



Co-funded by
the European Union

iStream

Programmes d'enseignement supérieur sur le
journalisme immersif

Directives du laboratoire



2026

iStream – Programmes d'enseignement supérieur sur l'approche du journalisme immersif

Directives du laboratoire iStream

La rédaction de ce document s'est achevée en Septembre 2026.

Site web du projet : www.istream-project.eu

Le projet iStream est un partenariat de coopération dans l'enseignement supérieur (KA220-HED) financé dans le cadre du programme Erasmus+.

Numéro de projet : 2024-1-PL01-KA220-HED-000254186

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés n'engagent toutefois que leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de la Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji. Ni l'Union européenne ni la Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji ne peuvent en être tenues pour responsables.

Ce document a été élaboré en collaboration avec l'ensemble du partenariat iStream : Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie (PL) - coordinateur du projet, Learnable s.c. (IT), Università Politecnica delle Marche (IT), Université de Nicosie (CY), Infinitivity Design Labs (FR).

Ce document est sous licence Creative Commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International



Sommaire

Bienvenue	6
Utilisation des lignes directrices de l'iStream Lab dans la pratique et en synergie avec les résultats du projet.....	7
1. Technologies immersives à inclure	10
1.1 Outils matériels.....	10
1.1.1 Infrastructure informatique.....	10
1.1.2 Caméras 360° et équipement de terrain	13
1.1.3 Matériel de numérisation 3D et d'audio spatial	15
1.1.4 Casques VR/AR.....	17
1.1.5 Capture de mouvement et haptique	19
1.1.6 Accessoires XR et infrastructure d'alimentation (indispensables).....	20
1.2 Outils logiciels	22
1.2.1 Plateformes de développement immersif	22
1.2.2 Logiciels de conception audio spatiale	25
1.2.3 Logiciels de reconstruction 3D.....	27
1.2.4 Logiciels de modélisation et d'animation	29
1.2.5 Outils d'IA pour le journalisme immersif	32
1.2.6 Outils de visualisation des données.....	40
1.2.7 Plateformes de collaboration et de gestion des flux de travail	44
1.2.8 Identité visuelle et conception UI/UX.....	46
1.2.9 Optimisation des performances	47
1.2.10 Post-production et assemblage à 360°	49
1.2.11 Traitement d'image spécialisé et montage de visites virtuelles	51
1.2.12 Recherche et analyse qualitative	52
1.3 Plateformes de distribution et de publication	54
1.3.1 WebXR (Essentiel)	54
1.3.2 Sketchfab (Essentiel).....	54
1.3.3 Réalité virtuelle sociale / VRChat (spécialiste).....	55
1.3.4 Boutiques d'applications natives (spécialisées).....	55
.....	57

2. Compétences requises.....	57
2.1 Compétences du corps enseignant.....	57
2.1.1 Fondements du journalisme immersif (indispensables).....	57
2.1.2 Connaissances techniques pour la supervision (Essentiel).....	57
2.1.3 Sensibilisation au public et à l'accessibilité (élevée).....	58
2.1.4 Sensibilisation aux médias éthiques et synthétiques (essentiel).....	59
2.1.5 Préparation à l'avenir (Élevée).....	60
2.2 Compétences des étudiants.....	61
2.2.1 Niveau licence : culture spatiale fondamentale	61
2.2.2 Niveau master : architecture d'expérience avancée	62
2.3 Compétences du personnel technique	63
2.3.1 Exploitation et maintenance du laboratoire (essentiel)	63
2.3.2 Gestion des flux de travail et du stockage (essentiel)	63
2.3.3 Sécurité et gestion de l'espace (essentiel).....	64
2.3.4 Assistance technique spécialisée (élevée)	64
3. Santé et sécurité	65
3.1 Sécurité générale du studio (essentiel)	65
3.2 Règles de sécurité en matière de RV/RA	67
3.2.1 Configuration des limites	67
3.2.2 Protocoles de supervision	67
3.2.3 Gestion du mal des transports et de la fatigue.....	68
3.3 Sécurité des drones (EASA).....	69
3.3.1 Formation et enregistrement des opérateurs (licence A1/A3)	69
3.3.2 Vérifications météorologiques et de l'espace aérien	69
3.3.3 Évaluation des risques	70
3.3.4 Processus standard d'évaluation des risques (SORA-Lite).....	70
IMPORTANT : Avertissement relatif à la conformité réglementaire et institutionnelle	71
3.4 Sécurité de la salle de projection.....	73
3.4.1 Fixation sécurisée et sécurité secondaire	73
3.4.2 Procédures d'urgence	73
3.5 Sécurité éthique et psychologique	74

3.5.1	Consentement éclairé et droit de retrait.....	74
3.5.2	Gestion des contenus hyperréalistes et perturbants	74
3.5.3	Sensibilité culturelle et représentation	75
3.6	Procédures éthiques, juridiques et de recherche	76
3.6.1	Consentement éclairé et règlement du laboratoire	76
3.6.2	Questionnaires d'évaluation standardisés.....	76
3.6.3	Conformité au RGPD et aux données biométriques.....	77
.....	79
4.	Activités pratiques	79
4.1	Activités de licence.....	79
4.1.1	Produire une courte scène à 360°	79
4.1.2	Enregistrer l'audio spatial	79
4.1.3	Observation par drone.....	80
4.2	Activités de master	81
4.2.1	Conception VR/AR multi-scènes	81
4.2.2	Prototypes WebXR	81
4.2.3	Prototypes à l'échelle de la pièce	81
4.3	Activités partagées et professionnelles	82
.....	83
5.	Coûts de maintenance	83
5.1	Maintenance régulière (consommables opérationnels).....	83
5.2	Maintenance de l'infrastructure (cycle de vie à long terme).....	84
5.3	Coûts liés à l'espace et aux opérations	86
5.3.1	Licences logicielles et IA (SaaS).....	86
5.3.2	RGPD et conformité des données.....	87
5.3.3	Certification et obligations légales.....	87
Annexe A	90
[Modèle]	Plan de mission et évaluation des risques pour les drones (SORA simplifiée).....	90
Annexe B	92
[Modèle]	Liste de contrôle prévol pour les drones (conforme à l'AESA)	92

Bienvenue

L'Immersive Journalism Lab est un pôle interdisciplinaire conçu pour faire le lien entre le journalisme traditionnel et l'avenir des médias spatiaux. Alors que le paysage médiatique évolue vers des contenus expérientiels, les journalistes doivent être en mesure de guider leur public à travers les récits plutôt que de se contenter de les présenter. Le laboratoire sert de terrain d'expérimentation pour l'innovation, de salle de classe pour la maîtrise technique et de lieu de réflexion éthique.

Objectifs du laboratoire :

- **Développer les compétences techniques** : doter les participants d'une expérience pratique dans l'utilisation des technologies immersives telles que la réalité virtuelle (VR), la réalité augmentée (AR) et la vidéo à 360°, ainsi que des outils matériels et logiciels associés.
- **Améliorer les compétences en narration** : développer la capacité à créer des récits captivants et interactifs qui tirent parti des environnements spatiaux et des techniques de narration non linéaires.
- **Promouvoir un journalisme éthique et responsable** : veiller à ce que les contenus immersifs respectent les principes journalistiques d'exactitude, d'impartialité et de transparence, tout en tenant compte de la vie privée, du consentement et du bien-être du public.
- **Encourager l'innovation et l'expérimentation** : offrir un espace créatif pour explorer de nouveaux formats, technologies et approches du reportage qui repoussent les limites du journalisme traditionnel.
- **Faciliter la collaboration** : créer des opportunités de travail d'équipe interdisciplinaire entre journalistes, développeurs, designers et professionnels des médias afin de produire des expériences immersives de haute qualité.
- **Préparer l'intégration dans le secteur** : doter les participants des compétences et des connaissances nécessaires pour s'adapter aux nouvelles tendances et intégrer le journalisme immersif dans les pratiques médiatiques courantes.

Étiquettes :

La distinction entre ces étiquettes porte principalement sur **le budget** et **la nécessité** pour le programme de base. Voici le détail :

- **Essentiels** : si le laboratoire ne dispose pas de ces outils, il est impossible de produire un reportage immersif standard. Chaque étudiant doit les maîtriser pour être employable.
- **Spécialisés** : outils puissants ou de niche. Ils sont nécessaires pour des projets d'élite spécifiques, tels qu'une reconstitution médico-légale ou une expérience cinématographique de style hollywoodien. Vous n'avez besoin que de quelques licences pour les étudiants avancés.

Facultatif : alternatives appréciables. Il s'agit d'outils qui remplissent des fonctions déjà couvertes par d'autres. Vous ne les utilisez que si votre personnel/vos étudiants ont déjà une forte préférence pour eux ou s'ils sont déjà payés par l'université

Utilisation des lignes directrices de l'iStream Lab dans la pratique et en synergie avec les résultats du projet

Les lignes directrices de l'iStream Lab ne sont pas conçues comme un simple manuel technique, mais comme un outil pratique destiné à aider les établissements d'enseignement supérieur à faire passer le journalisme immersif du concept à la mise en œuvre. Leur valeur ne réside pas dans le fait d'être lues de bout en bout, mais dans le fait d'être activement utilisées, interprétées et adaptées par les différentes parties prenantes impliquées dans l'enseignement, la gestion et l'expérience des environnements médiatiques immersifs.

Dans la pratique, ce document sert de passerelle entre la vision et la mise en œuvre. Un département universitaire souhaitant introduire le journalisme immersif, par exemple, peut s'en servir pour passer d'une ambition abstraite (telle que « innover dans l'enseignement du journalisme ») à des décisions concrètes concernant l'infrastructure, les outils et les approches pédagogiques. En s'appuyant sur la distinction entre les composantes essentielles, spécialisées et optionnelles, les établissements peuvent définir un parcours de développement réaliste. Un programme pourrait débuter par une configuration de base reposant sur la production de vidéos à 360° et la publication WebXR, puis évoluer progressivement vers des configurations plus avancées impliquant la reconstruction 3D, l'audio spatial ou des environnements de réalité virtuelle interactifs. Il en résulte non seulement une meilleure allocation des ressources, mais aussi une adéquation plus cohérente entre les objectifs pédagogiques et les investissements technologiques.

Pour les enseignants, ce document devient un moyen de transformer l'enseignement en un processus expérientiel et basé sur des projets. Au lieu de limiter le journalisme immersif à des discussions théoriques, les enseignants peuvent concevoir des activités d'apprentissage où les étudiants construisent activement des récits à l'aide d'environnements spatiaux. Un module de cours pourrait guider les étudiants à travers l'ensemble du processus de création d'un récit immersif : capturer une scène du monde réel, la reconstruire numériquement, y intégrer de l'audio et la publier pour permettre l'interaction avec le public. Dans ce contexte, les lignes directrices aident à définir les acquis d'apprentissage tout en offrant une structure pratique pour atteindre ces objectifs. Il en résulte un passage de la transmission de contenu à l'apprentissage

actif, où les étudiants développent à la fois des compétences techniques et une sensibilité narrative.

Le personnel technique et les responsables de laboratoire s'appuient sur ce document d'une manière différente mais tout aussi cruciale. Pour eux, il sert de référence pour organiser un écosystème de laboratoire fonctionnel et durable. Dans de nombreux cas, les établissements possèdent déjà une partie de l'équipement requis mais manquent d'un flux de travail cohérent. Les lignes directrices aident à réorganiser ces éléments en un système efficace, par exemple en introduisant des solutions de stockage partagé, en structurant les postes de travail en fonction des besoins de performance ou en définissant des protocoles d'utilisation clairs. Elles fournissent également une base pour aborder les questions de sécurité, les considérations éthiques, l'IA et la conformité réglementaire. Il en résulte un environnement de laboratoire qui est non seulement doté des équipements technologiques nécessaires, mais aussi robuste sur le plan opérationnel et gérable à long terme.

Du point de vue des étudiants, ce document favorise le développement d'un parcours professionnel clair. Il aide les apprenants à comprendre comment différents outils, compétences et processus s'articulent dans les flux de travail réels du journalisme immersif. Un étudiant de niveau débutant peut s'en servir pour explorer les outils de base et expérimenter des productions immersives simples, tandis que les apprenants plus avancés peuvent s'engager progressivement dans des chaînes de production complexes et une collaboration interdisciplinaire. Dans les deux cas, le document contribue à construire une compréhension cohérente de ce qu'implique le journalisme immersif, en allant au-delà des compétences isolées vers une identité professionnelle plus intégrée.

Les parties prenantes externes, telles que les organisations médiatiques ou les partenaires de l'industrie créative, peuvent également tirer profit de ce document en tant que référence commune. Lorsque les universités adoptent ces lignes directrices, elles clarifient les compétences et les approches que les étudiants développent. Cela facilite la collaboration, car les partenaires de l'industrie peuvent mieux comprendre ce qu'ils peuvent attendre des diplômés et comment s'engager avec les milieux universitaires. Dans la pratique, cela peut déboucher sur des projets communs, des stages ou l'expérimentation de nouveaux formats de narration, renforçant ainsi le lien entre l'enseignement et la pratique professionnelle.

Le plein potentiel des lignes directrices du Lab devient encore plus évident lorsqu'elles sont utilisées en combinaison avec les autres résultats clés du projet iStream, en particulier le programme d'études et le syllabus. Ces éléments opèrent à différents niveaux mais sont conçus pour se renforcer mutuellement. Le programme définit les compétences, les objectifs d'apprentissage et les priorités pédagogiques que les programmes de journalisme immersif doivent aborder. Les lignes directrices du laboratoire traduisent ces éléments abstraits en conditions concrètes, en précisant

quels outils, infrastructures et flux de travail sont nécessaires pour rendre ces compétences réalisables dans la pratique. Utilisés conjointement, ils garantissent que les objectifs d'apprentissage ne sont pas seulement énoncés, mais aussi mis en œuvre.

Le programme de cours, quant à lui, fournit la structure et l'enchaînement des activités pédagogiques. Il décrit comment les cours sont organisés, comment les modules sont développés et comment l'apprentissage progresse au fil du temps. Les lignes directrices du laboratoire complètent ce dispositif en proposant des moyens pratiques de mettre en œuvre ces modules dans un environnement de laboratoire. Un enseignant peut prendre une unité du programme et la transposer directement en activités pratiques s'appuyant sur les technologies et les flux de travail décrits dans les lignes directrices. Cela crée une forte cohérence entre l'apport théorique et l'application pratique, garantissant que chaque phase de l'enseignement aboutit à des résultats tangibles.

Combinées, ces ressources permettent un processus d'apprentissage plus itératif et plus réflexif. Les étudiants sont d'abord initiés aux concepts et aux cadres théoriques, puis guidés à travers des parcours d'apprentissage structurés, et enfin engagés dans des expérimentations pratiques en laboratoire. Ce cycle leur permet de tester, d'affiner et d'approfondir leur compréhension. Par exemple, un étudiant qui apprend les principes de narration éthique peut les appliquer directement lors de la conception d'une expérience immersive, en tenant compte d'aspects tels que la sécurité des utilisateurs, la représentation et le consentement. De cette manière, les connaissances sont continuellement renforcées par la pratique.

