéressante.

- **Déclarée:** le directeur de votre université ou de votre école doit vous autoriser à voler, donc en tant que propriétaire du terrain, c'est obligatoire. Une fois votre choix effectué (voir les autres critères), rédigez une lettre expliquant votre choix de zone et la sécurité prise en compte. Vous pouvez argumenter que l'activité de drone est proche de la pratique d'un sport, et généralement la zone sportive est un bon endroit pour voler. La zone doit également être déclarée dans votre MANEX. En fonction des règles locales, les autorités du trafic aérien peuvent également être interrogées pour voler en catégorie ouverte, et DOIVENT être notifiées pour voler en catégorie spécifique STS01.
- **Sécurisé:** rappelez-vous qu'aucune personne non impliquée ne doit être survolée par les drones. Respectez la distance entre ces personnes et les bâtiments lorsque vous délimitez votre zone de vol. Utilisez des cônes de signalisation, des barrières ou des bandes de sécurité:



Figure 15 zone délimitée dans une cour de récréation pour les drones certifiés C1 La zone de vol du drone se situe autour des cônes munis d'une tige. Les élèves sont à droite, dans l'ombre et opposés au soleil.



Figure 16 la bande de sécurité "rubalise" est la meilleure barrière (virages.com)

Actuellement (avril 2024), il est encore possible d'enseigner le vol en catégorie ouverte, donc en fonction du drone que vous utilisez:

- Catégorie ouverte A1, UAS classe C1 certifiée (<900g): vous pouvez voler "près" (quelques mètres) des limites de votre zone de vol marquée. **LE MEILLEUR CHOIX POUR ÉVITER LES ACCIDENTS GRAVES**, plus le drone est léger, plus l'accident est léger, et un petit drone a les mêmes commandes qu'un gros drone.
- Catégorie ouverte A2, UAS classe C2 certifié (<4000g): vous devez rester à 50m des limites de votre zone de vol et si vous volez en "mode basse vitesse" (3m/s verrouillé sur la télécommande) à seulement 5 mètres des personnes.
- Catégorie ouverte A3, UAS classe C3 ou C4 certifié (<25kg): vous devez rester à 150m des limites de votre zone de vol et des bâtiments...

à l'avenir, il sera obligatoire de travailler avec des étudiants en catégorie spécifique dans le cadre d'un scénario STS (ou d'un scénario "d'apprentissage" à définir):

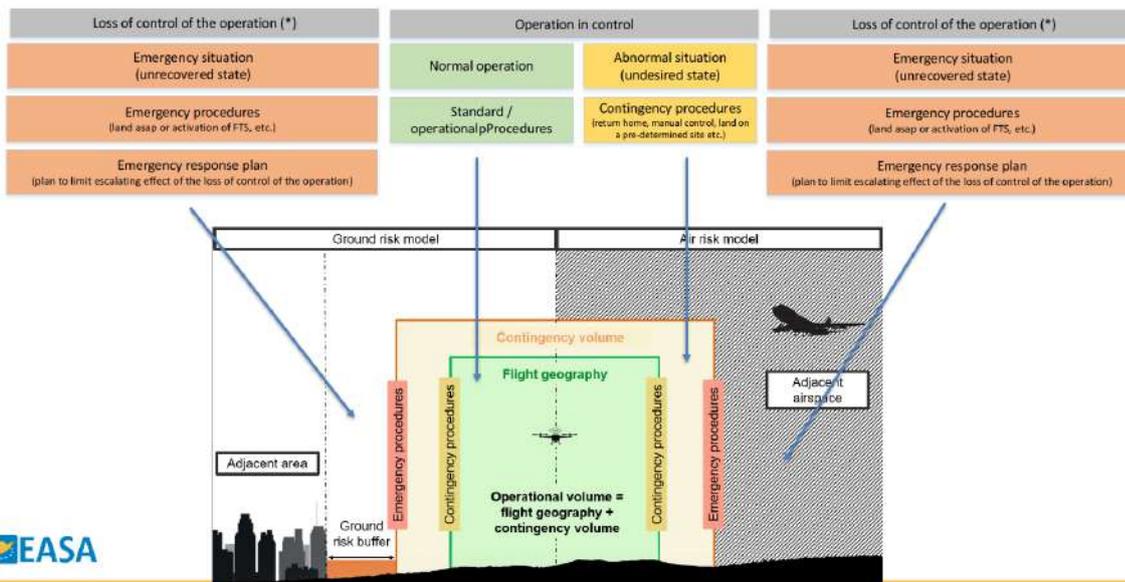


Figure 17 STS01 volumes (EASA)

- Catégorie spécifique STS01, UAS classe C5 certifiée (<25kg, mode vitesse lente 5m/s, système de fin de vol FTS, c'est-à-dire arrêt du moteur et parachute): vous volez dans le scénario STS01 et définissez un "volume de contingence" et un "tampon de risque au sol".

Vos élèves doivent rester dans le volume opérationnel, où ils peuvent voler comme ils le souhaitent (ou plutôt comme le souhaite LE FORMATEUR!), mais dès qu'ils entrent dans le volume de contingence, le formateur doit prendre le contrôle ou dire à l'apprenant de revenir, et s'ils entrent dans le tampon de risque au sol, vous devez activer le FTS (système d'interruption de vol: arrêt du moteur et parachute). Même si cette configuration est dessinée pour le scénario STS01, vous pouvez l'utiliser pour la catégorie ouverte.

Exigez de vos élèves qu'ils portent un gilet de haute visibilité.



Figure 18 Pilote de drone en zone sécurisée, avec gilet de sécurité (Instadrone & Lycée Dhuoda)

Marquez la zone de décollage avec une plaque de décollage spécifique, une aire d'atterrissage pour drone, afin que personne ne passe à côté ou ne place d'obstacle à proximité. C'est également utile lorsque l'herbe est haute.



Figure 19 aire d'atterrissage pour drones (geomesures.fr)

**Clair:** pas d'arbres, pas d'obstacles sur le terrain, ils pourraient cacher les drones ou créer des risques de collision. Evitez la proximité des bâtiments, surtout si vous volez en catégorie A3 ouverte (150m des constructions), les bâtiments élevés créent des masques GNSS qui peuvent diminuer la précision du positionnement. Attention aux lignes électriques, elles doivent être hors de la zone de vol, avec une distance de sécurité.

**Intéressant:** c'est le lieu le plus difficile à trouver pour un second vol, car après que les pilotes aient découvert le vol sur un endroit plat, "sans intérêt" et dégagé, ils doivent s'entraîner à des exercices en conditions réelles. Cela signifie qu'il faut trouver un endroit avec du relief, avec un peu de construction, ou une façade pour pratiquer la photogrammétrie, le LIDAR, la thermographie ou l'expertise. Ce lieu doit également être sécurisé, les personnes non concernées doivent être empêchées de passer, le propriétaire doit donner son accord, il ne peut s'agir d'un lieu public. Placez toutes les sécurités comme pour le lieu des débutants, c'est obligatoire où que vous travailliez.

### Choix du drone

Actuellement (avril 2024), la réglementation européenne permet l'utilisation de n'importe quel drone pour l'apprentissage, mais devrait passer à l'UAS C5 si la catégorie spécifique devient obligatoire. Ainsi, nous recommandons d'avoir le drone le plus léger possible pour le début de l'apprentissage, la classe C1. Il est bon marché (500 à 1000€), léger (250 à 500g) et vole "comme un grand". En cas de perte de contrôle, le danger est faible et votre zone de vol n'aura pas besoin d'un grand tampon de sécurité.