Un autre aspect important de cette intégration réside dans son potentiel de reproductibilité et d'évolutivité. Les établissements adoptant l'approche iStream ne se limitent pas à une expérimentation isolée, mais peuvent s'appuyer sur un système cohérent. Le programme d'études fournit les fondements, le syllabus structure le parcours d'apprentissage et les directives du laboratoire garantissent que tout peut être mis en œuvre efficacement. Cela permet d'adapter le modèle à différents contextes institutionnels tout en maintenant une cohérence en termes de qualité et d'approche.

En fin de compte, les directives de laboratoire doivent être considérées comme faisant partie d'un écosystème plus large plutôt que comme une ressource autonome. Leur rôle est de relier la vision stratégique, la conception pédagogique et la mise en œuvre technique au sein d'un cadre unifié. Lorsqu'elles sont utilisées en synergie avec le programme d'études et le syllabus, elles aident les établissements d'enseignement supérieur à développer le journalisme immersif non pas comme une innovation ponctuelle, mais comme une pratique éducative structurée, durable et évolutive.

1. Technologies immersives à inclure

1.1 Outils matériels

1.1.1 Infrastructure informatique

Cette sous-section définit l'infrastructure invisible du laboratoire. Alors que les casques et les caméras constituent les outils visibles, ces systèmes fournissent la puissance brute nécessaire au rendu, au traitement des données et à la gestion de l'installation physique.

Postes de travail fixes haute performance (indispensables)

- **Type** : postes de travail de bureau permanents de niveau 1.
- **Spécifications standard actuelles** : AMD Threadripper séries 7000/9000 ou Intel Core i9/Ultra 9 ; **64 Go de RAM minimum** (128 Go ou plus recommandés pour la photogrammétrie) ; **NVIDIA RTX 5090 ou 4090 (24 Go à 32 Go de VRAM)**.
- **Flux de travail** : Utilisées pour l'assemblage intensif de modèles 3D à partir de plus de 1 000 photos, le rendu de vidéos « cinématiques » à 360° et l'exécution de grands modèles linguistiques (LLM) en local pour l'analyse de données d'enquête.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Le développement en réalité virtuelle (VR) et en 3D est très gourmand en mémoire vidéo (VRAM). Une carte graphique de classe 5090 est indispensable pour éviter que l'ordinateur ne plante lors du traitement d'environnements 3D complexes et non optimisés ou de vidéos « volumétriques » haute résolution.

Postes de travail de laboratoire standard (indispensables)

- **Type** : ordinateurs de bureau de milieu de gamme (par exemple, RTX 5070/4070, 32 Go de RAM).
- **Flux de travail** : Utilisées pour l'assemblage de scènes dans Unity, le montage de vidéos 4K à 360° et le mixage audio spatial standard.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est là que se déroule 80 % du développement. Ces postes offrent un bon équilibre entre puissance et efficacité, permettant des prévisualisations fluides en temps réel dans un casque sans le coût exorbitant ni la chaleur excessive des hubs haut de gamme.

Doit être sous Windows pour le traitement RealityCapture/LiDAR, ou sous Mac M3/M4 pour le déploiement sur Apple Vision Pro. Une répartition 50/50 est recommandée pour le laboratoire de 20 unités.

NAS haut débit (indispensable)

- **Type** : stockage réseau 10 GbE centralisé.
- **Niveau matériel** : niveau infrastructure (prise en charge de tous les postes de travail).
- **Rôle dans le journalisme** : il sert de disque partagé où les équipes de reporters, d'artistes 3D et de monteurs peuvent accéder simultanément aux mêmes fichiers vidéo 8K et projets Unity.
- **Flux de travail** : au lieu de transférer des dossiers de 500 Go via des clés USB (ce qui comporte un risque d'erreurs de version), les étudiants éditent leurs projets directement depuis le NAS. Le personnel technique l'utilise pour effectuer des sauvegardes quotidiennes automatisées des recherches de chaque étudiant.
- **Pourquoi l'utiliser ? Intégrité et évolutivité des données.** Les projets XR génèrent des volumes de données considérables (des téraoctets de photogrammétrie et de vidéo volumétrique). Un NAS garantit que si un poste de travail tombe en panne, le reportage et les mois de travail qui y ont été consacrés ne seront pas perdus.

Nombre de postes recommandé		
Sur la base des configurations types des laboratoires universitaires de médias immersifs et de journalisme (environ 20 à 25 étudiants par promotion) :		
Type de poste	Quantité suggérée	Justification
Postes de travail haute performance	3 à 5 unités	Une station pour 5 à 6 étudiants. Il s'agit d'unités très sollicitées, utilisées pour les « rendus de nuit » ou l'assemblage 3D intensif.

Postes de travail standard	15 à 20 unités	L'espace de travail principal. Ces postes sont utilisés pour le développement général sous Unity, le montage de vidéos à 360° et les outils d'IA standard.
Station d'accueil de projection	1 unité dédiée	Une machine permanente et haute performance « verrouillée » sur les projecteurs multi-surfaces afin de garantir un étalonnage cohérent.

Stratégies de gestion

- **Le système de « file d'attente de traitement »** : ces machines étant des ressources spécialisées, le laboratoire met généralement en place un système de réservation pour les unités haute performance. Les étudiants « empruntent » une machine spécifiquement pour des tâches telles que la capture de réalité ou le calcul d'éclairage haute fidélité.
- **Le pôle spécialisé** : Souvent, ces 3 à 5 machines haut de gamme sont regroupées dans un coin spécifique du laboratoire (parfois appelé le « pôle médico-légal ») où le **Varjo XR-4** est également connecté. Cela permet de regrouper les équipements les plus chauds et les plus bruyants dans une zone ventilée.
- **Traitement à distance** : dans de nombreuses configurations de laboratoire de 2026, ces stations fixes sont également configurées pour **l'accès à distance**. Un étudiant peut se trouver chez lui sur une station de base, mais « se connecter à distance » à la station de travail haute performance du laboratoire pour utiliser la RTX 5090 pour un rendu.

Calcul GPU dans le cloud (spécialiste)

- **Type** : infrastructure virtuelle évolutive.
- **Matériel requis pour le développement** : station de travail standard (utilisée comme terminal).
- **Flux de travail** : lorsque les stations de travail haut de gamme locales sont saturées, les étudiants utilisent une station de travail standard pour se connecter à distance à des GPU basés sur le cloud. Cette solution est utilisée pour l'entraînement de modèles d'IA personnalisés ou le rendu de scènes qui dépassent les limites thermiques locales.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Cela offre une évolutivité « infinie », permettant au laboratoire de prendre en charge des projets à forte intensité pendant les semaines de pointe sans avoir besoin de 20 machines haut de gamme physiques.

Systèmes de projection multi-surfaces (spécialisés)

- **Type** : cartographie spatiale et installation interactive.
- **Matériel requis pour le développement** : station de travail haut de gamme.
- **Flux de travail** : utilise des projecteurs laser à ultra-courte focale pour transformer les murs du laboratoire en un environnement de réalité virtuelle « sans casque ». Ce système est piloté par une station de travail haut de gamme pour gérer simultanément, via , la « déformation » en temps réel et la sortie vidéo à haut débit sur plusieurs surfaces.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Permet une révision éditoriale collaborative. Les rédacteurs et les journalistes peuvent parcourir ensemble un jumeau numérique d'un lieu, pointer des éléments de preuve et discuter de l'article sans l'isolement imposé par un casque.

1.1.2 Caméras 360° et équipement de terrain

Insta360 X4 / X3 (Indispensable)

- **Type** : caméra d'action 360° grand public/prosommateur.
- **Matériel requis pour le développement** : station de travail standard (pour l'assemblage de séquences 5,7K/8K et le recadrage assisté par IA).
- **Compatibilité logicielle** : [Insta360 Studio](#), [Adobe Premiere Pro](#).

- **Flux de travail** : elles capturent tout dans une sphère à 360°, ce qui permet au monteur de choisir l'angle de prise de vue plus tard, en post-production.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est le point d'entrée standard pour la narration immersive grâce à sa taille et à sa fonction « perche à selfie invisible », qui permet à un seul journaliste de se filmer lui-même et son environnement simultanément.

Insta360 TITAN / Pro 2 (Spécialiste)

- **Type** : Caméra VR cinématographique professionnelle à 360°.
- **Matériel requis pour le développement** : **station de travail haut de gamme** (indispensable pour l'assemblage de séquences RAW 8K-11K 10 bits et la gestion de fichiers volumineux).
- **Connexions logicielles** : [Insta360 Studio](#), [Mistika VR](#), [Topaz Video AI](#).
- **Flux de travail** : Utilisée pour la réalisation de documentaires haut de gamme. Ces caméras utilisent des capteurs plus grands (Micro Four Thirds) pour capturer nettement plus de détails et offrir une meilleure plage dynamique en basse lumière par rapport à la X4.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Le résultat est destiné au **Varjo XR-4** ou à l'**Apple Vision Pro**, où des séquences 360° standard apparaîtraient floues ou pixélisées.

Ricoh Theta Z1 (Essentiel)

- **Type** : Appareil photo 360° à plage dynamique élevée (HDR).
- **Matériel requis pour le développement** : **poste de travail standard**.
- **Connexions logicielles** : [Adobe Lightroom](#), [Matterport](#), [Agisoft Metashape](#).
- **Flux de travail** : Spécialement utilisé pour la création de **visites virtuelles** et la photogrammétrie. Ses grands capteurs de 1 pouce permettent de réaliser des photos de qualité professionnelle pouvant être mappées sur une géométrie 3D.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est le meilleur outil pour capturer des « plaques » destinées à des environnements 3D où la netteté des images fixes prime sur la fréquence d'images vidéo.

1.1.3 Matériel de numérisation 3D et d'audio spatial

Microphones ambisoniques : Zoom H3-VR ou Sennheiser AMBEO (indispensable)

- **Type** : Capture audio spatiale à 360°.
- **Matériel requis pour le développement** : station de travail standard.
- **Connexions logicielles** : [Reaper](#) (avec la suite de plug-ins IEM), [FMOD Studio](#), [Wwise](#).
- **Workflow** : Le Zoom H3-VR ou le Sennheiser AMBEO capturent une sphère sonore à 360°. Cet audio est ensuite spatialisé en post-production afin que, dans un casque VR, le son reste ancré dans l'univers 3D lorsque l'utilisateur bouge la tête.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Pour offrir une présence spatiale. Si un journaliste filme en 360° mais utilise un microphone standard, l'immersion est rompue. L'ambisonique garantit que l'environnement sonore correspond à l'expérience visuelle.

Casque ANC circum-auriculaire (indispensable)

- **Type** : Écouteurs à réduction active du bruit (ANC).
- **Matériel requis pour le développement** : N/A (équipement de terrain).
- **Flux de travail** :
 - Utilisé par les journalistes lors des enregistrements sur le terrain pour contrôler les niveaux audio sans interférence environnementale externe.
 - Utilisé pendant les phases de « travail en profondeur » (par exemple, rédaction de scripts, modélisation 3D ou analyse de données). La fonction ANC est spécialement réglée pour éliminer le bourdonnement à basse fréquence de la climatisation du laboratoire et le « brouhaha » d'une salle de classe animée.
- **Pourquoi l'utiliser ?**
 - Indispensable pour le contrôle sur le terrain afin de s'assurer que le « silence » d'un espace est correctement capturé. L'ANC permet à l'ingénieur du son d'entendre exactement ce que captent les microphones, comme les sons subtils de la pièce ou des bruits lointains, sans être distrait par le bruit ambiant immédiat autour de sa propre tête.
 - Pour protéger la « bande passante mentale » de l'étudiant. Des recherches montrent que les conversations de fond constituent l'élément le plus perturbant dans un laboratoire de création ; l'ANC permet à un

étudiant de créer un « bureau privé » n'importe où dans la pièce, réduisant ainsi la fatigue cognitive lors de longues sessions de développement.

Casque de studio ouvert (spécialiste)

- **Cas d'utilisation en laboratoire : mixage audio spatial.**
- **Matériel requis pour le développement : poste de travail standard** (nécessite un coin calme du laboratoire ou un espace fermé).
- **Workflow** : Utilisé pour le mixage final d'une histoire immersive. Contrairement aux casques ANC, ceux-ci sont dotés d'aérations qui laissent l'air et le son circuler librement.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Pour obtenir une « scène sonore » naturelle. Comme le son n'est pas emprisonné à l'intérieur de l'oreillette, on a l'impression qu'il provient de l'espace *autour* de l'étudiant, plutôt que de l'intérieur de sa tête. Ceci est essentiel pour placer avec précision des sources sonores 3D dans un environnement de réalité virtuelle.

Remarque : ces casques ne sont pas destinés à un usage général en laboratoire car ils « laissent passer » le son, ce qui signifie que toutes les autres personnes présentes dans le laboratoire entendront votre audio.

Kits de photogrammétrie professionnels (indispensables)

- **Type** : Appareil photo reflex numérique (DSLR) ou hybride haute résolution et anneaux lumineux.
- **Matériel requis pour le développement** :
 - **Station de travail standard** (petits objets)
 - **Station de travail haut de gamme** (grands environnements).
- **Logiciels associés** : [RealityCapture](#), [Agisoft Metashape](#), [Adobe Substance 3D](#).
- **Processus de travail** : les journalistes prennent des centaines de photos haute résolution qui se chevauchent d'un objet. Le logiciel calcule ensuite la parallaxe entre les images pour générer un modèle 3D.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Ce kit est indispensable pour créer des ressources 3D hyperréalistes de preuves, d'artefacts ou de petits lieux destinés à des expositions numériques.

Capteurs biométriques : par exemple, EDA, HRV (spécialiste)

- **Type** : Capture de données physiologiques (activité électrodermique et variabilité de la fréquence cardiaque).
- **Matériel requis pour le développement** : poste de travail standard.
- **Connexions logicielles** : [Python](#) (analyse des données), [Flourish](#) (visualisation).
- **Déroulement** : ces capteurs sont portés par les spectateurs pendant les phases de test. Ils mesurent le stress physiologique et les niveaux d'engagement.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Utilisé pour l'évaluation du public. En observant le niveau de stress d'un spectateur lors d'une simulation de zone de guerre, les journalistes peuvent ajuster l'intensité de leurs reportages afin de s'assurer qu'ils ont un impact sans être inutilement traumatisants.