Normalement, la qualité d'image de ces drones est suffisante pour l'apprentissage d'un processus photogrammétrique. Le modèle 3D final ne sera pas aussi précis qu'avec un meilleur objectif, mais il ne s'agit pas d'un usage professionnel, et toutes les fonctionnalités telles que la géolocalisation, la mise à l'échelle ou la classification sont possibles.

Pour apprendre à prendre des photos à des fins d'expertise c'est également correct, sachez qu'un drone plus gros sera plus stable et plus facile à gérer grâce à ses capteurs de proximité horizontaux.

Bien sûr il sera impossible de pratiquer le LIDAR pour le moment, mais nous avons constaté que des caméras thermiques existent pour les petits drones comme le DJI mini 3 pro.

S'il faut aller plus loin, ou pour le LIDAR, ou pour se préparer à gérer un drone plus gros alors, dans un second temps vous pourrez voler sur un drone plus gros, de classe C5 (ou C6 pour le FPV). Avec un C5, vous avez la capacité de coupure et le parachute de sécurité, ce qui est très confortable pour l'apprentissage et pour éviter la casse du matériel. Vous devrez définir votre zone de vol STS01, et la déclarer aux autorités.

### Préparation - Travail administratif à effectuer par l'organisme de formation

Ayez d'abord une discussion franche avec le responsable de l'institut de formation, expliquez-lui clairement les risques et les mesures pour les contenir. Préparez un dossier avec vos souhaits pour une zone de vol, une salle de classe, le type de drone dont vous avez besoin et le niveau de connaissance que vous visez pour vos élèves. Passez vos examens (voir ci-dessous) et ce n'est qu'après cela que vous pourrez décider définitivement du cours nécessaire à vos étudiants et de l'équipement que vous voulez utiliser. Achetez vos drones et tous les outils nécessaires (voir ci-dessus), enregistrez-les, obtenez votre identification de drone et collez l'étiquette d'identification sur le drone. Prenez contact avec un spécialiste pour rédiger un MANEX (le mieux est de le préparer vous-même et de ne le finaliser qu'avec le spécialiste). Préparez un carnet de bord, un carnet de maintenance, un formulaire de mission de vol (exemple dans les modules D4V). Demandez à votre responsable de rédiger une autorisation d'utilisation de l'aire de vol pour la formation des pilotes.

## Extérieur - Permis de vol requis pour les instructeurs

Formez-vous d'abord au niveau de pilote A1/A2/A3.

Si vous décidez d'opter pour la catégorie spécifique STS01, passez l'examen de pilote STS (CATS STS en France par exemple). Comme dit plus haut, cette configuration n'est pas obligatoire pour l'instant mais devrait devenir la nouvelle règle dans un futur proche, alors préparez-vous !



Figure 20 Exemple de vol de drone (généré par IIA - Adobe Firefly)

## 4. Méthodes d'enseignement

### 4.1 Méthodes d'enseignement traditionnelles ou progressives

Le choix de la méthode d'enseignement peut avoir un impact significatif sur la réussite de l'apprentissage. Les méthodes d'enseignement traditionnelles et progressives qui peuvent être utilisées dans la formation à l'utilisation des systèmes d'aéronefs sans pilote (UAS) ou des drones sont expliquées ci-dessous.

La forme traditionnelle d'enseignement est généralement l'enseignement frontal: L'enseignant fait un cours magistral et les participants agissent en tant qu'auditeurs. La communication est principalement unidirectionnelle, mais les questions des auditeurs (élèves) sont autorisées et (souvent) encouragées. En règle générale, l'enseignement est centré sur l'enseignant et présente des caractéristiques objectivistes, ce qui peut être utile en mathématiques, par exemple, ou dans de nombreux domaines scientifiques (les résultats sont généralement reconnus, par exemple, les règles formelles et légales pour faire voler un drone). Les méthodes d'apprentissage constructivistes se concentrent davantage sur le travail libre des apprenants, la communication multidimensionnelle et la discussion des résultats (généralement) ouverts.

Ce que l'enseignement traditionnel a en commun, c'est que la matière est généralement transmise de manière thématique et linguistique, et l'apprentissage se fait ensemble dans un groupe d'enseignement (classe, groupe); les processus de communication et d'interaction sont contrôlés et coordonnés par l'enseignant.

D'un point de vue didactique, l'enseignement traditionnel est bien adapté pour expliquer des contextes et des problèmes (du point de vue de l'enseignant), développer de nouveaux domaines de connaissance et consolider et approfondir. De plus, il est généralement facile pour l'enseignant de vérifier le niveau de connaissance et de formation des apprenants et d'imposer le calme, l'ordre et la discipline. Cependant, il y a un risque de tenter les apprenants à la passivité.

Avec les méthodes d'apprentissage progressives, le rôle de l'enseignant change: il doit créer un environnement d'apprentissage adapté et encourager les apprenants à apprendre de manière autonome. Pour promouvoir la motivation (si les apprenants ne sont pas déjà intrinsèquement motivés), les sujets doivent être présentés de manière authentique et avoir un lien avec la réalité. Les cours en groupe (groupes avec les mêmes sujets ou des sujets différents) sont un moyen de réaliser cela. Le contenu doit être largement développé et intériorisé de manière autonome (résolution de problèmes indépendants, responsabilité personnelle pour le travail en groupe). La communication est bidimensionnelle: enseignant-apprenant et apprenant-apprenant. L'enseignant prend le rôle d'un modérateur.

Cependant, la communication ne doit pas être étendue au point que le résultat requis ou attendu passe au second plan. Les aspects suivants doivent être pris en compte:

- Conception et personnalisation de l'environnement d'apprentissage
- Observation de l'attention et, si nécessaire, motivation supplémentaire
- Contrôle des émotions et réaction aux explosions émotionnelles
- Gestion de l'échec

Les enseignants sont également confrontés à la difficulté d'évaluer la performance individuelle d'un apprenant. Les résultats doivent être résumés et réfléchis à la fin du processus d'apprentissage (feedback). Les apprenants sont souvent dépassés par les méthodes d'apprentissage progressives; elles doivent d'abord être (soigneusement) apprises. Une condition préalable importante et essentielle pour les méthodes d'enseignement ouvertes est une connaissance de base consolidée (instruction) sur le sujet respectif (par exemple, les règles de l'aérodynamique). Ce n'est qu'alors que les connaissances peuvent être appliquées et développées (construction). Idéalement, l'instruction et la construction se complètent et l'apprenant a développé une stratégie d'apprentissage individuelle et un comportement méthodique.

L'e-learning (apprentissage avec des médias numériques) est une forme spéciale d'enseignement et d'apprentissage. Cela implique actuellement de fournir un soutien éducatif aux individus ou aux groupes d'apprentissage en utilisant des médias basés sur le web.

Une distinction est faite ici entre différents types:

- Apprentissage autodirigé avec contenu d'apprentissage prêt à l'emploi
- Apprentissage en ligne supervisé avec des moyens de communication asynchrones et synchrones
- Combinaison des deux, éventuellement sous forme de blended learning, également avec des phases de présence.

Toutes les méthodes d'enseignement et d'apprentissage mentionnées ci-dessus sont également possibles en principe avec l'e-learning, mais le temps et l'effort organisationnel nécessaires à la préparation et au suivi ainsi qu'à la transmission du contenu d'apprentissage peuvent être bien plus importants qu'avec l'enseignement en face à face pur. Les évaluations de succès peuvent également être chronophages.

Lors de l'enseignement des connaissances et des compétences liées à l'utilisation des drones, un mélange d'apprentissage traditionnel (enseignement des bases) et d'apprentissage ouvert (stratégies pour la mise en œuvre pratique du vol de drones, définition des objectifs et des résultats, documentation de l'expérience, lignes directrices, etc.) peut être avantageux dans de nombreux cas.

Voici quelques exemples de plans de leçons possibles:

**Module 1 – Réglementation des drones:**

Commencer par un cours magistral sur les réglementations et les lois actuelles (traditionnel). Les études de cas sont ensuite discutées en petits groupes (progressif).

**Module 2 – Planification des vols et rapports:**

D'abord, expliquer comment la planification de vol est effectuée (traditionnel). Ensuite, les apprenants sont invités à créer et présenter leurs propres plans de vol (progressif).

**Module 3 - Dynamique et maintenance des drones:**

Commencer par une démonstration des procédures de maintenance (traditionnel). Les étudiants travaillent ensuite en équipes sur de vrais drones (progressif).

**Module 4 - Simulateur de vol:**

Les apprenants utilisent individuellement le simulateur pour pratiquer des compétences spécifiques (traditionnel). Ensuite, une activité de groupe est lancée où les apprenants doivent travailler ensemble pour accomplir une mission dans le simulateur (progressif).

**Module 5 - Pratique du vol:**

Commencer par une démonstration d'un vol de drone (traditionnel). Ensuite, les étudiants effectuent leurs propres vols sous supervision (progressif).

## 4.2 Adaptation aux différents styles d'apprentissage

L'apprentissage est un processus influencé par divers facteurs. Le style d'apprentissage individuel est un aspect crucial qui influence de manière significative la manière dont nous capturons et stockons l'information. Ces préférences individuelles déterminent comment nous absorbons et traitons au mieux de nouvelles connaissances.

L'apprentissage se déroule en plusieurs étapes (transfert des connaissances de base - connaissances complémentaires - travail d'équipe - application pratique) et divers chemins mènent à l'objectif d'apprentissage.

L'apprentissage se fait par ...

- Observer
- Réfléchir
- Surmonter
- Écouter
- Essayer
- Échouer
- Lire
- Pratiquer
- Faire soi-même

En règle générale, deux méthodes ou plus sont combinées. Les résultats de l'apprentissage sont évalués statistiquement avec une certitude relative :

- 20 % par l'écoute seule
- 30 % par l'observation seule
- 50 % par l'écoute et l'observation
- 70 % par l'écoute, l'observation et des explications supplémentaires (par exemple, après des questions et des interrogations)
- 90 % en écoutant, en regardant, en expliquant et en faisant soi-même (appliquer)

Il est difficile d'enseigner à un groupe hétérogène disposant de différents canaux de perception. Une distinction est faite (selon Vester) :

- les types d'apprentissage visuels (apprentissage à l'aide de croquis, de graphiques, de cartes heuristiques, de codes de couleur, de vidéos)
- Types d'apprentissage auditif (apprentissage par l'écoute, livres audio, podcasts)
- Les types d'apprentissage communicatifs (apprentissage par l'échange avec les autres, les discussions et les explications)
- Apprentissage moteur (apprentissage par l'expérience haptique, les modèles, les jeux).

Pratiquement aucun de ces types d'apprentissage n'est utilisé seul ; la plupart des gens sont des types mixtes. Plus les canaux sensoriels sont sollicités, plus le succès de l'apprentissage sera grand.

Le développement ultérieur de ce modèle décrit les quatre types d'apprenants suivants :

1. **Apprenant "Pourquoi" (35% de toutes les personnes)** : questionne la pertinence, a besoin d'explications plausibles et apprend mieux à travers des récits.
2. **Apprenant "Quoi" (20% de toutes les personnes)** : examine les procédures, les processus, les contextes, a besoin de statistiques ou d'études pour prouver ou réfuter des déclarations.
3. **Apprenant "Comment" (20% de toutes les personnes)** : essaie des choses et tente de les mettre en pratique ; a besoin d'une forte pertinence pratique, peu d'intérêt pour le contexte théorique.
4. **Apprenant "Et si" (25% de toutes les personnes)** : absorbe d'abord les informations, réfléchit puis essaie ; souvent émotionnel, a besoin d'une perspective concrète sur la façon d'appliquer ce qu'il a appris.

Les conditions cadres optimales sont un environnement d'apprentissage positif, le respect de la diversité des styles d'apprentissage et la promotion des forces individuelles de chaque élève. Les aspects suivants forment une base importante pour cela :

- **Individualité:** Chaque apprenant est unique. Il est crucial de reconnaître et d'accepter la diversité des styles d'apprentissage. Une approche unique ne convient pas à tous.
- **Flexibilité:** Les enseignants et les formateurs doivent être flexibles et utiliser différentes méthodes d'enseignement. Un mélange d'approches visuelles, auditives, kinesthésiques et écrites permet de répondre aux besoins de tous les élèves.
- **Conscience:** Les éducateurs doivent être conscients que les styles d'apprentissage peuvent évoluer avec le temps. Un étudiant qui apprend visuellement peut plus tard mieux apprendre par des expériences pratiques.
- **Inclusion:** Les styles d'apprentissage ne doivent pas être vus comme un obstacle. Au contraire, ils doivent être considérés comme une opportunité de rendre les leçons plus inclusives. Des adaptations individuelles peuvent aider à assurer la réussite de tous les élèves.
- **Réflexion:** Les enseignants doivent régulièrement réfléchir et adapter leurs méthodes d'enseignement. L'observation des étudiants et les retours d'information sont des sources précieuses pour améliorer l'enseignement.

## 4.3 Technologie dans la salle de formation

La technologie dans la salle de formation joue un rôle décisif dans la formation des professionnels et doit principalement répondre à tous les types d'apprenants décrits ci-dessus. En plus d'un projecteur haute résolution ou d'un grand moniteur mural, un tableau blanc devrait également être disponible pour des notes et des croquis supplémentaires. Ce dernier doit être suffisamment grand pour permettre de réaliser des croquis plus complexes et les apprenants des rangs arrière doivent être en mesure de saisir le contenu.

Le PC de l'enseignant doit être suffisamment puissant et la connexion internet doit également être sécurisée et stable. En cas d'urgence (panne de courant, coupure d'électricité), un moyen d'écriture conventionnel doit toujours être disponible (par exemple, tableau noir ou tableau blanc).

D'un point de vue pédagogique, divers aspects doivent être pris en compte:

### **Logiciels et matériels de simulation:**

Dans la salle de formation, les futurs pilotes de drones peuvent recréer des conditions de vol réalistes en utilisant des logiciels et matériels de simulation. Cette technologie permet aux stagiaires de pratiquer divers scénarios de vol sans avoir à utiliser de vrais drones. La simulation aide à apprendre les manœuvres de vol, à gérer les situations dangereuses et à améliorer les performances de vol.

### **Plateformes d'apprentissage interactives:**

Les plateformes d'apprentissage numérique offrent aux étudiants la possibilité de se familiariser avec les connaissances théoriques sur les drones. Ces plateformes peuvent inclure des vidéos, des modules interactifs, des quiz et des études de cas. Les enseignants peuvent suivre les progrès des étudiants et fournir un soutien individualisé.

### **Diffusion en direct et accès à distance:**

Les salles de classe modernes peuvent être équipées de caméras et de technologie de diffusion en direct. Cela permet aux étudiants de suivre les démonstrations de vol en temps réel, même s'ils ne sont pas physiquement présents. Les enseignants peuvent donner des retours aux étudiants et répondre aux questions à distance.

### **Analyse et traitement des données:**

Le traitement des données de vol est une partie importante de la formation aux drones. En classe, les étudiants peuvent apprendre à analyser les données de vol, à identifier les erreurs et à apporter des améliorations. La technologie de traitement et d'analyse des données doit donc être incluse dans le programme.