Scanners LiDAR (spécialisés)

- **Type** : balayage par détection et télémétrie de la lumière (laser).
- **Matériel requis pour le développement** :
 - **Station de travail standard** (pour le traitement des nuages de points)
 - **Station de travail haut de gamme** (pour les scans environnementaux à haute densité).
- **Connexions logicielles** : [RealityCapture](#), [Agisoft Metashape](#), [Unity](#), [Unreal Engine](#).
- **Processus de travail** : Ces appareils (tels que la série Leica BLK ou les capteurs de l'iPhone Pro) émettent des impulsions laser pour mesurer des distances exactes, créant ainsi un « nuage de points » 3D précis d'un espace physique ou d'un objet.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Indispensable pour le journalisme d'investigation et les reconstitutions de sites spécifiques. Contrairement à la photogrammétrie, le LiDAR fonctionne en basse lumière et capture des mesures géométriquement parfaites d'espaces architecturaux.

1.1.4 Casques VR/AR

Meta Quest 3 (Essentiel)

- **Type** : Casque de réalité mixte autonome/connecté.
- **Matériel requis pour le développement** : station de travail standard.

- **Connexions logicielles** : [Unity](#), [WebXR](#), [MRTK3](#), [Adobe Substance 3D](#).
- **Flux de travail** : Appareil principal pour les projets des étudiants. Il prend en charge la réalité mixte sans fil (wireless pass-through), permettant d'ancrer des objets numériques dans l'environnement réel du laboratoire.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il s'agit du casque de réalité virtuelle le plus répandu ; conçu pour la "Quest 3", il garantit que l'histoire soit accessible au public le plus large possible.

Apple Vision Pro (Spécialiste)

- **Type** : ordinateur spatial haute fidélité.
- **Matériel requis pour le développement** : poste de travail standard (doit être un Mac).
- **Connexions logicielles** : [Unity](#), [Xcode](#).
- **Workflow** : Utilisé pour la recherche UI/UX haut de gamme. C'est la référence en matière de journalisme avec suivi oculaire, où l'interface réagit à l'endroit où l'utilisateur pose son regard.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Pour expérimenter la narration sans manette et une lisibilité du texte en ultra-haute résolution qui dépasse celle des casques VR standard.

Varjo XR-4 (Spécialiste)

- **Type** : PCVR professionnel avec une résolution équivalente à celle de l'œil humain.
- **Matériel requis pour le développement** : station de travail haut de gamme (NVIDIA/PC uniquement).
- **Connexions logicielles** : [Unreal Engine](#), [Unity](#).
- **Flux de travail** : généralement connecté via DisplayPort à une station de travail haut de gamme. Utilisé pour des détails de niveau médico-légal, tels que l'analyse de reconstructions 3D haute résolution de zones de conflit.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il offre la plus haute fidélité visuelle actuellement possible, ce qui est essentiel pour lire des documents en petits caractères ou voir des textures microscopiques dans un environnement virtuel.

HoloLens 2 / Magic Leap 2 (spécialiste)

- **Type** : Réalité augmentée optique transparente.

- **Matériel requis pour le développement** : station de travail standard (Windows requis pour HoloLens).
- **Connexions logicielles** : [MRTK3](#), [Unity](#).
- **Flux de travail** : Utilisé pour les simulations de travail sur le terrain et les superpositions de données « tête haute ». Contrairement au Meta Quest, ces appareils utilisent des verres en verre transparent, ce qui les rend plus sûrs à utiliser dans des environnements actifs.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Idéal pour la recherche sur le reportage de terrain en réalité augmentée, où un journaliste doit voir clairement le monde réel tout en recevant des invites de données ou des indications de navigation.

1.1.5 Capture de mouvement et haptique

Les outils utilisés pour la narration incarnée : la capacité à intégrer la présence physique et les gestes d'un journaliste ou d'une source dans un environnement virtuel.

Ultraleap Leap Motion 2 (Essential)

- **Type** : Suivi optique des mains et des doigts.
- **Matériel requis pour le développement** : poste de travail standard.
- **Flux de travail** : un petit capteur monté sur un casque ou un bureau qui suit les mains sans gants ni manettes. C'est la référence en matière de navigation sans manette.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est le moyen le plus accessible de tester l'interaction avec le public. Les journalistes l'utilisent pour voir comment une personne lambda tendrait naturellement la main pour toucher une visualisation de données en 3D ou interagir avec des indices sur une scène de crime virtuelle.

Rokoko Smartsuit Pro II (Indispensable)

- **Type** : Combinaison de capture de mouvement inertielle (à capteurs).
- **Matériel requis pour le développement** : poste de travail standard.
- **Processus** : une combinaison textile équipée de 19 capteurs internes. Elle est portable et ne nécessite pas de caméras, ce qui permet à un journaliste de capturer des mouvements dans un environnement réel.

- **Pourquoi l'utiliser ?** Il permet aux étudiants d'enregistrer rapidement les mouvements et les gestes humains afin d'animer des avatars numériques pour des explications immersives, sans avoir besoin d'un studio dédié.

Vicon Shōgun (Spécialiste)

- **Type :** Capture de mouvement optique professionnelle (infrarouge).
- **Matériel requis pour le développement : station de travail haut de gamme.**
- **Workflow :** utilise un anneau fixe de caméras infrarouges pour suivre des marqueurs réfléchissants. Il s'agit du même système que celui utilisé dans la production cinématographique haut de gamme.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il est utilisé pour les reportages d'investigation cinématographiques où les nuances de la posture d'une personne ou une confrontation physique doivent être reconstituées avec une précision inférieure au millimètre.

Manus VR / Quantum Metagloves (Spécialiste)

- **Type :** Suivi des doigts haute fidélité et gants haptiques.
- **Matériel requis pour le développement : station de travail standard.**
- **Flux de travail :** Portés pour assurer un suivi précis des doigts et un retour « vibrotactile » (perception de la résistance des objets virtuels).
- **Pourquoi l'utiliser ?** Utilisé pour un niveau de détail chirurgical. Si un journaliste fait la démonstration d'une tâche manuelle complexe, telle que la manipulation d'un élément de preuve ou d'un outil médico-légal spécifique, ces gants garantissent que les mains bougent naturellement plutôt que de paraître rigides.

1.1.6 Accessoires XR et infrastructure d'alimentation (indispensables)

Les casques de réalité virtuelle mobiles (Quest 3) n'ayant qu'une autonomie de 2 heures, l'infrastructure d'alimentation est un élément essentiel de la maintenance du laboratoire.

- **Chargeurs rapides USB-C et hubs multiports :** stations PD (Power Delivery) à haute puissance (65 W+) capables de charger plus de 10 casques simultanément.
- **Sangles de tête avec batterie :** indispensables pour le développement de projets de longue durée. Elles prolongent l'autonomie du casque de 2 à plus de 6 heures en contrebalançant le poids grâce à une batterie montée à l'arrière.

- **Batteries externes (haute capacité)** : unités portables de 20 000 mAh et plus utilisées spécifiquement pour le **Rokoko Suit** et les casques autonomes lors des travaux sur le terrain.
- **Stations de recharge pour piles AA** : stations à cycle élevé pour les manettes VR, qui dépendent encore largement de piles remplaçables

1.2 Outils logiciels

Dans un contexte universitaire, le choix des logiciels est souvent dicté par le matériel informatique existant (PC ou Mac). Certains outils standard de l'industrie sont exclusivement disponibles sous Windows, ce qui peut nécessiter un environnement de laboratoire hybride.

1.2.1 Plateformes de développement immersif

Il s'agit de l'atelier numérique où vous utilisez vos modèles 3D (provenant de Blender), vos scènes capturées (provenant de Luma AI) et votre audio pour créer l'expérience interactive finale.

Unity (Essential)

- **Format** : logiciel de bureau.
- **Plateforme** : Windows, macOS, Linux.
- **Configuration matérielle requise** :
 - **Station de travail standard** (développement/assemblage)
 - **Station de travail haut de gamme** (physique avancée, light baking et builds VR haute fidélité).
- **Workflow** : Le moteur de jeu le plus couramment utilisé en journalisme. Les étudiants importent des ressources dans une scène 3D, ajoutent de l'interactivité (par exemple, un bouton qui lance une vidéo), puis compilent le projet sous forme d'application pour casques de réalité virtuelle ou de site web.
- **Coût** : licence Unity Education Grant ([gratuite](#)). Les établissements d'enseignement éligibles peuvent demander une licence de site couvrant gratuitement tous leurs laboratoires informatiques.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est le « cheval de bataille » de l'industrie du journalisme. Il offre la meilleure prise en charge de WebXR, ce qui signifie que vous pouvez créer un projet une seule fois et le publier facilement afin que le public puisse le consulter sur son téléphone sans télécharger d'application.

Unreal Engine (Spécialiste)

- **Format** : logiciel de bureau.
- **Plateforme** : Windows, macOS, Linux.
- **Configuration matérielle requise** : **station de travail haut de gamme** (nécessaire pour le ray tracing en temps réel, l'éclairage dynamique **Lumen** et la géométrie virtualisée **Nanite**).
- **Workflow** : Réputé pour son photoréalisme. Il est utilisé pour la production virtuelle : reconstruction de scènes de crime ou de sites historiques très détaillés où la qualité visuelle est prioritaire. Il utilise un système de blueprints, permettant aux étudiants de programmer des interactions en reliant des cases par des lignes plutôt qu'en tapant du code.
- **Coût** : [Gratuit](#) pour les étudiants et les enseignants. Unreal Engine est généralement déployé via l'Epic Games Launcher. Cependant, pour les grands laboratoires, le service informatique peut utiliser un « programme d'installation académique » pour déployer le moteur sur le réseau sans que chaque étudiant ait besoin d'un compte Epic Games personnel pour se connecter.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Utilisez-le si votre projet nécessite la plus grande fidélité visuelle possible. C'est la référence en matière de journalisme cinématographique, mais les fichiers générés sont très volumineux et difficiles à exécuter sur des smartphones basiques.

Frameworks WebXR :

- **[A-Frame](#) & [Three.js](#) (indispensables)**
 - **Format** : code / bibliothèque Web.
 - **Plateforme** : toutes (fonctionne dans un navigateur).
 - **Configuration matérielle requise** :
 - **Station de base** (pour le codage et les tests standard)
 - **Station de travail standard** (pour les scènes impliquant des modèles 3D haute résolution ou des phénomènes physiques complexes).

- **Flux de travail** : Il ne s'agit pas de programmes à installer, mais de bibliothèques de code. Les élèves écrivent de simples balises de type HTML pour placer des objets 3D sur un site web.
- **Coût** : Gratuit / Open Source.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est la clé de la portée journalistique. La plupart des gens ne mettront pas de casque pour lire les actualités. WebXR leur permet de cliquer sur un lien sur les réseaux sociaux et de déplacer leur téléphone pour explorer instantanément une reconstitution 3D.
- **[Spline](#) (Essential)**
 - **Format** : outil de conception en ligne.
 - **Plateforme** : navigateur web.
 - **Configuration matérielle requise** : poste de travail standard.
 - **Processus** : une alternative sans code à A-Frame. Les élèves utilisent une interface visuelle (similaire à Canva, mais en 3D) pour concevoir des scènes interactives. Ils obtiennent ensuite un code d'intégration à insérer directement dans un article d'actualité.
 - **Coût** : Freemium. Gratuit pour une utilisation basique ; [Spline for Education](#) propose des réductions sur un forfait professionnel permettant l'exportation de vidéos et une collaboration avancée.
 - **Pourquoi l'utiliser ?** C'est le moyen le plus rapide pour les étudiants en journalisme sans connaissances techniques de créer des graphiques 3D cliquables pour le web.
- **[Xcode](#) (backend indispensable pour l'écosystème Apple si vous l'utilisez)**
 - **Format** : application de bureau (macOS uniquement).
 - **Configuration matérielle requise** : poste de travail Mac (Apple Silicon/série M).
 - **Workflow** : le « **compilateur** ». Il sert de pont entre les plateformes de développement (comme Unity ou Spline) et l'Apple Vision Pro ou l'iPhone. Une fois le récit conçu dans Unity, Xcode est utilisé pour « compiler et exécuter » le projet, en transférant l'application finale sur le matériel.

- **Pourquoi l'utiliser ?** Il s'agit d'une exigence technique obligatoire pour tout projet immersif basé sur Apple. Les étudiants n'ont pas besoin d'« apprendre » Xcode pour la narration, mais le personnel du laboratoire doit l'avoir installé et mis à jour pour garantir la connectivité du casque.
- **Coût :** gratuit.

MRTK3 : Mixed Reality Toolkit 3 (spécialiste)

- **Format :** plugin/bibliothèque pour **Unity**.
- **Plateforme :** multiplateforme (Meta Quest, HoloLens 2, Magic Leap 2).
- **Configuration matérielle requise :** poste de travail standard.
- **Workflow :** ensemble de composants prêts à l'emploi. Au lieu de devoir programmer comment une main virtuelle saisit un objet 3D, MRTK3 fournit un script pré-intégré que l'étudiant n'a qu'à glisser-déposer sur son modèle.
- **Coût :** Gratuit et open source (géré par Microsoft et la communauté).
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il est indispensable pour le journalisme en réalité mixte, où des données numériques sont superposées au monde réel. Par exemple, à l'aide de MRTK3, un étudiant pourrait créer une interview holographique où une source semble être assise dans le salon réel du spectateur.

1.2.2 Logiciels de conception audio spatiale

L'évolution technique du journalisme XR réside dans le passage de l'audio par canal (stéréo/5.1) à l'audio par objet. Dans ce flux de travail, chaque son (une interview, une sirène en arrière-plan ou un chant de manifestation) se voit attribuer un ensemble de coordonnées (x, y, z). Lorsque l'étudiant tourne la tête dans son casque, le logiciel recalcule l'audio en temps réel pour s'assurer que le son reste lié à sa source géographique.

Reaper (Essential)

- **Format :** station de travail audio numérique (DAW).
- **Plateforme :** Windows, macOS, Linux.

- **Matériel requis** : station de travail standard. [Un casque ouvert de haute qualité](#) est le matériel le plus important ici.
- **Flux de travail** : les journalistes importent des enregistrements ambisoniques (son à 360°) à partir de micros de terrain tels que le [Zoom H3-VR](#). À l'aide de plug-ins (comme la suite gratuite IEM Plug-in Suite), ils placent les voix ou les sons ambiants dans une sphère 3D. Ces plug-ins s'ajoutent directement aux pistes dans Reaper. Ils permettent aux étudiants d'encoder des enregistrements bruts de terrain en ambisonique (une sphère sonore), puis de les décoder afin qu'ils puissent être écoutés correctement au casque.
- **Coût** : Licence à prix réduit (60 \$) pour les particuliers et à des fins éducatives/à but non lucratif. Elle offre une période d'essai de 60 jours avec toutes les fonctionnalités. Reaper est un achat « unique » que les services informatiques apprécient car il ne nécessite pas de renouvellements annuels complexes.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il est léger, incroyablement stable et est devenu la norme mondiale en matière d'audio spatial, car il prend en charge le nombre élevé de canaux audio (jusqu'à 64 par piste) requis pour l'audio spatial. C'est l'outil principal pour nettoyer et positionner les enregistrements sur le terrain avant leur importation dans un moteur 3D.