### **Éthique et sécurité:**

Les approches éducatives doivent également couvrir les aspects éthiques et de sécurité. Les étudiants doivent comprendre comment utiliser les drones de manière responsable et se conformer aux directives de protection des données. La technologie peut aider à simuler des scénarios réalistes dans lesquels des décisions éthiques doivent être prises.

## 4.4 Technologie pour les sessions d'e-learning

Pour toutes les sessions d'e-learning prévues, il est logique de fournir des PC, des ordinateurs portables ou des tablettes aux participants. De cette manière, l'accès et le développement (indépendant) des contenus d'apprentissage peuvent être expliqués de manière ciblée. Le processus d'enseignement en ligne peut également être testé et pratiqué (établir et exiger des règles claires de communication et de comportement!).

L'e-learning se compose de plusieurs éléments, par exemple l'auto-apprentissage assisté par les médias, la collaboration en ligne entre apprenants ou l'enseignement conjoint dans une salle de séminaire virtuelle.

Les **médias d'apprentissage pré-préparés** (par exemple les vidéos) permettent un apprentissage autonome et indépendant du temps. Cependant, il faut prévoir beaucoup de temps pour la création et surtout la maintenance du contenu (règle: 20-50 heures de création par 1 heure de contenu fini, voire plus pour un contenu très exigeant).

Actuellement, il existe de nombreuses options pour l'apprentissage **collaboratif**, comme les groupes WhatsApp ou Telegram ou d'autres services professionnels. La formation de réseaux d'apprentissage peut être encouragée par l'enseignant, mais les apprenants utilisent généralement déjà cette option de manière autonome.

La salle de **séminaire virtuelle** est généralement payante, surtout si de nombreux canaux de communication doivent être utilisés. En plus de la **visioconférence Teams** de Microsoft ou **Connect** d'Adobe, **WebEx** et **Go2Meeting** méritent également d'être mentionnés ici. La performance des applications respectives peut généralement être testée pendant une période limitée dans des versions d'essai gratuites. Cela peut prendre beaucoup de temps, mais cet investissement est nécessaire pour obtenir de bons résultats.

En plus des systèmes de conférence pure, l'utilisation de **programmes supplémentaires** peut être utile en fonction des besoins. Exemple: les tableaux blancs virtuels qui permettent des textes et des croquis manuscrits (avec une tablette à stylet). L'expérience a montré que cela est plus apprécié par presque tous les apprenants que la saisie de texte à l'aide d'un clavier. Les textes et croquis peuvent être sauvegardés et envoyés aux apprenants si nécessaire (mais attention: cela ne doit pas empêcher les apprenants d'écrire ou de dessiner eux-mêmes!).

Des outils de **collaboration** complets tels que Microsoft Teams ou Google Workspace offrent une large gamme d'options pour une collaboration intensive ou un échange dynamique. Une recherche en ligne fournira certainement de nombreux résultats adaptés et une décision individuelle pourra être prise.

Un autre outil est le logiciel de questions-réponses, tel que **Mentimeter**. Il permet de créer des questions et des requêtes intermédiaires ainsi que des quiz complexes avec une évaluation concrète. Cet outil (utilisé modérément) bénéficie également d'un haut niveau d'acceptation en pratique, car les apprenants sont immédiatement actifs et reçoivent un retour direct. Ils permettent également de dynamiser les leçons en ligne. Les résultats des sondages peuvent ensuite être exportés et mis à la disposition des apprenants (option de cartographie et de répétition ciblée).

Il va sans dire que l'enseignant doit avoir une expérience approfondie des sessions d'e-learning et non seulement maîtriser la technologie, mais aussi être capable de soutenir l'apprenant si nécessaire. De plus, il doit avoir un "plan B" prêt afin que les processus d'apprentissage puissent se poursuivre même en cas de pannes de réseau ou de système.

Sources:

Matériaux de formation révisés du cours "TeleCoach" (TCI, 2008, Verlag ets didakta media); dlr.de; lubb.berlin-brandenburg.de

# 5. Collaboration et communication

La collaboration et la communication dans l'enseignement peuvent prendre différentes formes. Ce module identifie certaines des méthodes de collaboration et de communication qui peuvent être utilisées pour promouvoir un environnement d'apprentissage actif pour les enseignants et les étudiants dans le cadre du programme Drones4VET. La section suivante présente quelques-uns des types de **(a)** collaboration, **(b)** communication **(c)** méthodes d'enseignement dont disposent les enseignants/conférenciers pour dispenser ce programme Erasmus+, qui comprend à la fois des modules théoriques et pratiques.

## 5.1 Collaboration

En ce qui concerne les méthodes de diffusion synchrones et asynchrones, il existe un certain nombre de méthodes de collaboration à la disposition des enseignants et des étudiants, comme le montre le tableau suivant.

Tableau 4: Méthodes de collaboration pour les méthodes de diffusion synchrones et asynchrones

Méthodes de collaboration		
Approche synchrone		Approche asynchrone
Interaction en face à face (F2F)	Collaboration en ligne (EN DIRECT)	Approche de la classe inversée : (HORS DIRECT)
<p><b>Cours magistraux :</b> Les cours magistraux traditionnels où l'enseignant transmet des connaissances aux étudiants.</p> <p><b>Discussions en classe :</b> Séances interactives au cours desquelles les étudiants peuvent participer activement, partager des idées et poser des questions, que ce soit dans le cadre d'un travail individuel ou d'un travail de groupe.</p> <p>Tableaux blancs interactifs en classe Les tableaux blancs interactifs tels que SMART ou Promethean peuvent être utilisés pour l'écriture, le dessin et la résolution de problèmes en collaboration.</p>	<p><b>Systèmes de gestion de l'apprentissage (LMS) :</b> Fourniture de matériel en ligne à l'aide d'un système de gestion de l'apprentissage (LMS) tel que Canvas, Moodle, etc.</p> <p><b>Tableaux blancs en ligne / espace de travail virtuel</b> Plateformes en ligne telles que MIRO, où les étudiants peuvent collaborer activement avec les enseignants ou dans un environnement de groupe à l'aide d'un tableau blanc virtuel en ligne. Voir la figure pour plus de détails.</p> <p><b>Forums de discussion :</b> Plateformes virtuelles où les étudiants peuvent discuter de sujets, poser des questions et partager des ressources.</p> <p><b>Salles de chat :</b> Communication textuelle en temps réel pour des échanges et des discussions rapides.</p> <p><b>Vidéoconférence :</b> Des plateformes comme Zoom ou Microsoft Teams permettent des interactions vidéo en direct, pour une expérience en ligne plus immersive.</p>	<p><b>Conférences préenregistrées :</b> Les formateurs fournissent des cours enregistrés que les étudiants peuvent regarder avant la classe, ce qui permet de consacrer du temps en classe aux discussions et aux activités. Généralement, l'utilisation d'un LMS ou d'un autre référentiel en ligne pour l'accès au matériel. Les étudiants peuvent adopter certaines des stratégies de collaboration en ligne pour une approche asynchrone.</p>