FMOD Studio / Wwise (spécialiste)

- **Format** : middleware audio (logiciel reliant l'audio à un moteur de jeu).
- **Plateforme** : Windows, macOS.
- **Configuration matérielle requise** : poste de travail standard. (Bien qu'ils fonctionnent sur des postes de base, 16 Go de RAM sont nécessaires pour les sessions de « mise à jour en direct » en temps réel avec Unity/Unreal).
- **Flux de travail** : ces outils font office de pont entre les fichiers audio et **Unity/Unreal Engine**. Au lieu de simplement lire un fichier, le journaliste utilise FMOD/Wwise pour définir des règles, par exemple : « Si l'utilisateur passe derrière ce mur, le son de la manifestation doit devenir étouffé. »
- **Coût** : Gratuit pour l'enseignement et les petits projets (généralement gratuit si le budget du projet est inférieur à 200 000 \$).

- **Pourquoi l'utiliser ?** Si le laboratoire produit des documentaires immersifs complexes, ces outils permettent d'obtenir un comportement sonore bien plus réaliste que ce que **Unity** ou **Unreal** peuvent offrir à eux seuls.

Dolby Atmos Production Suite (spécialiste)

- **Format** : logiciel de bureau / plugin.
- **Plateforme** : macOS (suite complète) / Windows (renderer uniquement).
- **Configuration matérielle requise** : station de travail standard (exclusivité Mac pour la suite complète ; nécessite une grande stabilité du processeur pour le rendu basé sur les objets).
- **Workflow** : La référence en matière de son immersif cinématographique. Il utilise l'audio basé sur les objets : chaque son (un pas, une sirène lointaine) est traité comme un objet 3D doté de ses propres coordonnées.
- **Coût** : offres groupées pour les institutions disponibles (environ 25 licences). Les licences individuelles coûtent environ 299 \$.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Cette option est incluse car de nombreux appareils mobiles (tablettes et smartphones) utilisent désormais du matériel Dolby Atmos. Le mastering dans ce format garantit qu'un reportage spatial sonne correctement lorsqu'un lecteur le consulte sur son appareil personnel sans casque VR.

1.2.3 Logiciels de reconstruction 3D

Ces outils convertissent les photos et vidéos prises sur le terrain en environnements numériques 3D navigables.

Luma AI (Essential)

- **Format** : application mobile (iOS) et tableau de bord en ligne.
- **Plateforme** : toutes (fonctionne dans un navigateur).
- **Matériel requis** :
 - Tout smartphone pour la capture
 - Basic Station pour le traitement (basé sur le cloud).

- **Flux de travail** : Un journaliste filme une scène avec son téléphone et la télécharge. Luma la traite dans le cloud à l'aide de la technique du « gaussian splatting ».
- **Coût** : Freemium. Gratuit pour une utilisation individuelle limitée ; des formules pro payantes sont disponibles pour un traitement plus rapide et des exportations en haute résolution.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est le moyen le plus simple de publier rapidement une scène 3D interactive sur un site d'actualités.

RealityCapture (Essential)

- **Format** : logiciel de bureau.
- **Plateforme** : PC Windows uniquement.
- **Configuration matérielle requise** : station de travail haut de gamme (un GPU NVIDIA est indispensable pour le moteur de reconstruction).
- **Processus** : Photogrammétrie haute résolution. Il utilise des centaines de photos prises avec un reflex numérique pour créer un modèle 3D « fixe » pouvant être mesuré avec une précision digne de la criminalistique.
- **Coût** : Gratuit pour les étudiants et les enseignants via Epic Games.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Si l'enquête nécessite de prouver la distance entre deux objets ou la hauteur d'un mur, c'est l'outil utilisé pour obtenir des preuves tangibles.

Agisoft Metashape (facultatif)

- **Format** : logiciel de bureau.
- **Plateforme** : Windows, macOS et Linux.
- **Configuration matérielle requise** :
 - **Station de travail standard** (pour les ensembles de données de petite à moyenne taille)
 - **Station de travail haut de gamme** (pour les scans environnementaux à grande échelle).
- **Flux de travail** : Photogrammétrie traditionnelle.
- **Coût** : achat unique (licence perpétuelle).

- **Pourquoi l'utiliser ?** Si votre laboratoire utilise exclusivement des Mac, c'est votre seule option professionnelle pour une reconstruction 3D haute fidélité.

Nerfstudio (en option)

- **Format** : logiciel de bureau (interface en ligne de commande).
- **Plateforme** : Windows/Linux (nécessite des connaissances avancées en programmation).
- **Configuration matérielle requise** : station de travail haut de gamme (nécessite un GPU NVIDIA avec une mémoire VRAM élevée pour l'entraînement des modèles).
- **Workflow** : Reconstruction par IA de pointe.
- **Coût** : Open Source (gratuit).
- **Pourquoi l'utiliser ?** Uniquement pour la recherche de niveau master ou doctorat sur l'avenir de la documentation 3D.

1.2.4 Logiciels de modélisation et d'animation

Alors que la reconstruction 3D capture ce qui existe déjà dans le monde physique, la modélisation nous permet de visualiser ce qui *a été* (reconstruction historique) ou ce qui *pourrait être* (scénarios futurs ou données abstraites). En journalisme, ces outils sont essentiels pour créer des explicatifs là où la caméra ne peut pas aller.

Blender (Indispensable)

- **Format** : logiciel de bureau.
- **Plateforme** : Windows, macOS, Linux.
- **Configuration matérielle requise** :
 - Station de travail standard : indispensable pour la modélisation générale, la mise en page et la création de ressources.
 - Station de travail haut de gamme : requise pour le rendu Cycles complexe, les simulations physiques et la sculpture haute résolution.
- **Flux de travail** : les étudiants l'utilisent pour créer des objets 3D à partir de zéro (par exemple, un modèle spécifique de missile pour une enquête sur un conflit). C'est l'outil principal pour la modélisation low-poly, qui permet de

créer des objets avec moins de surfaces afin qu'ils se chargent instantanément sur les casques mobiles et les navigateurs web.

- **Coût** : Gratuit et open source. Pas de frais d'abonnement ni de licence.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est l'outil le plus polyvalent pour un laboratoire de journalisme. Comme il est gratuit, les étudiants peuvent l'installer sur leurs propres ordinateurs portables sans être soumis aux contraintes des licences universitaires. Il dispose d'une immense bibliothèque de plug-ins gérée par la communauté, spécialement conçue pour importer des données cartographiques du monde réel (SIG).

Autodesk Maya / 3ds Max (spécialiste)

- **Format** : logiciel de bureau.
- **Plateforme** :
 - **Maya** : Windows, macOS, Linux.
 - **3ds Max** : Windows uniquement.
- **Configuration matérielle requise** : Station de travail haut de gamme (nécessite une mémoire vidéo importante pour les performances de rendu).
- **Flux de travail** : pipelines professionnels haut de gamme.
 - **Maya** est la référence dans le secteur pour le gréement et l'animation, permettant de faire bouger les personnages ou les objets de manière naturelle.
 - **3ds Max** est souvent privilégié pour la visualisation architecturale, permettant de reconstruire des bâtiments ou des rues urbaines avec une grande précision géométrique.
- **Coût** : [Gratuit pour les étudiants et les enseignants](#). Les universités doivent souscrire à un « abonnement institutionnel par utilisateur désigné » qui offre jusqu'à 3 000 licences gratuites.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Si le laboratoire a l'intention de produire des séquences narratives haut de gamme (par exemple, une reconstitution cinématographique d'un événement historique), ces outils offrent plus de puissance que **Blender**. Cependant, leur courbe d'apprentissage est beaucoup

plus raide et ils sont généralement réservés aux spécialisations de niveau master.

Adobe Substance 3D (Essential)

- **Format** : suite logicielle de bureau (Painter, Designer, Sampler).
- **Plateforme** : Windows, macOS.
- **Configuration matérielle requise** :
 - **Station de travail standard** (pour la texturation et la conception de base)
 - **Station de travail haut de gamme** (pour la capture 3D, le « baking » haute résolution et le rendu par lancer de rayons).
- **Workflow** : une fois qu'un modèle 3D est créé dans **Blender** ou **Maya**, il est importé dans **Substance Painter**. Les étudiants l'utilisent pour appliquer des textures telles que de la boue, de la rouille, des rayures ou du tissu.
- **Coût** : Inclus dans le forfait **Adobe Creative Cloud** pour l'enseignement supérieur. Les étudiants peuvent également obtenir une licence personnelle gratuite sur présentation d'une pièce d'identité valide.
 - Si votre université a déjà souscrit une licence [Adobe Creative Cloud \(Toutes les applications\)](#) pour ses étudiants ou ses laboratoires multimédias, vous disposez déjà de la suite Substance 3D.
 - Même si votre établissement *ne* dispose *pas* d'une licence pour l'ensemble du site, les étudiants et les enseignants peuvent souvent bénéficier de réductions la première année.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est essentiel pour l'intégrité journalistique. Un modèle 3D parfait ressemble à un jeu vidéo et peut rendre le public sceptique. Substance permet aux journalistes d'ajouter des preuves visuelles (usure), garantissant ainsi qu'une reconstruction numérique d'un véhicule de manifestation ou d'un bâtiment endommagé ressemble exactement à son équivalent dans le monde réel, ce qui permet de conserver la confiance du public.

1.2.5 Outils d'IA pour le journalisme immersif

Au sein de l'Immersive Lab, l'intelligence artificielle sert de passerelle technique. Ces outils sont utilisés pour automatiser des tâches fastidieuses, telles que la transcription, la génération de textures 3D et l'upscaling, permettant ainsi aux journalistes de se concentrer sur la narration et l'exactitude des faits.

OpenAI Whisper (Essentiel)

- **Format** : modèle open source de reconnaissance vocale.
- **Plateforme** : Web (via API) ou ordinateur de bureau (via des applications comme *MacWhisper*).
- **Configuration matérielle requise** :
 - **Station de base** (Cloud/API)
 - **Station de travail haut de gamme** (si vous exécutez le modèle « Large » localement pour des raisons de confidentialité des données).
- **Processus** : les journalistes importent dans Whisper les enregistrements audio bruts issus d'entretiens ou de prises de son sur le terrain. L'outil génère des transcriptions et des traductions hautement précises, horodatées.
- **Coût** : Gratuit (open source) ou quelques centimes par heure via l'API.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Des sous-titres spatiaux précis. En réalité virtuelle, les sous-titres doivent être ancrés à la personne qui parle dans l'espace 3D. Whisper fournit les horodatages précis nécessaires pour synchroniser le texte avec l'audio et les visuels 3D dans plus de 90 langues.

ElevenLabs (Essentiel)

- **Format** : plateforme vocale basée sur l'IA générative.
- **Plateforme** : navigateur web.
- **Matériel requis** : **Basic Station** (basée sur le Web).
- **Flux de travail** : Utilisé pour créer une narration haute fidélité ou pour doubler une histoire dans une autre langue. Un étudiant peut télécharger un script, et **ElevenLabs** génère une voix off avec des émotions et un rythme semblables à ceux d'un humain.
- **Coût** : [Freemium](#) (gratuit pour les petits projets ; formules payantes pour un usage commercial ou un nombre de caractères plus élevé).

- **Pourquoi l'utiliser ?** Prototypage rapide et doublage. La narration d'une œuvre XR interactive nécessite des modifications constantes du script. ElevenLabs permet aux étudiants de mettre à jour les voix off instantanément sans avoir à réserver à nouveau un studio d'enregistrement. C'est également l'outil principal pour rendre les documentaires immersifs accessibles à un public non anglophone.

Descript (Essentiel)

- **Format :** éditeur tout-en-un basé sur du texte (audio et vidéo).
- **Plateforme :** Windows, macOS et navigateur Web.
- **Configuration matérielle requise : poste de travail standard** (la mise en cache vidéo locale et l'assemblage narratif nécessitent au moins 16 Go de RAM). L'outil s'appuie fortement sur le traitement en cloud et l', une connexion Internet stable et haut débit est donc plus importante qu'une carte graphique haut de gamme.
- **Flux de travail :** les journalistes téléchargent leurs interviews brutes ou leurs voix off. Descript les transcrit automatiquement. Pour modifier l'audio, l'étudiant n'a qu'à supprimer ou déplacer du texte dans la transcription ; le fichier audio/vidéo est instantanément découpé en conséquence.
- **Coût : [une réduction pour l'éducation et les organisations à but non lucratif est disponible](#).** * Les étudiants peuvent souscrire individuellement à un forfait EDU (généralement entre 5 et **12 \$ par mois** et par utilisateur).
 - Pour les établissements, Descript propose **des licences éducatives groupées** qui peuvent être gérées par le service informatique pour un accès à l'échelle du laboratoire.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Cela réduit considérablement le temps de montage. Pour les étudiants qui ne sont pas des ingénieurs du son professionnels, des fonctionnalités telles que **Studio Sound** (qui utilise l'IA pour donner à un enregistrement téléphonique la qualité d'un enregistrement réalisé dans un studio professionnel) et **Filler Word Removal** (qui supprime instantanément tous les « euh » et « hum ») changent la donne.

Qu'est-ce que cela signifie pour l'établissement ?

- **Le pont « Rough Cut »** : c'est sur Descript que le « script » de l'histoire est finalisé. Une fois le récit parfait, l'étudiant exporte l'audio/vidéo propre vers **Reaper** (pour la spatialisation 3D) ou **Unity** (pour l'intégrer dans une scène 3D).
- **Enseignement collaboratif** : comme il s'agit d'un outil basé sur le cloud, les professeurs peuvent laisser des « commentaires » directement sur la transcription d'un étudiant à un moment précis, ce qui rend les retours à distance beaucoup plus précis.
- **Remarque sur les contraintes** : il est important d'enseigner aux étudiants que Descript est destiné au travail narratif **stéréo**. Il ne peut actuellement pas « spatialiser » l'audio pour la réalité virtuelle à 360 degrés (cela nécessite toujours **Reaper**). C'est l'outil pour *la clarté du contenu*, tandis que Reaper est l'outil pour *l'immersion spatiale*.

Synthesia (Essentiel)

- **Format** : Générateur de vidéo basé sur l'IA dans le cloud.
- **Plateforme** : navigateur web (optimisé pour Chrome).
- **Configuration matérielle requise** : **Basic Station** (basée sur le Web).
- **Déroulement** : les journalistes saisissent un script sur la plateforme, sélectionnent un « avatar IA » (un personnage numérique photoréaliste) et choisissent une voix. L'IA génère alors une vidéo dans laquelle l'avatar prononce le script avec une synchronisation labiale parfaite.
- **Coût** : [licences d'entreprise payantes disponibles](#) (les forfaits Standard commencent entre 18 et **30 dollars par mois** ; des licences « Enterprise » institutionnelles sont disponibles pour un déploiement à l'échelle de l'université).
- **Pourquoi l'utiliser ?** Si la reconstruction 3D d'une zone de conflit est informative, elle peut paraître froide ou vide. Synthesia permet à un étudiant

de créer un « correspondant numérique » qui se tient au sein de l'environnement immersif pour guider le spectateur, donnant un visage humain aux données sans avoir besoin d'un studio physique ou d'une équipe de tournage.