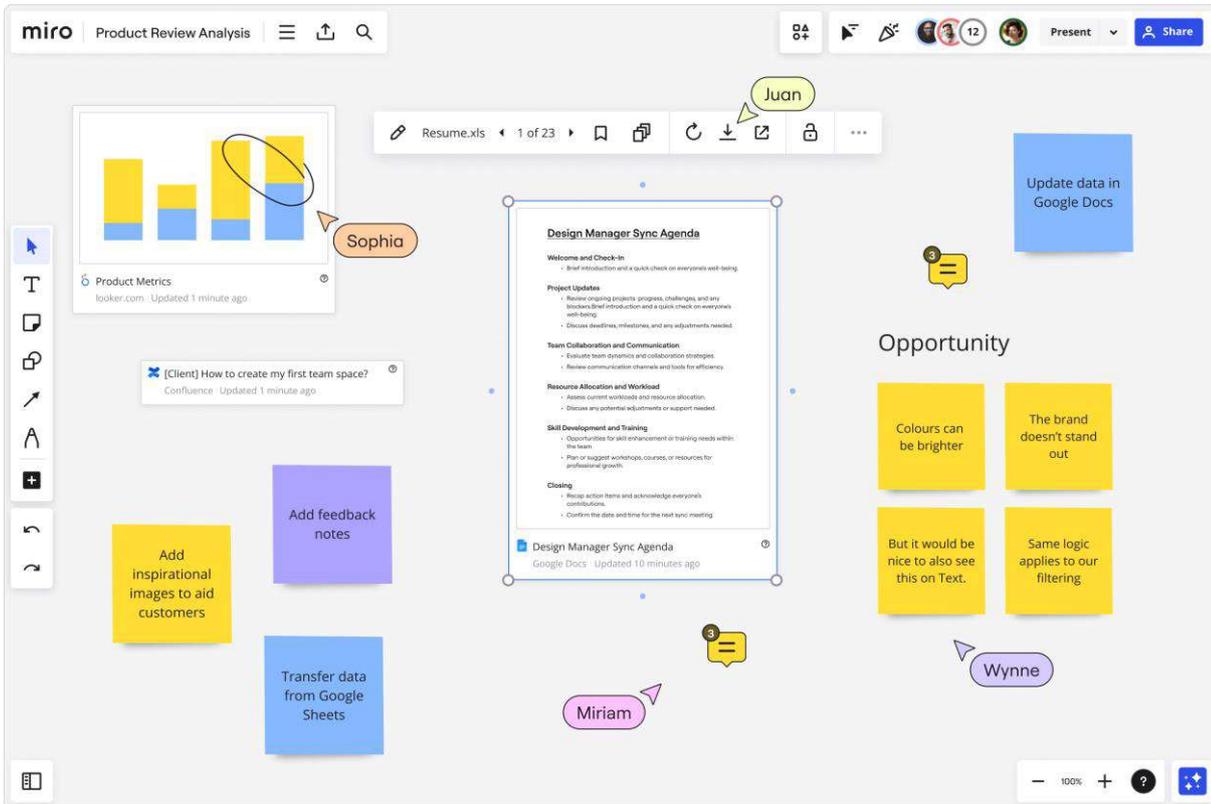


Figure 21 Exemple d'outil de collaboration en ligne Miro (Miro | L'espace de travail visuel pour l'innovation) - Pour les activités/travaux individuels ou en groupe

## 5.2 La communication

Pour permettre une collaboration efficace et effective entre les étudiants ou les étudiants et les enseignants, il est nécessaire d'établir des méthodes de communication adéquates. Cela permet un échange d'informations efficace entre les parties susmentionnées. Les trois principaux types de communication dans un environnement de classe sont les suivants:

- la communication verbale
- la communication non verbale
- la communication écrite.

En ce qui concerne les programmes synchrones (F2F et en direct) et asynchrones (non en direct), le tableau suivant présente les méthodes de communication typiques pour chaque type de programme:

Tableau 5: Méthodes/outils de communication par type de cours.

Méthodes de communication	Détails	Types de livraison		
		F2F	Online/Live	Pre-recorded
<b>Email</b>	Communication traditionnelle par courrier électronique pour les discussions individuelles ou en groupe.	✓	✓	✓
<b>Réseau social</b>	Plateformes où les étudiants peuvent poster des commentaires ou des questions à leur convenance	✓	✓	
<b>Learning Management Systems (LMS)</b>	Une plateforme en ligne qui permet de dispenser des cours/modules. Elle contient un certain nombre de fonctionnalités telles que : réunion en ligne, partage de fichiers/notes, annonces, soumission de devoirs et autres (exemples : Canvas, Moodle, etc.).	✓	✓	✓
<b>Annonces</b>	Les formateurs peuvent utiliser les plateformes LMS pour faire des annonces et partager des informations importantes.	✓	✓	✓
<b>Partage de fichiers</b>	Téléchargement et partage de matériel de cours, de documents et de ressources.	✓	✓	✓
<b>Tableau interactif</b>	Des tableaux avec SMART ou Promethean peuvent être utilisés pour l'écriture collaborative, le dessin et la résolution de problèmes.	✓	✓	
<b>Sondages en ligne</b>	Des outils tels que Poll Everywhere ou Mentimeter peuvent être utilisés pour évaluer la compréhension et les opinions des étudiants.	✓	✓	✓
<b>Retour d'expérience</b>	Enquêtes et formulaires de retour d'information : Recueillir les commentaires des élèves pour améliorer l'enseignement et l'expérience d'apprentissage.	✓	✓	✓

## 5.3 Mise en place des modules

L'apprentissage mixte est une approche moderne de l'enseignement et de l'apprentissage qui permet aux enseignants de tirer parti des avantages des différents styles d'enseignement pour transmettre au mieux le contenu qu'ils enseignent. Le tableau suivant présente certaines des stratégies de transmission recommandées pour chaque module du programme Drones4VET.

Tableau 6: Méthode de livraison suggérée pour les modules Drones4VET

Module No	Module Name	Delivery Type			
		F2F	online	Recorded	Practical Delivery
M1	RÉGLEMENTATION DES DRONES	✓	✓	✓	X
M2	PLANIFICATION ET RAPPORT DE VOL	✓	✓	✓	X
M3	DYNAMIQUE ET MAINTENANCE DES DRONES	✓	✓	✓	X
M4	SIMULATEUR DE VOL	✓	✓	✓	✓
M5	PRATIQUE DE VOL	X	X	X	✓
M6	GÉOLOCALISATION	✓	✓	✓	✓
M7	PHOTOGRAMMÉTRIE	✓	✓	✓	✓
M8	THERMOGRAPHIE	✓	✓	✓	✓
M9	LIDAR	✓	✓	✓	✓
M10	PHOTOS POUR EXPERTISE	✓	✓	✓	✓

## 6. Matériel et logiciels pour Drones4VET

Tableau 7: Matériel et logiciel

No	Module Name	HARDWARE	SOFTWARE/APP	OTHERS INFORMATION OF INTEREST
1	<p>REGLEMENTATION DES DRONES</p> 	<p><b>PC:</b> Intel® Core™ i3 Intel® HD 730 8 GB DDR5 SSD de 512 GB</p>	<p><b>OPERATING SYSTEM:</b> Windows 11  Microsoft Office 2021  Adobe Acrobat</p>	<p><b>WEBS:</b> <a href="https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems-regulations-eu">https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems-regulations-eu</a>  <a href="https://www.easa.europa.eu/es/light/topics/guide-drone-operators">https://www.easa.europa.eu/es/light/topics/guide-drone-operators</a></p>
2	<p>PLANIFICATION DES VOLS ET RAPPORTS</p> 	<p>Ordinateur : idem mod.1  Liaison internet  Radiocommande de drone ou simulateur pour les réglages.</p>	<p>Logiciels de base : idem mod.1  Logiciel affichant la radiocommande du drone à l'écran.  Logiciel permettant de visualiser les écrans des étudiants depuis le poste du professeur pour voir s'ils mettent en place les bons réglages sur leur radiocommande.</p>	<p><b>INTERNET</b> Operations UAS/Drones – Open Category (Subcategories A1, A2 and A3) <a href="https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones">https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/open-category-civil-drones</a> <a href="https://alphetango.aviation-civile.gouv.fr/login.jsp">https://alphetango.aviation-civile.gouv.fr/login.jsp</a> <a href="https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/notifier-incident">https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/notifier-incident</a>  <b>APPS:</b> <a href="https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-go-4">https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-go-4</a> <a href="https://mapper.ugcs.com/">https://mapper.ugcs.com/</a> <a href="https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dcapture/">https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dcapture/</a></p>