Runway (Spécialiste)

- **Format** : Suite créative IA basée sur le cloud (Gen-3 Alpha / Gen-4).
- **Plateforme** : navigateur Web et application iOS.
- **Matériel requis** : **Station de base** (basée sur le Web).
- **Flux de travail** : Utilisé pour les « **B-Rolls visuels** ». Si un journaliste reconstitue un événement historique des années 1920, il peut utiliser l'outil « Image-to-Video » de Runway pour animer une seule photo d'archive, la transformant en un clip animé de 5 secondes représentant une scène de rue qui « donne l'impression » d'être une véritable séquence filmée.
- **Coût** : [Freemium](#). (Gratuit pour les tests de base ; **12 à 15 \$/mois** pour une licence Standard qui supprime les filigranes).
- **Pourquoi l'utiliser ? Comblent les lacunes visuelles**. Dans les récits immersifs, les « trous noirs » (zones où il n'existe aucune preuve visuelle) brisent l'immersion de l'utilisateur. Runway permet aux étudiants de générer des séquences d'« ambiance » au style cohérent (telles que de la fumée, des effets météorologiques ou des mouvements de foule génériques) afin de combler ces lacunes de manière éthique tout en conservant un style visuel distinct qui le différencie des preuves réelles.

Éthique journalistique et le label « synthétique »

Comme ces outils créent des visuels à partir de zéro, le laboratoire doit appliquer **des normes strictes d'étiquetage** :

1. **Filigane** : toute vidéo générée avec Synthesia ou Runway doit être clairement marquée d'un filigrane ou accompagnée de la mention « *Simulation générée par IA* » afin d'éviter d'induire le public en erreur.
2. **Transparence des avatars** : lors de l'utilisation de Synthesia, il convient

d'indiquer clairement que le « présentateur » est un avatar IA et non un véritable journaliste, généralement au moyen d'une mention limitative introductive.

3. **Intégrité des sources** : Runway doit être utilisé pour *interpréter* des preuves existantes (par exemple, en animant une photo réelle) plutôt que *pour inventer* de fausses preuves (par exemple, en générant une fausse vidéo de « témoin »).

Qu'est-ce que cela signifie pour l'établissement ?

- **Faible barrière matérielle** : ce sont les outils les plus accessibles du laboratoire. Comme ils sont basés sur le cloud, un étudiant peut travailler sur un Chromebook à 300 \$ et obtenir les mêmes résultats que quelqu'un disposant d'une station de travail à 4 000 \$.
- **Budgétisation par crédits** : contrairement à Adobe (forfait), ces outils utilisent souvent un « **système de crédits** » (par exemple, 10 minutes de vidéo par mois). L'établissement devrait se pencher sur les formules « Entreprise » pour s'assurer que les étudiants ne se retrouvent pas à court de crédits en milieu de semestre pendant leurs projets de fin d'études.
- **Sécurité institutionnelle** : les plateformes sont conformes à la norme SOC2, ce qui signifie qu'elles répondent à des normes élevées en matière de protection des données, une exigence clé pour les services informatiques des universités.

Topaz Video AI (Essential)

- **Format** : logiciel d'amélioration de la qualité vidéo sur ordinateur de bureau.
- **Plateforme** : Windows, macOS.
- **Configuration matérielle requise** : **station de travail haut de gamme** (carte graphique NVIDIA et 4 Go+ de VRAM obligatoires pour l'upscaling).

- **Workflow** : les journalistes utilisent des images d'archives en basse résolution (par exemple, des extraits d'actualités des années 1990) et utilisent Topaz pour les upscaler en 4K ou 8K.
- **Coût** : [payant \(environ 299 \\$ pour un achat unique\). Des remises sur les packs entreprise sont disponibles.](#)
- **Pourquoi l'utiliser ?** Pour harmoniser les résolutions. Lorsque l'on intègre d'anciennes séquences d'archives 2D dans une reconstitution 3D haute résolution, le contraste de qualité peut être gênant et nuire à l'immersion. Topaz comble les pixels manquants, rendant les documents historiques suffisamment nets pour les casques de réalité virtuelle.

Skybox AI de Blockade Labs (Spécialiste)

- **Format** : Générateur d'images génératives à 360°.
- **Plateforme** : navigateur web.
- **Configuration matérielle requise** : **Station de base** (basée sur le Web).
- **Workflow** : Le journaliste saisit une invite textuelle (par exemple, « Une vue panoramique à 360° d'une place urbaine futuriste et intelligente au crépuscule »). L'IA génère une **image équirectangulaire 8K** sans couture.
- **Coût** : [payant](#)
- **Pourquoi l'utiliser ? Arrière-plans/Skyboxes.** Au lieu de modéliser en 3D chaque montagne lointaine ou chaque ligne d'horizon urbaine (ce qui est fastidieux), les étudiants utilisent Skybox AI pour créer l'« horizon » de leur scène. Cela leur permet de consacrer leur temps de modélisation 3D aux éléments journalistiques essentiels situés au premier plan.

Stable Diffusion (Spécialiste)

- **Format** : Générateur d'images/textures open source.
- **Plateforme** : Windows (via *Automatic1111* ou *Forge*), Linux. [Également disponible en ligne.](#)
- **Configuration matérielle requise** : **station de travail haut de gamme** (nécessite un **GPU NVIDIA** local avec au moins 8 Go de VRAM pour une génération locale fiable).

- **Flux de travail** : s'exécute localement sur le matériel du laboratoire pour générer ou réparer des textures 3D.
- **Coût** : En ligne : [freemium](#). Hors ligne : gratuit.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Souveraineté des données. Pour les enquêtes sensibles où les données ne peuvent pas être téléchargées sur un cloud (comme Runway ou Luma), Stable Diffusion permet au laboratoire de traiter les images entièrement hors ligne.

Hugging Face (Essentiel)

- **Format** : Hub de modèles open source.
- **Plateforme** : navigateur Web (huggingface.co).
- **Matériel requis** :
 - **Station de base** (navigation/cloud)
 - **Station de travail haut de gamme** (exécution de modèles locaux).
- **Flux de travail** : un référentiel central où les étudiants trouvent des outils d'IA spécialisés (par exemple, des détecteurs de deepfakes ou des analyseurs d'images satellites).
- **Coût** : Gratuit.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il donne accès à une vaste bibliothèque d'outils gratuits et spécialisés pour le journalisme d'investigation, garantissant ainsi que le laboratoire ne dépend pas d'abonnements propriétaires coûteux.

Remarque sur l'éthique : tout contenu généré par l'IA doit être marqué d'un filigrane ou signalé au sein de l'expérience afin de préserver l'intégrité journalistique.

La « ligne rouge » pour l'institution

Pour préserver l'intégrité journalistique, le laboratoire doit établir une politique claire : **l'IA sert à « améliorer » et à « faciliter l'accès », et non à « inventer ».**

- **Autorisé** : améliorer la qualité d'une vidéo floue d'un événement réel (Topaz) ; traduire les propos réels d'un témoin (Whisper) ; créer un arrière-plan abstrait pour une visualisation de données (Skybox AI).
- **Non autorisé** : générer le visage d'un faux témoin ou recréer un événement historique à l'aide de visuels générés purement par l'IA sans s'appuyer sur une reconstruction 3D factuelle.

1.2.6 Outils de visualisation des données

Cette section traite de la conversion d'ensembles de données abstraits en environnements 3D navigables. Le flux de travail passe d'une visualisation 2D statique à la création de paysages de données 3D. Cela permet la spatialisation de données complexes, telles que les tendances économiques ou les indicateurs climatiques, permettant aux utilisateurs de parcourir une représentation physique de l'ensemble de données afin de mieux percevoir l'échelle, la densité et les valeurs aberrantes au sein d'un espace virtuel.

Tableau (Essentiel)

- **Format** : Suite de visualisation et d'analyse de données.
- **Plateforme** : Windows, macOS, Web.
- **Configuration matérielle requise** : poste de travail standard.
- **Flux de travail** : les données sont importées et analysées normalement. Pour passer en XR, les étudiants utilisent l'extension « Immersion Analytics », qui mappe les points de données dans un système de coordonnées 3D (x, y, z). Cela permet de visualiser le tableau de bord dans des casques AR/VR tels que le Meta Quest ou l'Apple Vision Pro.
- **Coût** : Gratuit pour [les étudiants/enseignants](#) (programme Tableau for Teaching).
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est la norme industrielle pour le traitement d'ensembles de données volumineux. Sa bibliothèque d'extensions permet de « spatialiser » un tableau de bord sans écrire de code personnalisé.

Flourish (Essentiel)

- **Format** : outil de narration de données en ligne.
- **Plateforme** : **Basic Station (basée sur le Web)**.
- **Matériel requis** : tout appareil disposant d'une connexion Internet.
- **Flux de travail** : les journalistes téléchargent des fichiers CSV/Excel dans des modèles tels que 3D Maps ou 3D Earth. Ces modèles transforment les points

de données en pics 3D ou en cartes thermiques que les utilisateurs peuvent faire pivoter et zoomer sur un téléphone mobile ou une tablette.

- **Coût** : [Gratuit pour les rédactions \(via le partenariat avec Google News Lab\)](#).
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est l'outil le plus accessible pour le scrollytelling. Il crée des expériences immersives avec les données qui fonctionnent sur des smartphones standard, garantissant ainsi qu'un reportage touche un large public, au-delà de ceux qui possèdent un casque de réalité virtuelle.

Google Analytics (Indispensable)

- **Format** : plateforme d'analyse Web et d'informations sur l'audience.
- **Plateforme** : **Basic Station (basée sur le Web)**.
- **Matériel requis** : poste de travail standard avec accès à Internet ; faible consommation de ressources.
- **Flux de travail** : intégration de scripts de suivi dans les productions de journalisme numérique (WebXR, Sketchfab ou CMS). Les données sont collectées pour mesurer l'audience, le temps passé sur le site et l'engagement. Pour des rapports avancés, les données peuvent être exportées vers **Looker Studio** ou **Microsoft Power BI** pour une visualisation multi-sources.
- **Coût** : Gratuit (licence GA4 standard).
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il s'agit de la norme mondiale pour mesurer l'« impact » des reportages numériques. Elle permet aux étudiants de passer de la simple publication de contenu à la compréhension du comportement de l'audience : une compétence essentielle dans les salles de rédaction modernes.

Remarque de l'expert : Microsoft Power BI : Si Google Analytics fournit les données brutes d'audience, **Power BI** est recommandé comme **alternative spécialisée** pour le journalisme de données avancé. Il est particulièrement efficace pour les institutions déjà intégrées à l'écosystème Microsoft.

Note de l'expert : Sigma Computing > Workflow : une alternative cloud native à Power BI qui utilise une interface familière de type tableur. Elle permet aux journalistes d'analyser des millions de lignes de données à l'aide de formules Excel standard sans avoir besoin d'apprendre le SQL ou le DAX. **Pourquoi l'utiliser ?** C'est l'outil idéal pour les enquêtes collaboratives. Plusieurs journalistes peuvent travailler simultanément sur le même « classeur », ce qui en fait l'outil le plus efficace pour le reporting de données en équipe.

Outil d'accompagnement pour la gestion de la relation client (CRM) et l'engagement : HubSpot (Essentiel)

- **Format** : Gestion de la relation client (CRM) et automatisation du marketing.
- **Plateforme** : Basée sur le cloud (accès via navigateur).
- **Configuration matérielle requise** : poste de travail standard ; connexion Internet requise.
- **Flux de travail** : s'intègre directement à GA4 via l'« identifiant de mesure » pour relier le trafic du site web à des identités d'utilisateurs spécifiques. Il est utilisé pour créer des formulaires d'inscription, des newsletters et des outils de capture de prospects pour les reportages numériques. Tandis que GA4 suit ce qui se passe, HubSpot identifie *qui* interagit, permettant à la rédaction de construire une communauté d'abonnés permanente et fidèle.
- **Coût** : niveau gratuit disponible (CRM et e-mail de base) ; les niveaux professionnels varient selon les institutions.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Cet outil permet au laboratoire de passer d'une publication « ponctuelle » à un « journalisme durable ». En collectant des données de première main (adresses e-mail/préférences), les étudiants apprennent à gérer un public sur le long terme : une compétence essentielle pour les médias indépendants modernes et la diffusion de projets financés par l'UE.

Python (spécialisé)

- **Format** : Langage de programmation pour la science des données.
- **Plateforme** : Windows, macOS, Linux.
- **Configuration matérielle requise** :
 - **Station de travail standard (scripting général)**
 - **Station de travail haut de gamme (flux de travail de conversion de données en 3D et apprentissage en IA).**
- **Workflow** : À l'aide de bibliothèques telles que Pandas (pour le nettoyage) et pygltflib ou PyVista (pour la génération 3D), les étudiants écrivent des scripts qui transforment les données brutes en un fichier d'objet 3D (.glb). Ce fichier

est ensuite importé dans Unity ou A-Frame pour s'intégrer à une histoire immersive plus vaste.

- **Coût** : Gratuit et open source.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Cela permet de créer des environnements de données entièrement personnalisés et d'une précision scientifique que les modèles commerciaux ne peuvent pas reproduire. Les outils prêts à l'emploi se limitent à des modèles prédéfinis. Python permet aux journalistes de créer des modèles 3D scientifiques à partir de données, tels qu'une reconstruction 3D des contraintes structurelles d'un bâtiment ou une carte de terrain complexe, qui sont techniquement précis au millimètre près.

1.2.7 Plateformes de collaboration et de gestion des flux de travail

Cette section traite de la gestion d'équipes interdisciplinaires (journalistes, développeurs et designers) et de la gestion des versions de fichiers de projets 3D complexes. Une planification efficace du flux de travail garantit que les objectifs narratifs restent alignés sur le développement technique tout au long du cycle de production.

GitHub (Indispensable)

- **Format** : plateforme de contrôle de version et d'hébergement de code.
- **Plateforme** : application web et de bureau (Windows/macOS).
- **Configuration matérielle requise** :
 - **Station de base** (Cloud)
 - **Station de travail standard** (pour la gestion de grands référentiels immersifs LFS).
- **Flux de travail** : Principalement utilisé pour les projets **Unity** ou **WebXR**. À mesure que les étudiants écrivent du code ou modifient les paramètres du projet, ils valident ces modifications sur GitHub. Cela permet à plusieurs personnes de travailler sur la même scène 3D sans écraser le travail des autres et offre une sécurité permettant de revenir à des versions précédentes si un projet rencontre des problèmes.
- **Coût** : [Gratuit pour les étudiants](#) (via le GitHub Student Developer Pack).
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est la norme mondiale en matière de développement logiciel. Pour un laboratoire de journalisme, il sert d'archive pour toutes les ressources techniques, garantissant que les projets pourront être maintenus ou mis à jour par les futures promotions d'étudiants.

Miro (Indispensable)

- **Format** : Tableau blanc collaboratif en ligne.
- **Plateforme** : navigateur web et application pour tablette.

- **Matériel requis : Station de base** (basée sur le Web) ; très efficace sur les écrans tactiles/tablettes.
- **Flux de travail** : Utilisé en phase de préproduction. Les équipes s'en servent pour cartographier les parcours des utilisateurs (par exemple, où le lecteur se rend-il en premier dans la scène VR ?) et pour créer des storyboards spatiaux illustrant la relation entre le texte en 2D et l'espace en 3D.
- **Coût** : [Gratuit pour l'éducation](#) (les étudiants et enseignants vérifiés bénéficient du forfait Éducation avec un nombre illimité de tableaux).
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il comble le fossé entre les journalistes traditionnels et les concepteurs techniques. Il offre un espace visuel où chacun peut réfléchir à la structure d'un récit immersif avant même qu'un seul modèle 3D ne soit construit.

Notion (Spécialiste)

- **Format** : Espace de travail et wiki tout-en-un.
- **Plateforme** : Web, ordinateur de bureau (Windows/macOS) et mobile.
- **Configuration matérielle requise** : **Basic Station** (basé sur le Web/une application).
- **Workflow** : Les équipes l'utilisent pour stocker les transcriptions d'entretiens, les liens de recherche, les directives éthiques et les guides techniques d'utilisation des équipements spécifiques du laboratoire.
- **Coût** : [Formule Pro personnelle gratuite pour les étudiants](#) (avec une adresse e-mail universitaire).
- **Pourquoi l'utiliser ?** Il est très efficace pour la documentation de projets. Les projets immersifs impliquent de nombreux éléments (fichiers audio, modèles 3D, sources de données) ; Notion permet de garder tous ces éléments disparates organisés en un seul emplacement consultable.

Trello (facultatif)

- **Format** : application de gestion de projet de type Kanban.
- **Plateforme** : Web, mobile, ordinateur de bureau.
- **Matériel requis** : **Basic Station** (basée sur le Web).

- **Flux de travail** : un tableau visuel où les tâches (par exemple, enregistrer un entretien, créer un modèle, tester une version VR) sont déplacées de « À faire » à « En cours » puis à « Terminé ».
- **Coût** : [Freemium](#) (gratuit pour les équipes comptant jusqu'à dix personnes).
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est l'outil le plus simple pour respecter le calendrier de production. Bien que Notion permette également de suivre les tâches, le système de cartes de Trello est souvent plus intuitif pour les étudiants, qui peuvent ainsi voir d'un seul coup d'œil l'état actuel d'un projet.

Remarque de l'expert : **Slack** et **Asana** pour les campagnes marketing sont très complexes ou impliquent plusieurs partenaires. **Asana** peut être utilisé comme une alternative plus robuste à Trello pour un suivi détaillé des étapes clés. De plus, **Slack** est recommandé pour la communication en temps réel au sein de l'équipe et le partage de fichiers afin de réduire les frictions liées aux e-mails internes. Les deux s'intègrent nativement à Trello et Notion pour créer un écosystème de newsroom unifié.

1.2.8 Identité visuelle et conception UI/UX

Figma (Indispensable)

- **Format** : outil de conception d'interface et de prototypage.
- **Plateforme** : Web.
- **Configuration matérielle requise** : **Station de base**
- **Processus de travail** : les journalistes utilisent Figma pour concevoir les superpositions d'un reportage immersif, telles que les menus, les boutons et les légendes qui apparaissent par-dessus une scène en 3D. Ces créations peuvent ensuite être exportées directement vers **Unity** ou **A-Frame**.
- **Coût** : [Gratuit pour l'enseignement](#) (les étudiants et enseignants vérifiés bénéficient gratuitement du forfait Professionnel).

Pourquoi l'utiliser ? Cela évite les « erreurs de conception ». En créant d'abord un prototype de l'interface dans Figma, les étudiants peuvent tester la lisibilité de leur texte et l'intuitivité de leurs boutons avant de se lancer dans le processus chronophage du développement 3D.

Canva (Essentiel)

- **Format** : plateforme de conception graphique en ligne.
- **Plateforme** : navigateur **de base** (Windows/macOS/Linux).
- **Configuration matérielle requise** : **Basic Station**
- **Workflow** : Utilisé pour la création rapide de « ressources de diffusion » : entêtes pour les réseaux sociaux, présentations de projets et affiches numériques. Il permet aux non-designers du module marketing de produire une identité visuelle de qualité professionnelle pour leurs projets journalistiques.
- **Coût** : [Gratuit pour l'éducation](#) (les étudiants et enseignants vérifiés bénéficient gratuitement du forfait Professionnel).

Pourquoi l'utiliser ? C'est l'outil le plus efficace pour la « promotion de récits ». Il garantit que les résultats des laboratoires de haute technologie (comme la réalité virtuelle ou l'audio spatial) s'accompagnent d'un marketing visuel de haute qualité afin de toucher un public plus large.

1.2.9 Optimisation des performances

Dans le journalisme immersif, l'optimisation est une condition préalable à la fois à l'accessibilité et à la sécurité des utilisateurs. Les reconstructions 3D haute fidélité dépassent souvent les limites de traitement des casques de réalité virtuelle mobiles ou des smartphones standard. L'incapacité à maintenir une fréquence d'images constante (généralement 72 à 90 images par seconde pour la réalité virtuelle) peut entraîner des saccades, ce qui provoque un mal des transports physique et brise l'expérience narrative. Ces techniques permettent aux reportages complexes de rester performants sur du matériel grand public.

Technique	Flux de travail	Pourquoi l'utiliser ?
-----------	-----------------	-----------------------

Systèmes LOD	Remplace les modèles haute résolution par des versions basse résolution en fonction de la distance de l'utilisateur.	Empêche les GPU de planter dans les environnements à grande échelle (par exemple, les quartiers urbains).
Instanciati on GPU	Le GPU « répète » un calcul géométrique pour des centaines d'objets identiques.	Réduit considérablement les « appels de dessin », principal goulot d'étranglement de la réalité virtuelle mobile.
Streaming de textures	Ne charge les textures haute résolution que lorsqu'elles se trouvent dans le champ de vision immédiat de l'utilisateur.	Économise la mémoire vidéo (VRAM) et évite les plantages sur les appareils de milieu de gamme.
Culling d'occlusion	Désactive le rendu des objets cachés derrière d'autres objets (par exemple, des murs).	Le moyen le plus efficace de réduire la charge de travail du GPU et de maintenir la fréquence d'images.
Light Baking	Les ombres sont « peintes » sur les textures pendant la production plutôt que calculées en temps réel.	Permet aux casques mobiles d'afficher un éclairage photoréaliste sans le coût de traitement.

Décompression de maillage	Simplifie les scans 3D complexes (photogrammétrie) pour réduire le nombre de polygones.	Réduit la taille des fichiers afin que les contenus puissent être diffusés en ligne ou via WebXR.
Texturation par atlas	Regroupe plusieurs petites textures en un seul fichier image « Atlas » de grande taille.	Réduit le nombre de fois où l'ordinateur doit rechercher des fichiers, ce qui accélère l'expérience.
Rendu fovéal	Utilise le suivi du regard pour ne rendre en haute définition que le point de focalisation de l'utilisateur.	(Spécialiste) Offre un gain de performances considérable pour les scènes hyperréalistes.

1.2.10 Post-production et assemblage à 360°

Ces outils permettent de convertir des séquences brutes et déformées « double fisheye » en un format sphérique utilisable ou en une vidéo « plate » standard pour les réseaux sociaux.

Insta360 Studio (Essentiel)

- **Format** : logiciel de bureau.
- **Configuration matérielle requise** : poste de travail standard.
- **Flux de travail** : le « Stitcher » propriétaire. Il prend les deux fichiers vidéo distincts provenant des objectifs X3/X4 et les fusionne en une seule sphère à 360° homogène. Il applique également la stabilisation « FlowState » pour éliminer les tremblements de caméra.

- **Pourquoi l'utiliser ?** Vous ne pouvez pas éditer des fichiers 360° bruts dans un logiciel vidéo standard sans les traiter ici au préalable. C'est la première étape obligatoire pour tout reportage sur le terrain en 360°.
- **Coût :** Gratuit (propriétaire du matériel Insta360).

Adobe Premiere Pro et plugin GoPro FX (indispensable)

- **Format :** logiciel de bureau + plugin.
- **Configuration matérielle requise :** poste de travail standard (nécessite une mémoire vidéo élevée pour la lecture en 8K).
- **Workflow :** « L'assembleur ». Tandis que Premiere gère la timeline, le **plugin GoPro FX Reframe** permet aux étudiants de « filmer a posteriori ». Ils peuvent effectuer des panoramiques, des inclinaisons et des zooms au sein de la sphère à 360° pour créer une vidéo traditionnelle au format 16:9 avec des mouvements de caméra impossibles à réaliser.
- **Pourquoi l'utiliser ?** La plupart des consommateurs d'actualités regardent encore des vidéos « à plat ». Ce flux de travail permet à un seul reporter de tout capturer, puis de « diriger » la caméra en post-production pour suivre parfaitement l'action.
- **Coût :** Inclus dans [Adobe Creative Cloud \(licence institutionnelle\)](#). Le plugin est gratuit.

Mistika VR (spécialiste)

- **Format :** logiciel de bureau.
- **Configuration matérielle requise :** station de travail haut de gamme.
- **Workflow :** Assemblage avancé pour les équipements professionnels (Insta360 Titan/Pro 2). Il utilise la technologie de flux optique pour corriger les lignes d'assemblage lorsque les objets sont trop proches de la caméra.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Utilisez cet outil pour les projets de réalité virtuelle haute fidélité où l'assemblage automatique d'Insta360 Studio n'est pas assez net pour une exposition professionnelle.
- **Coût :** [Abonnement](#) (50 à 70 € par mois ou [offres groupées pour l'enseignement](#)).

Insta360 Stitcher (Spécialiste)

- **Format** : logiciel de bureau (hautes performances).
- **Plateforme** : Windows, macOS.
- **Configuration matérielle requise** : **station de travail haut de gamme (indispensable)**. Comme il traite simultanément 8 à 11 flux vidéo 4K/8K pour créer un seul fichier 11K, il nécessite un maximum de mémoire vidéo (VRAM) et de threads CPU.
- **Flux de travail** : Utilisé exclusivement pour [l'Insta360 TITAN](#) et [Pro 2](#). Il effectue l'« assemblage » initial des fichiers RAW à haut débit binaire. Contrairement à la version « Studio », il permet un calibrage de l'exposition par objectif et des ajustements du flux optique pour garantir une qualité cinématographique optimale.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est le seul moyen d'obtenir la résolution 11K requise pour les casques haute fidélité tels que le [Varjo XR-4](#).
- **Coût** : Gratuit (propriétaire du matériel de niveau Pro).

1.2.11 Traitement d'image spécialisé et montage de visites virtuelles

Adobe Lightroom (Essential)

- **Format** : logiciel de bureau / application mobile.
- **Matériel requis** : poste de travail standard.
- **Flux de travail** : la « **chambre noire numérique** ». Utilisé pour traiter les fichiers « RAW » (.DNG) provenant du Ricoh Theta Z1. Les journalistes s'en servent pour fusionner plusieurs expositions en une seule image à **grande gamme dynamique (HDR)**, garantissant ainsi que les fenêtres lumineuses et les ombres sombres soient toutes deux visibles dans une scène à 360°.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Les caméras à 360° ont souvent des difficultés avec l'éclairage. Lightroom est la norme du secteur pour garantir la « clarté journalistique » et la précision des couleurs avant que l'image ne soit utilisée dans une visite virtuelle ou un modèle 3D.
- **Coût** : inclus dans Adobe Creative Cloud ([formule Enseignement supérieur](#)).

Matterport (Essential)

- **Format** : Plateforme Web / Application mobile.
- **Matériel requis** : Aucun (traitement basé sur le cloud).
- **Workflow** : Le « **Virtual Tour Builder** ». Les étudiants téléchargent des photos à 360° (prises avec le Ricoh Z1) sur Matterport, qui utilise l'IA pour les « assembler » en un jumeau numérique 3D navigable.
- **Pourquoi l'utiliser ?** C'est la norme pour l'« immobilier spatial » et le journalisme d'investigation (par exemple, pour documenter l'intérieur d'une scène de crime). Il permet aux lecteurs de « se promener » dans un lieu sur un smartphone ou un casque, sans aucune connaissance en codage requise.
- **Coût** : Formule « [gratuite](#) » pour 1 espace actif ; les formules « Starter » professionnelles destinées aux départements universitaires permettent de gérer plusieurs « espaces » actifs.

1.2.12 Recherche et analyse qualitative

NVivo (Essentiel)

- **Format** : logiciel d'analyse qualitative assistée par ordinateur (CAQDAS).
- **Plateforme** : Windows et macOS (installation sur ordinateur de bureau).
- **Configuration matérielle requise** : poste de travail standard ; nécessite un processeur de puissance moyenne pour traiter des bases de données volumineuses de texte ou de médias.
- **Flux de travail** : Utilisé pour organiser et analyser des données non numériques telles que des transcriptions d'entretiens, des enregistrements de groupes de discussion, des commentaires sur les réseaux sociaux ou des documents d'archives. Les étudiants « codent » des thèmes au sein des données afin d'identifier des schémas, des sentiments et des récits récurrents pour le journalisme d'investigation.
- **Coût** : payant ([remises importantes pour les établissements d'enseignement disponibles](#)).

- **Pourquoi l'utiliser ?** Indispensable pour le **journalisme d'investigation approfondi** et la rigueur académique. Il permet aux étudiants d'aller au-delà des preuves anecdotiques pour aboutir à une narration structurée et « fondée sur des preuves ». **Remarque de l'expert :** [ATLAS.ti](#) est une alternative solide à NVivo, offrant des fonctionnalités similaires pour l'analyse qualitative. Il est particulièrement apprécié pour sa « cartographie » visuelle intuitive des thèmes et est souvent préféré par les chercheurs qui privilégient une représentation plus graphique des relations entre les données.

1.3 Plateformes de distribution et de publication

Cette section définit les résultats du laboratoire. Chaque projet doit être optimisé pour l'un de ces trois principaux canaux de distribution.

1.3.1 WebXR (Essentiel)

Il est utilisé pour transformer des modèles 3D et des données spatiales en liens interactifs que tout le monde peut ouvrir dans un navigateur mobile ou de bureau.

- **Type** : Publication Web immersive à haute accessibilité.
- **Matériel requis** : poste de travail standard.
- **Workflow** : un journaliste termine une scène dans un framework tel que **A-Frame** ou **Unity**. Il utilise ensuite une **station de travail standard** pour optimiser les ressources (en réduisant le nombre de polygones) et télécharge le code sur un serveur web. Le public n'a qu'à cliquer sur une URL pour accéder au reportage.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Pour supprimer la barrière des applications. En journalisme, la rapidité et l'accessibilité sont essentielles ; WebXR garantit que le public peut consulter le reportage instantanément sans télécharger de logiciel externe.