<p>3</p> <p>DYNAMIQUE DES DRONES ET MANTENANCE</p> 	<p>Ordinateur : idem mod.1</p> <p>Liaison internet</p> <p>Au moins un drone quadricoptère pour démonstration des attitudes et composants externes</p> <p>Si possible un avion « traditionnel » en modèle réduit</p> <p>Si possible un drone quadricoptère démonté pour montrer les composants internes</p>	<p>Logiciels de base : idem mod.1</p> <p>Si le choix local en a été fait : logiciel de maintenance et enregistrement des vols des drones</p> <p>Logiciel affichant la radiocommande du drone à l'écran.</p> <p>Logiciel permettant de visualiser les écrans des étudiants depuis le poste du professeur pour voir s'ils mettent en place les bons réglages sur leur radiocommande et écrivent les bons compte-rendus dans leur carnet.</p>	
<p>4</p> <p>FLIGHT SIMULATOR</p> 	<p>ZEPHYR:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un ordinateur qui répond aux exigences minimales pour faire fonctionner Zephyr (voir ci-dessous)</li> <li>- Un contrôleur ou un émetteur compatible avec notre adaptateur USB (le cas échéant)</li> <li>- Une connexion internet</li> </ul> <p><a href="https://zephyr-sim.com/features/1">https://zephyr-sim.com/features/1</a></p> <p>REALFLIGHT:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Système d'exploitation : Windows Vista®, 7, 8.x, ou 10</li> <li>- Processeur : Intel Pentium 1.0 GHz ou équivalent</li> <li>- Carte graphique : carte vidéo accélérée 3D avec 32 Mo de mémoire vidéo dédiée et prise en charge complète de DirectX 9 (Pixel Shader 2.0)</li> <li>- Espace disque dur : 3 Go</li> <li>- Mémoire système : 512 MO DE RAM</li> <li>- Installation : Lecteur de DVD interne ou externe (une alternative</li> </ul>	<p>ZEPHYR:</p> <p><a href="https://zephyr-sim.com/">https://zephyr-sim.com/</a></p> <p>REALFLIGHT:</p> <p><a href="https://www.realflight.com/rf-bs-updates.html">https://www.realflight.com/rf-bs-updates.html</a></p>	<p>ZEPHYR DEMO VERSION:</p> <p><a href="https://zephyr-sim.com/individuals">https://zephyr-sim.com/individuals</a></p> <p>REALFLIGHT:</p> <p><a href="https://www.realflight.com/">https://www.realflight.com/</a></p>

		<p>téléchargeable au disque d'installation n'est pas disponible) Système optimal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Processeur : Processeur double cœur 2,4 GHz</li> <li>- Carte graphique : carte vidéo accélérée 3D avec 512 Mo de mémoire vidéo dédiée (Pixel Shader 3.0)</li> <li>- Mémoire système : 2 Go de RAM</li> </ul> <p>Contrôleur InterLink Elite :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Port USB</li> <li>- Emetteur FM ou FM sélectionnable compatible (si vous utilisez le mode interface)</li> <li>- Les connecteurs du cordon d'interface du contrôleur InterLink Elite et de l'adaptateur inclus sont compatibles avec les ports d'entraînement de la plupart des Futaba et de tous les systèmes JR, Spektrum et Tower Hobbies.</li> </ul> <p><a href="https://www.spektrumrc.com/support/">https://www.spektrumrc.com/support/</a></p> <p>PHOENIX R/C PRO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 256 Mo de mémoire système (RAM)</li> <li>- 1,5 Go d'espace libre non compressé sur le disque dur</li> <li>- ATI Radeon 9800/NVidia Geforce Ti4200 avec au moins 128 Mo de mémoire ou mieux</li> <li>- Microsoft DirectX 9.0c ou supérieur</li> </ul> <p>SIMULATEUR DE VOL DJI</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Configuration minimale requise :</li> <li>Processeur :</li> </ul>	<p>PHOENIX R/C PRO</p> <p><a href="https://phoenix-r-c-launcher.software.informer.com/5.0/">https://phoenix-r-c-launcher.software.informer.com/5.0/</a></p> <p>DJI FLIGHT SIMULATOR</p> <p>It only supports the Win10 64-bit operating system.</p>	<p>PHOENIX R/C PRO</p> <p><a href="https://www.rc-thoughts.com/phoenix-sim/">https://www.rc-thoughts.com/phoenix-sim/</a></p> <p>DJI FLIGHT SIMULATOR USER MANUAL:</p> <p><a href="https://dl.djicdn.com/downloads/simulator/20200612/DJI_Flight_Simulator_User_Manual_v1.4_EN.pdf">https://dl.djicdn.com/downloads/simulator/20200612/DJI_Flight_Simulator_User_Manual_v1.4_EN.pdf</a></p>
--	--	---	--	---

		<p>G4560 ; Graphique : GTX 1050 Ti ; Mémoire : 16GB RAM ; HDD : 80GB Free - Configuration recommandée : Processeur : i5-6400 ; Carte graphique : GTX 1060 ou GTX 1070 ; Mémoire : 16GB RAM ; HDD : SSD+80GB Free - Configuration optimale : Processeur : i7-7700 ; Graphiques : GTX 1080 Ti ; Mémoire : 32GB RAM ; HDD : SSD+80GB Gratuit</p> <p>Télécommandes DJI Utilisez un câble USB pour connecter le port Micro USB de la télécommande au port USB du PC.</p>	<p><a href="http://www.dji.com/es/downloads/products/simulator?site=brandsite&amp;from=insite_search">www.dji.com/es/downloads/products/simulator?site=brandsite&amp;from=insite_search</a></p>	
5	<p>PRATIQUE DU VOL</p> 	<p>Ordinateur : idem mod.1</p> <p>Liaison internet</p> <p>Lieu de vol sécurisé, déclaré, autorisé et dégagé</p> <p>Entre 1 et 4 drones selon la place disponible. Classe C1 pour les débutants (attention la réglementation pourrait évoluer vers la classe C5 pour enseigner)</p> <p>Très légers &lt;500g: DJI mini AUTEL EVO NANO PARROT ANAFI</p> <p>légers &lt;900g: FIMI X8 AUTEL EVO LITE DJI MAVIC...</p> <p>Plots (cones de chantier) et panneaux de signalisation, rubalise. Pistes de décollage</p>	<p>Traitement de texte pour la fiche de mission éventuellement</p> <p>Applications de météo (UAV forecast...) ou site internet METAR-TAF (allmetsat.com...)</p>	<p><b>APP:</b> <a href="https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-go-4">https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-go-4</a> <a href="https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-fly">https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-fly</a> <a href="https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-pilot">https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-pilot</a></p>

6	<p>GEOLOCALISATION</p> 	<p>Ordinateur : idem mod.1</p> <p>Liaison internet</p> <p>Récepteur GNSS (GPS) + module RTK avec abonnement actif.</p> <p>Cibles (damiers) au sol</p>	<p>Geoportail.gouv.fr</p>	
7	<p>PHOTOGRAMMETRIE</p> 	<p>PC pour les calculs 3D 16Go de mémoire 1To SSD avec 100Go de libre Carte graphique dédiée 8Go (possible sans, plus lent)</p> <p>Drone + caméra (16MPix, prises de vue programmables, meilleur avec un obturateur mécanique)</p> <p>Cibles au sol et instrument GNSS+RTK</p>	<p>Application de vol programmé pour le drone DJI PILOT UGCS PIX4D CAPTURE PIX4D MAPPER</p> <p>Logiciel de traitement photogrammétrique AGISOFT METASHAPE MESHROOM</p>	<p>APP: <a href="https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-pilot">https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-pilot</a> <a href="https://mapper.ugcs.com/">https://mapper.ugcs.com/</a> <a href="https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dcapture/">https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dcapture/</a> <a href="https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115002439403-Software-download-and-installation-PIX4Dmapper">https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115002439403-Software-download-and-installation-PIX4Dmapper</a> <a href="https://www.agisoft.com/">https://www.agisoft.com/</a> <a href="https://github.com/alicevision/Meshroom">https://github.com/alicevision/Meshroom</a></p>

8	<p>THERMOGRAPHIE</p> 	<p>PC assez puissant 16Go de mémoire 1To SSD avec 100Go de libre Carte graphique dédiée 8Go (possible sans, plus lent)</p> <p>Drone + caméra thermique</p>	<p>Logiciel d'imagerie et analyse thermique dépendant de votre caméra</p> <p>DJI Thermal Analysis Tool 3</p> <p>Flir Tools</p>	<p>WEB: <a href="https://www.dji.com/es/downloads/software/dji-dtat3">https://www.dji.com/es/downloads/software/dji-dtat3</a> <a href="https://www.flir.es/products/flir-tools-app/?vertical=condition+monitoring&amp;segment=solutions">https://www.flir.es/products/flir-tools-app/?vertical=condition+monitoring&amp;segment=solutions</a></p>
9	<p>LIDAR</p> 	<p>PC pour les calculs 3D 16Go de mémoire 1To SSD avec 100Go de libre Carte graphique dédiée 8Go (possible sans, plus lent)</p> <p>Drone capable de porter un capteur LiDAR Exemple DJI M350 RTK (C3) + DJI ZENMUSE L2 LIDAR</p>	<p>Logiciel de traitement des données LiDAR de votre capteur</p> <p>Application de vol programmé pour le drone DJI PILOT UGCS PIX4D CAPTURE PIX4D MAPPER</p>	<p>APP: <a href="https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-pil">https://www.dji.com/es/downloads/djiapp/dji-pil</a> <a href="https://mapper.ugcs.com/">https://mapper.ugcs.com/</a> <a href="https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dcapture/">https://www.pix4d.com/es/producto/pix4dcapture/</a> <a href="https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115002439403-Software-download-and-installation-PIX4Dmapper">https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115002439403-Software-download-and-installation-PIX4Dmapper</a> <a href="https://www.agisoft.com/">https://www.agisoft.com/</a></p> <p>WEB: <a href="#">Matrice_350_RTK_User_Manual_v1.0_ENI.pdf (dji CDN)</a> <a href="#">Zenmuse_L2_User_Manual_v1.0_ES.pdf (dji CDN)</a></p>

10	<p>PRISE DE VUES POUR L'EXPERTISE</p> 	<p>PC assez puissant 16Go de mémoire 1To SSD avec 100Go de libre Carte graphique dédiée 8Go (possible sans, plus lent)</p> <p>Drone + très bon appareil photo, éventuellement avec objectif zoom de qualité.</p>	<p>Drone remote app</p> <p>Software for pictures: Xnview (basique et gratuit) Photoshop</p>	
----	---	--	---	--

# 7. Évaluation et Retour d'Information dans l'Enseignement Efficace

L'évaluation et le retour d'information sont des composantes intégrales de tout enseignement réussi, jouant un rôle crucial dans la compréhension des élèves et favorisant l'amélioration continue. Dans ce module, nous explorerons certains des outils d'évaluation principaux et optionnels tels que présentés dans la Figure 1, qui peuvent être adoptés pour évaluer l'enseignement et l'apprentissage dans le programme Drone4VET. L'importance du retour d'information constructif pour des résultats d'apprentissage améliorés est également discutée.

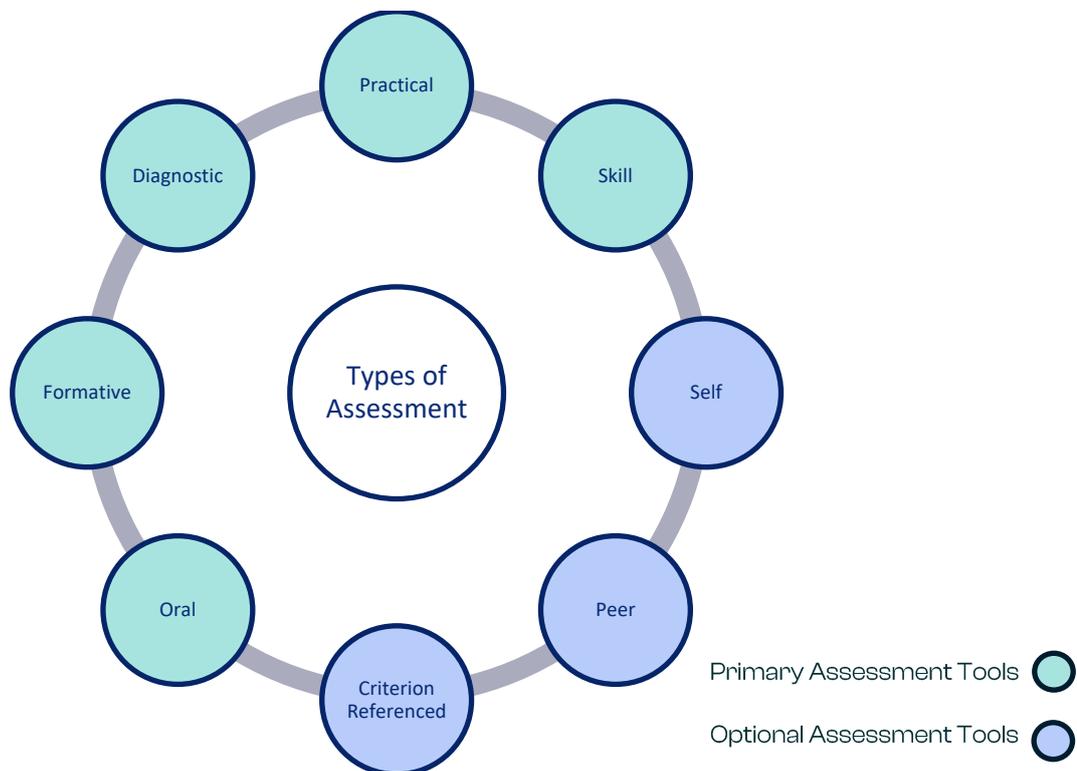


Figure 22 Types d'Évaluations

## 7.1 Différents Types d'Évaluations pour évaluer l'apprentissage

- Évaluation pratique: Basée sur des activités pratiques destinées à évaluer et observer les compétences pratiques et le comportement des élèves.
- Évaluation diagnostique: Type d'évaluation visant à vérifier les connaissances actuelles d'un élève. En général, elle implique une série de questions posées au début d'un cours ou d'une session de formation pour identifier les forces et les faiblesses d'un apprenant avant l'apprentissage. Exemples: journaux, quiz/test, conférences/entretiens, affiches, tâches de performance, cartes mentales, fermeture des écarts, enquêtes auprès des étudiants.
- Évaluations formatives: Ces évaluations continues permettent aux instructeurs de surveiller les progrès et la compréhension des élèves pendant le cours. Exemples: quiz, sondages et devoirs courts.
- Évaluations sommatives: Ces évaluations sont effectuées à la fin d'une période d'apprentissage pour évaluer la compréhension globale. Exemples: examens finaux, projets ou tests complets.
- Évaluation des compétences: Pour mesurer la capacité des élèves à réaliser certaines tâches, l'évaluation des compétences est le type préféré. Elle pourrait faire partie d'une évaluation pratique.
- Évaluation orale: Évaluation des connaissances acquises par un élève sous forme orale.
- Évaluation critériée: Évaluation des connaissances d'un élève basée sur des critères et des normes prédéterminés.
- Évaluation normée ou Évaluations par les pairs: Les étudiants évaluent le travail de leurs pairs, favorisant la collaboration et fournissant des perspectives précieuses.
- Auto-évaluation: Encourager les élèves à réfléchir sur leur propre apprentissage favorise un sentiment de responsabilité et les aide à identifier les domaines à améliorer.