1.3.2 Sketchfab (Essentiel)

Il sert à héberger des objets 3D individuels, tels qu'une arme numérisée, un fragment de preuve médico-légale ou un artefact culturel, que le public peut faire pivoter et examiner.

- **Type** : hébergement et annotation de ressources 3D basées sur des objets.
- **Matériel requis** : poste de travail standard (pour le téléchargement/l'optimisation).
- **Déroulement** : une fois qu'un modèle 3D a été créé sur une **station de travail haut de gamme** (à l'aide de la photogrammétrie), il est téléchargé sur Sketchfab. Le journaliste ajoute ensuite des annotations (des repères textuels cliquables) qui expliquent des détails spécifiques ou des éléments probants sur le modèle 3D.

- **Prix :** [offres éducatives disponibles](#)
- **Pourquoi l'utiliser ?** Pour une transparence maximale. Cela permet au lecteur de jouer le rôle d'un analyste médico-légal, en inspectant personnellement les éléments de preuve en 3D pour vérifier les affirmations du journaliste.

1.3.3 [Réalité virtuelle sociale / VRChat](#) (spécialiste)

Il est utilisé pour l'engagement communautaire, où les journalistes organisent des visites guidées en direct d'un environnement virtuel ou tiennent des conférences de presse interactives.

- **Type :** Présence collaborative multi-utilisateurs.
- **Matériel requis :** station de travail haut de gamme (pour compiler et tester des mondes sociaux complexes).
- **Flux de travail :** L'univers est conçu dans **Unity** sur une **station de travail haut de gamme** afin de garantir qu'il puisse prendre en charge plusieurs utilisateurs (avatars) simultanément. Une fois publié, le journaliste utilise une **station de travail standard** (ou un casque de réalité virtuelle) pour modérer l'événement en direct au sein de l'espace virtuel.
- **Pourquoi l'utiliser ?** Pour favoriser le partage d'expériences. Cela permet au public non seulement de voir un reportage, mais aussi d'en discuter ensemble *au sein* de l'environnement, créant ainsi un sentiment de communauté autour d'une enquête.

1.3.4 Boutiques d'applications natives (spécialisées)

Réservées aux documentaires immersifs de prestige et de longue durée. Il s'agit des équivalents en RV d'un long métrage ou d'un reportage d'investigation.

- **Type :** application autonome haute fidélité.
- **Configuration matérielle requise :** station de travail haut de gamme.
- **Workflow :** comme ces applications nécessitent une installation locale complète et des textures haute résolution, l'ensemble du processus de développement, de packaging et de compilation doit se dérouler sur une **station de travail haut de gamme** afin d'éviter les plantages.

- **Pourquoi l'utiliser ?** Pour une immersion totale. Elle offre la meilleure fidélité visuelle et sonore possible, ce qui en fait le choix idéal pour les récits profondément émouvants ou complexes qui requièrent l'attention totale de l'utilisateur pendant plus de 20 minutes.

2. Compétences requises

2.1 Compétences du corps enseignant

Les enseignants font le lien entre le fonctionnement et l'importance de la discipline. Ils n'ont pas besoin d'être des développeurs, mais ils doivent posséder **des compétences en matière d'espace**.

2.1.1 Fondements du journalisme immersif (indispensables)

- **Prise de décision éthique** : capacité à aider les étudiants à gérer les dilemmes propres à l'immersion (par exemple, à partir de quand une reconstitution 3D d'une scène de crime est-elle « trop réelle » ?).
- **Le séminaire critique** : animer le débat sur la « machine à empathie », en analysant le pouvoir de la présence par rapport au risque de voyeurisme numérique.
- **Autorité éditoriale** : aider les étudiants à passer de démonstrations technologiques « cool » à des reportages qui répondent aux normes journalistiques établies en matière de vérité et d'intérêt public.

2.1.2 Connaissances techniques pour la supervision (Essentiel)

- **Pile technologique fonctionnelle** : une connaissance pratique de la manière dont **la RV/RA/vidéo à 360°, l'audio spatial, les drones et le WebXR** interagissent. Les étudiants doivent connaître les capacités de chaque outil.
- **Traduction éditoriale-technique** : Capacité à examiner l'objectif du reportage d'un étudiant et à suggérer le bon flux de travail technique (par exemple, « Ce reportage nécessite de la photogrammétrie, pas de la vidéo à 360° »).
- **Collaboration avec l'équipe** : Assurer la liaison entre la vision créative de l'étudiant et les protocoles de laboratoire **de l'équipe technique**.

2.1.3 Sensibilisation au public et à l'accessibilité (élevée)

Lisibilité spatiale et inclusivité visuelle

- **Sous-titres spatiaux et légendes directionnelles** : contrairement aux sous-titres plats traditionnels, les sous-titres spatiaux doivent inclure des indicateurs directionnels. Si une source parle derrière l'utilisateur en 360°, le texte doit soit « encercler » le champ de vision de l'utilisateur, soit apparaître près de la source dans l'espace 3D afin de fournir un contexte aux utilisateurs sourds ou malentendants.
- **Shaders adaptés aux daltoniens** : les enseignants doivent guider les étudiants vers l'utilisation de shaders (code qui détermine l'apparence d'une surface) qui ne reposent pas uniquement sur la couleur pour transmettre du sens. Par exemple, en utilisant des motifs ou des textures dans une carte de données 3D afin qu'une zone de danger « rouge » soit également « hachurée » ou « bosselée » pour un utilisateur daltonien.
- **Palettes à contraste vérifié (conformes aux WCAG 2.2)** : s'assurer que les éléments de l'interface utilisateur, tels que les menus textuels ou les étiquettes de données, conservent un contraste élevé par rapport aux arrière-plans imprévisibles d'un environnement 3D. Les enseignants doivent enseigner l'utilisation de plaques d'arrière-plan (boîtes semi-opaques derrière le texte) pour garantir la lisibilité quel que soit l'endroit où l'utilisateur pose son regard.

Accessibilité physique et mobilité

- **Optimisation du mode assis** : s'assurer que tous les éléments interactifs sont accessibles dans un rayon d'un mètre. Cela permet aux utilisateurs à mobilité réduite ou à ceux se trouvant dans un environnement assis (comme un fauteuil roulant ou un train) de profiter pleinement du récit sans avoir à se lever ou à se baisser.
- **Solutions de secours avec une seule manette ou le suivi des mains** : prendre en charge le jeu à une main. Si une histoire nécessite des interactions à deux mains, elle exclut de nombreux utilisateurs. Les enseignants doivent

encourager les étudiants à concevoir pour Leap Motion ou le suivi des mains, où les gestes peuvent remplacer des combinaisons de boutons complexes.

Confort vestibulaire (prévention du mal des transports)

- **Options de locomotion** : le mal des transports constitue un obstacle majeur à l'accessibilité en réalité virtuelle. Les enseignants doivent insister pour que les options de téléportation soient activées par défaut, plutôt que la locomotion par « smooth » (marche au joystick), afin de répondre aux besoins des utilisateurs dont le système vestibulaire est sensible.
- **Cohérence de la fréquence d'images** : Il faut comprendre qu'une baisse de la fréquence d'images (latence) constitue un échec en matière d'accessibilité qui provoque des malaises physiques. Les enseignants doivent s'assurer que les étudiants optimisent leurs projets sur **des stations de travail haut de gamme** afin de maintenir une fréquence confortable de 90 Hz ou plus.

Indices cross-modaux

- **Renforcement haptique** : pour les utilisateurs malvoyants, les indices narratifs importants ne doivent pas être uniquement visuels. Les enseignants doivent apprendre aux étudiants à utiliser les vibrations des manettes ou les signaux audio spatiaux pour guider l'attention de l'utilisateur.

2.1.4 Sensibilisation aux médias éthiques et synthétiques (essentiel)

- **Vérification des faits dans des contextes immersifs** : les enseignants doivent être en mesure de superviser la vérification des preuves spatiales. Cela implique de savoir comment vérifier qu'un nuage de points 3D ou une image à 360° n'a pas été modifié de manière trompeuse (ajouts ou suppressions synthétiques).
- **Transparence du contenu généré par l'IA** : la capacité à appliquer des normes strictes en matière d'étiquetage. Si un étudiant utilise l'IA générative pour reconstituer une voix à partir d'une transcription ou créer un skybox en 3D, le

corps enseignant doit s'assurer que cela soit clairement indiqué au public afin de préserver la confiance journalistique.

- **Connaissance des deepfakes** : Comprendre les mécanismes des médias synthétiques pour aider les étudiants à identifier et à démystifier la désinformation visuelle au sein de l'espace immersif.

2.1.5 Préparation à l'avenir (Élevée)

- **Suivi des outils XR émergents** : le corps enseignant doit se tenir informé des évolutions du secteur (par exemple, le passage de la photogrammétrie manuelle au « Gaussian Splatting » basé sur l'IA).
- **Évaluation de l'adéquation journalistique** : toutes les nouvelles technologies ne sont pas forcément adaptées à l'information. Les enseignants doivent être capables d'évaluer de manière critique si un nouvel outil (comme une application IA spécifique de « conversion vidéo en 3D ») répond aux normes du laboratoire en matière de précision et de confidentialité des données avant de l'intégrer au programme.
- **Conception d'un programme d'études adaptatif** : Capacité à réorienter les modules d'enseignement à mesure que les cycles de renouvellement du matériel évoluent (tous les 18 à 24 mois) sans perdre les fondements éditoriaux essentiels.

2.2 Compétences des étudiants

Le laboratoire suit un modèle d'apprentissage par étapes. Les étudiants en licence se concentrent sur les bases de la capture, tandis que les étudiants en master se concentrent sur l'architecture de l'expérience.

2.2.1 Niveau licence : culture spatiale fondamentale

Au niveau de la licence, l'objectif est de maîtriser les bases de la collecte de données immersives. L'accent est mis sur le passage d'une pensée « plate » à une pensée « spatiale ».

- **Principes éthiques et pouvoir de la présence** : comprendre la responsabilité liée au fait de placer un spectateur dans un lieu sensible. Les étudiants doivent apprendre à identifier le risque de voyeurisme numérique et à appliquer les protocoles de base du consentement éclairé pour les sources capturées en 360°.
- **Initiation à la culture immersive** : développer la culture spatiale, c'est-à-dire la capacité à lire et à écrire des récits en utilisant la profondeur, l'échelle et la proximité.
- **Récits de base et conscience du public** : maîtrise de la capture à 360° (gestion du nadir/zénith) et orientation de l'attention à l'aide de repères audio spatiaux. Cela inclut **une sensibilisation** de base à **l'accessibilité** (contraste WCAG et tests en mode assis).
- **Prototypes WebXR simples** : Utilisation d'outils « low-code » pour créer des récits interactifs.
- **Fonctionnement de la projection sur une seule surface** : apprentissage des bases de l'environnement VR « headless » du laboratoire. Les étudiants doivent être capables de calibrer et de lancer une projection sur un seul mur pour les révisions éditoriales.
- **Préparation fondamentale à l'avenir** : cultiver un état d'esprit de croissance vis-à-vis de la technologie.

2.2.2 Niveau master : architecture d'expérience avancée

Les étudiants de troisième cycle gèrent l'intersection complexe entre le code, l'éthique et le matériel haute fidélité.

- **Évaluation éthique avancée** : Gérer des dilemmes complexes tels que la « vallée dérangement » dans les reconstructions basées sur l'IA, la confidentialité des données biométriques et l'ajustement psychologique des scènes immersives à haute intensité.
- **Conception narrative immersive complexe** : passer de la vidéo linéaire à des récits ramifiés et aux « jumeaux numériques ». Les étudiants en master conçoivent des expériences où l'utilisateur participe activement à l'enquête.
- **Structures WebXR/VR axées sur l'expérience utilisateur** : conception d'interfaces utilisateur (UI) intuitives dans un espace 3D. Les étudiants doivent s'assurer que la navigation est fluide et respecte les normes d'accessibilité sans rompre l'immersion narrative.
- **Conception de salles de projection** : aller au-delà de l'utilisation d'une seule surface pour passer à la cartographie spatiale. Les étudiants apprennent la physique de la lumière et l'alignement requis pour les environnements « CAVE » multi-surfaces.
- **Travail d'équipe interdisciplinaire** : Jouer le rôle de chef de projet qui fait le lien entre le personnel technique (codeurs/modélisateurs) et les reporters de terrain. Ils doivent être capables de traduire les besoins éditoriaux en flux de travail techniques.
- **Innovation future et évaluation des outils** : la capacité de tester en avant-première les innovations à venir. Les étudiants en master évaluent de manière critique les nouveaux outils (par exemple, le « Gaussian Splatting » par rapport à la photogrammétrie) et déterminent s'ils sont adaptés au journalisme en fonction de leur précision, de leur coût et de leur éthique.

2.3 Compétences du personnel technique

Le personnel technique veille à ce que l'environnement, caractérisé par une forte rotation du personnel, reste fonctionnel et sûr.

2.3.1 Exploitation et maintenance du laboratoire (essentiel)

- **Gestion des réservations et des stocks** : supervision de la bibliothèque de prêt de matériel du laboratoire. Le personnel doit gérer le système de réservation des casques, des caméras à 360° et **des combinaisons de capture de mouvement**, en s'assurant que le matériel est vérifié pour détecter tout dommage lors de son retour.
- **Maintenance des micrologiciels et des appareils** : Utilisation d'un logiciel de **gestion des appareils mobiles (MDM)** pour déployer simultanément des mises à jour de sécurité et des correctifs logiciels sur un parc de plus de 20 casques, afin de garantir une disponibilité totale pendant les cours.
- **Hygiène et désinfection** : Mise en œuvre d'un nettoyage rigoureux de qualité médicale (boîtes à lumière UVC et lingettes sans alcool) afin de préserver la longévité du matériel et la sécurité des utilisateurs.

2.3.2 Gestion des flux de travail et du stockage (essentiel)

- **Contrôle de version (GitHub/LFS)** : application de protocoles de « sauvegarde sécurisée ». Le personnel guide les étudiants dans l'utilisation de **Git Large File Storage** pour éviter la corruption de fichiers de projet Unity ou Unreal volumineux.
- **Pipeline de sauvegarde** : gestion du **NAS (Network Attached Storage) 10 GbE** et garantie de sauvegardes automatisées et redondantes de toutes les recherches des étudiants afin d'éviter toute perte catastrophique de données.
- **Conformité au RGPD et à la protection de la vie privée** : veiller à ce que toutes les données biométriques (suivi oculaire, démarche ou fréquence cardiaque) soient anonymisées lors de leur capture et stockées conformément aux politiques de souveraineté des données de l'université.