Le tableau suivant cartographie les types d'évaluation suggérés pour les modules Drones4VET:

Tableau 8: Module et Évaluations Suggérées

Évaluations Suggérées pour les modules Drones4VET										
Type d'Évaluation	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Pratique	X	✓	X	✓	✓	X	X	X	X	X
Diagnostique	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Formative	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Sommative	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Compétence	X	X	X	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
Orale	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Critériée	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Normée	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Auto-évaluation	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓

\*M1 – Drone Regulations, M2 – Flight planning and reporting, M3 – Drone Dynamics and maintenance, M4 – Flight simulator, M5 – Flight Practice, M6 – Geolocation, M7 – Photogrammetry, M8 – Thermography, M9 – LIDAR, M10 – Pictures for expertise  
**LEGEND:**

✓	Suggérée	X	Non applicable	✓	Optionnelle
---	----------	---	----------------	---	-------------

En ce qui concerne les cours en présentiel et en ligne, le tableau suivant indique comment l'évaluation formative (la technique d'évaluation la plus couramment adoptée) peut être utilisée pour les travaux individuels et les travaux de groupe,

Tableau 9: Types de tâches et outils pour la collaboration en présentiel et en ligne

Types de tâches et outils pour la collaboration en présentiel et en ligne		
Type d'Évaluation	Approche	Outils pour la Collaboration et la Communication
<b>Évaluations formatives et sommatives / Travail individuel:</b>	Ce type d'évaluation est réalisé par un étudiant individuel et la collaboration est donc réduite au minimum, à moins que les étudiants ne décident de réaliser l'évaluation de manière parallèle, c'est-à-dire que le groupe d'étudiants travaille ensemble, mais que les soumissions sont individuelles.	Si les étudiants travaillent en parallèle, l'approche peut se faire sous la forme d'un projet de groupe.
<b>Évaluations formatives / Projets de groupe</b>	Travaux collaboratifs : Tâches qui exigent des étudiants qu'ils travaillent ensemble, afin de promouvoir le travail d'équipe et le partage des responsabilités. Évaluation par les pairs : Les étudiants examinent le travail des autres et donnent leur avis sur celui-ci, ce qui favorise un environnement d'apprentissage collaboratif.	Groupes de médias sociaux : Création de groupes dédiés sur des plateformes telles que Facebook ou LinkedIn pour les discussions en classe et le partage de ressources. Blogs : Les étudiants peuvent créer et partager des blogs pour exprimer leurs pensées, leurs expériences et leurs points de vue liés au cours.

## 7.2 Retour d'Information et Amélioration

Le retour d'information efficace est une pierre angulaire du processus d'apprentissage. Il informe non seulement les élèves de leur performance, mais les guide également vers l'amélioration. Dans cette section, nous nous concentrerons sur les aspects suivants:

- **Retour d'information opportun:** Fournir un retour d'information rapide permet aux élèves de corriger les malentendus et de faire les corrections nécessaires en temps opportun.
- **Critique constructive:** Le retour d'information doit être constructif, soulignant à la fois les forces et les domaines à améliorer. Un retour d'information spécifique et exploitable guide les élèves vers l'amélioration de leurs compétences.
- **Mécanismes de retour d'information:** Explorer divers outils et méthodes pour fournir un retour d'information, tels que des commentaires écrits, des retours oraux ou des plateformes numériques.
- **Retour d'information pour la motivation:** Le renforcement positif et la reconnaissance des réalisations contribuent à la motivation et à l'engagement des élèves.

# Annuaire

Figure 1 Formateur avec exemple de drone (IA générée - Adobe Firefly)	3
Figure 2 Dommages typiques sur façade ( <a href="https://www.zukunft-bau.at/bauschadensberichte">https://www.zukunft-bau.at/bauschadensberichte</a> )	13
Figure 3 Dommages typiques sur les toits ( <a href="http://www.bauder.at">www.bauder.at</a> / <a href="http://www.hausjournal.at">www.hausjournal.at</a> )	13
Figure 4 Site web de l'EASA - la page "drones & air mobility" est idéale pour commencer, puis aller vers les différents sujets (EASA)	15
Figure 5 <a href="https://fr.allmetsat.com">https://fr.allmetsat.com</a> this website displays the METAR and TAF messages in both clear and original version - all Europe covered in different languages	16
Figure 6 android app: "Avia Weather" does the same, and you can also get NOTAM (pay option)	16
Figure 7 Application Android: "GPS Status" choisissez la page des capteurs, elle affiche tous vos capteurs actifs avec leurs valeurs. les étudiants peuvent comprendre ce qu'est un accéléromètre par exemple	17
Figure 8 : la programmation de la géo-cage dans une télécommande. N'hésitez pas à fixer des valeurs basses au départ (Parrot)	18
Figure 9 écran de l'application android "GPS Status"	18
Figure 10 cible au sol avec numéro (LePont.com)	19
Figure 11 une peau d'orange permet de montrer qu'il est difficile d'aplatir une sphère	19
Figure 12 Projection UTM du globe sur un cylindre (France 3 "c'est pas sorcier")	19
Figure 13 altération de la distance due à la projection sur le cylindre UTM (France 3 "C'est pas sorcier")	20
Figure 14 Modèle Polycam d'une maquette réelle d'architecte (Julie Lequeux-Audran) sur une table dans la salle de classe (extrait de la vidéo qui peut être générée)	21
Figure 15 zone délimitée dans une cour de récréation pour les drones certifiés C1. La zone de vol du drone se situe autour des cônes munis d'une tige. Les élèves sont à droite, dans l'ombre et opposés au soleil	24
Figure 16 la bande de sécurité "rubalise" est la meilleure barrière (virages.com)	24
Figure 17 STS01 volumes (EASA)	25
Figure 18 Pilote de drone en zone sécurisée, avec gilet de sécurité (Instadrone & Lycée Dhuoda)	26
Figure 19 aire d'atterrissage pour drones (geomesures.fr)	26
Figure 20 Exemple de vol de drone (généré par l'IA - Adobe Firefly)	28
Figure 21 Exemple d'outil de collaboration en ligne Miro (Miro   L'espace de travail visuel pour l'innovation) - Pour les activités/travaux individuels ou en groupe	39
Figure 22 Types d'Évaluations	49

# Tables

Tableau 1: Aperçu des modules	5
Tableau 2: Description des modules et résultats d'apprentissage	6
Tableau 3: exemple structure	12
Tableau 4: Méthodes de collaboration pour les méthodes de diffusion synchrones et asynchrones	38
Tableau 5: Méthodes/outils de communication par type de cours	40
Tableau 6: Méthode de livraison suggérée pour les modules Drones4VET	41
Tableau 7: Matériel et logiciel	42
Tableau 8: Module et Évaluations Suggérées	51
Tableau 9: Types de tâches et outils pour la collaboration en présentiel et en ligne	51

# Annexe

## Modèles et outils propres