2.3.3 Sécurité et gestion de l'espace (essentiel)

- **Sécurité de la salle de RV** : établir et faire respecter les limites « Guardian » et le **protocole « Spotter »** (en veillant à ce que personne ne soit immergé sans la présence d'un observateur physique).
- **Protocoles relatifs au mal des transports** : le personnel doit surveiller les performances du projet. Il veille à ce que les étudiants maintiennent une **fréquence d'images** constante **supérieure à 90 Hz** et fournit des conseils techniques sur les « modes confort » (téléportation ou locomotion fluide) afin de prévenir les nausées chez les utilisateurs.
- **Assistance à l'accessibilité** : mise en œuvre technique des objectifs d'accessibilité définis par le corps enseignant. Cela inclut l'aide apportée aux étudiants pour configurer les sous-titres directionnels, les shaders à contraste vérifié et les outils de recentrage pour les utilisateurs assis.

2.3.4 Assistance technique spécialisée (élevée)

- **Alignement multi-projecteurs** : Maîtrise de la physique de la lumière pour la **salle CAVE/de projection**. Le personnel est chargé de l'alignement des bords et du calibrage des couleurs de plusieurs projecteurs afin de créer un environnement immersif homogène.
- **Assistance à la publication WebXR/VR** : rôle de « contrôleur technique » en dernier ressort. Le personnel aide les étudiants lors de la phase de déploiement, qu'il s'agisse d'optimiser les ressources 3D pour **WebXR** ou de préparer des applications « haut de gamme » destinées **aux boutiques d'applications natives**.

3. Santé et sécurité

3.1 Sécurité générale du studio (essentiel)

Avant même d'allumer un seul casque, l'environnement physique doit être sécurisé. Il s'agit de prévenir les « erreurs non forcées » pouvant entraîner des dommages matériels ou des blessures corporelles.

Risques de trébuchement et obstacles physiques

La blessure la plus courante dans un laboratoire XR n'est pas due à une défaillance technique, mais à une chute.

- **Gestion des câbles** : tous les câbles (en particulier les liaisons VR filaires et l'alimentation des postes de travail) doivent être sécurisés à l'aide de **rampes à câbles** ou de ruban adhésif haute visibilité dans les zones à forte circulation.
- **Sécurité des connexions filaires** : si un casque est relié à un PC, l'utilisation de **poulies rétractables au plafond** est obligatoire pour maintenir les câbles à l'écart du sol.

Systemes d'enregistrement et suivi des équipements

Le laboratoire fonctionne selon le principe « faire confiance, mais vérifier ».

- **Inventaire numérique** : tout le matériel est suivi via un système de gestion des actifs (par exemple, **Cheqroom** ou **Connect2**). Aucun équipement ne quitte le laboratoire sans un horodatage numérique et un scan de la carte d'étudiant.
- **Vérification de l'état** : lors du retour, les étudiants doivent effectuer un « scan rapide » du matériel (lentilles, câbles, capteurs) en présence du personnel technique. Tout matériel endommagé doit être immédiatement signalé afin de déclencher le protocole d'assurance ou de réparation de l'université.

Limites d'occupation et circulation

La capacité d'accueil maximale est déterminée par le **mode d'activité** afin de garantir une sortie en toute sécurité et d'éviter les collisions physiques pendant l'immersion.

Mode d'activité	Espace minimum requis	Logique / Normes européennes
Mode poste de travail	5 m ² par personne	Conforme à la densité standard de l'UE pour les bureaux et laboratoires dans le cadre de tâches en position assise.
Réalité virtuelle debout/assis	7 m ² par personne	Zone d'action de 2 m x 2 m + 3 m ² d'espace de circulation/supervision.
Salle active à l'échelle de la pièce	12 m ² par personne	Zone de jeu de 3 m x 3 m + zone tampon périphérique de 1,5 m.

- Limite légale maximale** : indépendamment de ce qui précède, le laboratoire respectera strictement la limite de capacité fixée par le **responsable de la sécurité incendie de l'université** en fonction de la largeur des issues et de la ventilation.

3.2 Règles de sécurité en matière de RV/RA

Dans un laboratoire de journalisme, les étudiants sont souvent distraits par le contenu narratif ; ces protocoles servent de garde-fous pour leur bien-être physique.

3.2.1 Configuration des limites

- **Règle du rayon de pivotement de 50 cm** : les limites numériques (Guardian/Chaperone) doivent être tracées à au moins **50 cm à l'intérieur** de tout objet solide (murs, bureaux ou piliers). Cette distance correspond à la longueur du bras d'un étudiant plus la manette, offrant une zone tampon physique lors de mouvements rapides.
- **Le test de la « longueur du bras »** : après avoir tracé une limite, les élèves doivent se placer tout au bord de la ligne numérique et tendre le bras. S'ils peuvent toucher le mur physique, la limite est **trop proche** et doit être redessinée.
- **Sensibilisation au « passthrough »** : pour les utilisateurs de Quest 3/Varjo, la fonction « Space Sense » ou « Passthrough » doit être activée. Cela permet au casque de superposer en temps réel un contour 3D de toute personne ou de tout meuble entrant dans la zone de jeu de l'utilisateur.

3.2.2 Protocoles de supervision

- **Le surveillant obligatoire (ratio 1:1)** : aucun étudiant ne peut effectuer de mouvements « à l'échelle de la pièce » sans un camarade désigné **comme surveillant**. Le surveillant se tient à l'extérieur de la zone de jeu pour agir comme les « yeux » de l'utilisateur dans le monde réel, en lui donnant des indications verbales ou en lui tapotant doucement l'épaule si l'utilisateur s'approche d'un danger physique.
- **Diffusion en direct obligatoire** : chaque session de RV active doit être **diffusée (transmise)** sur un moniteur secondaire. Cela permet au personnel enseignant de surveiller la « fréquence d'images » et la perspective de l'étudiant. Si le flux

semble saccadé ou si l'étudiant tourne trop vite, le superviseur peut intervenir avant que le mal des transports ne se manifeste.

- **Commande d'« immobilité » d'urgence** : les superviseurs utilisent une commande d'« arrêt d'urgence » prononcée d'une voix calme. En l'entendant, l'utilisateur doit fermer les yeux et rester immobile plutôt que d'arracher le casque. Cela permet d'éviter la « cécité flash » et la désorientation qui conduisent souvent à des chutes lors d'une sortie soudaine.

3.2.3 Gestion du mal des transports et de la fatigue

- **La règle 20-20-20 (fatigue oculaire)** : la fatigue visuelle survient parce que les yeux sont fixés sur une distance focale fixe. Toutes les 20 minutes, les utilisateurs doivent retirer le casque et regarder un objet du monde réel situé à 20 pieds (6 mètres) pendant au moins 20 secondes. Cela permet de réinitialiser les muscles oculaires et d'éviter les maux de tête liés à la RV.
- **Limites de session progressives** : pour acquérir une « habitude de la RV » sans épuisement, le laboratoire impose des limites de temps strictes en fonction du niveau d'expérience :
 - **Débutants** : 10 à 15 minutes maximum par session.
 - **Utilisateurs avancés** : 45 minutes maximum, suivies d'une pause physique obligatoire de 15 minutes (sans écran ni téléphone).
 - *Remarque* : la durée totale d'immersion ne doit pas dépasser 2 heures par jour afin d'éviter des problèmes de dissociation ou d'équilibre à long terme.
- **Politique « sans héroïsme »** : si un étudiant ressent de la chaleur, des vertiges ou des nausées, il doit retirer le casque immédiatement. Il ne faut jamais ignorer ces symptômes ; cela entraînerait le cerveau à associer le laboratoire à la maladie, rendant toute utilisation future impossible.

3.3 Sécurité des drones (EASA)

Toutes les opérations de drones au sein du laboratoire et sur le terrain doivent être conformes au **règlement (UE) 2019/947 de l'AESA**. Le laboratoire ne considère pas les drones comme des caméras, mais comme **des aéronefs évoluant dans un espace aérien partagé**, avec les responsabilités légales et de sécurité qui en découlent.

3.3.1 Formation et enregistrement des opérateurs (licence A1/A3)

Pour voler en toute légalité, il faut disposer à la fois du matériel adéquat et d'un pilote titulaire d'une licence.

- **Marquage de classe (C0–C4)** : tous les drones de laboratoire doivent porter une étiquette d'identification de classe UE valide.
 - *Remarque* : les drones hérités (antérieurs à 2024) sans étiquette sont limités aux **opérations de classe A3** (loin des personnes), sauf s'ils pèsent moins de 250 g.
- **Certificat de pilote à distance** : les étudiants doivent être titulaires d'un **certificat A1/A3** ou **A2** valide avant d'être autorisés à emprunter du matériel.
- **Enregistrement de l'opérateur** : l'**identifiant de l'opérateur** du laboratoire doit être enregistré dans le logiciel du drone (Remote ID) et physiquement apposé sur le châssis.

Remarque concernant les drones existants :

Les drones mis sur le marché avant 2024 sans étiquette de classe sont limités aux **opérations de classe A3 (loin des personnes)**, sauf s'ils pèsent moins de 250 g.

3.3.2 Vérifications météorologiques et de l'espace aérien

Avant chaque décollage, le commandant de bord doit effectuer une reconnaissance numérique du site :

- **Vérification de la zone géographique** : utilisez une application NAA approuvée pour confirmer que la zone n'est pas une « zone d'exclusion aérienne » (par exemple, à proximité d'aéroports ou d'infrastructures sensibles).
- **Plafond météorologique** : les vols sont interdits en cas de pluie, de brouillard (qui empêche la ligne de vue directe) ou de rafales de vent dépassant 25 km/h.
- **Limite de 120 m** : les drones ne doivent jamais dépasser 120 mètres (400 pieds) au-dessus du sol.

3.3.3 Évaluation des risques

Pour assurer la sécurité des personnes non impliquées (personnes ne faisant pas partie de l'équipe de tournage) :

- **La zone tampon horizontale** : vous devez maintenir une distance horizontale par rapport aux personnes non impliquées au moins égale à l'altitude actuelle du drone.
 - *Exemple* : si vous volez à une hauteur de 30 mètres, vous devez vous trouver à au moins 30 mètres de distance horizontale de toute personne.
- **Interdiction de survoler les foules** : quelle que soit l'altitude ou la classe du drone, le survol de « rassemblements de personnes » (festivals, manifestations, marchés animés) est strictement interdit dans la catégorie Open.
- **Ligne de vue directe (VLOS)** : le pilote doit maintenir à tout moment un contact visuel direct et sans aide avec le drone. Utiliser l'écran comme seul point de référence constitue une infraction aux règles de sécurité.

3.3.4 Processus standard d'évaluation des risques (SORA-Lite)

Le journalisme nécessite souvent de voler dans des contextes « spécifiques ». Nous suivons une version simplifiée du SORA (Specific Operations Risk Assessment, voir annexe A) pour chaque prise de vue :

- **Risques au sol** : identifier les « personnes non concernées ». Dans la catégorie Open, vous ne devez jamais survoler des rassemblements de personnes (foules). Pour les opérations A2/A3, maintenez une distance horizontale minimale de 30 à 50 mètres par rapport aux passants.
- **Ligne de vue directe (VLOS)** : le pilote doit maintenir à tout moment un contact visuel direct et sans aide avec le drone. Utiliser l'écran d'un smartphone comme principal moyen de navigation constitue une infraction aux règles de sécurité.
- **Liste de contrôle pré-vol de l'AESA (annexe B)** : chaque vol doit commencer par une inspection visuelle « Walk-Around » (hélices, fixation de la batterie et étalonnage de la boussole) et un « test de vol stationnaire » de 30 secondes à 2 mètres d'altitude afin de s'assurer de la stabilité du vol avant de poursuivre.

Avertissement : Le personnel et les étudiants doivent vérifier les lois nationales en matière d'aviation (par exemple, AlphaTango en France ou LBA en Allemagne) avant toute mission de terrain hors campus.

IMPORTANT : Avertissement relatif à la conformité réglementaire et institutionnelle

Avis aux enseignants et aux étudiants : > Le plan de mission et la liste de contrôle pré-vol fournis dans ce manuel s'appuient sur **les meilleures pratiques du secteur** en matière de prise de vue aérienne à **des fins** journalistiques. Toutefois, ces documents sont fournis **à titre informatif et éducatif uniquement**.

- **Supervision institutionnelle** : ce plan ne remplace pas les protocoles spécifiques de santé et de sécurité (S&S) ou d'évaluation des risques exigés par votre université ou votre institut de recherche.
- **Réglementation gouvernementale** : toutes les opérations de vol doivent être conformes aux autorités locales et nationales de l'aviation civile (par exemple, l'AESA dans l'UE, la CAA au Royaume-Uni, l'ULC en Pologne).
- **Recherches obligatoires** : les utilisateurs sont tenus de mener leurs propres recherches actualisées concernant les « zones d'exclusion aérienne », les exigences en matière de licence de

pilote et les lois sur la protection des données (RGPD) relatives à la surveillance aérienne dans leur région spécifique.

Le laboratoire iStream décline toute responsabilité pour les opérations de vol menées en dehors des cadres juridiques et institutionnels officiels.

3.4 Sécurité de la salle de projection

3.4.1 Fixation sécurisée et sécurité secondaire

- **Suspension à deux points** : tous les projecteurs doivent être fixés à l'aide d'un support de plafond principal et d'une sangle de sécurité secondaire en acier.
- **Dégagement** : Maintenez une « zone thermique » de 50 cm autour de toutes les bouches d'aération.
- **Hauteur du faisceau** : les projecteurs doivent être montés de manière à ce que l'objectif se trouve à au moins 2,2 m au-dessus du sol, afin d'éviter toute exposition directe de la rétine.

3.4.2 Procédures d'urgence

- **Interrupteur d'arrêt d'urgence** : un interrupteur d'arrêt d'urgence (EPO) clairement identifié doit être accessible pour couper toute alimentation électrique des racks en cas d'incendie électrique ou de fumée.
- **Lutte contre l'incendie** : La salle doit être équipée d'un extincteur à CO2 ou à agent propre.

3.5 Sécurité éthique et psychologique

Le journalisme immersif peut être un facteur déclencheur de traumatisme. Étant donné que le cerveau traite la réalité virtuelle comme une *expérience vécue* plutôt que simplement observée, il convient d'appliquer des normes de soins plus strictes.

3.5.1 Consentement éclairé et droit de retrait

- **Mention relative à l'« expérience vécue »** : les participants doivent être informés que la RV peut entraîner des « erreurs de surveillance de la source », dans lesquelles le cerveau peut par la suite avoir du mal à distinguer un souvenir virtuel d'un souvenir réel.
- **La boucle de consentement continue** : le consentement n'est pas une signature ponctuelle. Il faut rappeler aux utilisateurs qu'ils ont le **droit de se retirer** à tout moment. En RV, se retirer signifie fermer les yeux ou retirer immédiatement le casque, sans qu'aucune question ne soit posée.
- **Autonomie du participant** : si un étudiant filme un entretien à 360°, le sujet doit être informé de l'emplacement exact de la caméra et du fait qu'elle capture *tout ce qui se passe* dans la pièce. Il n'y a pas de hors-champ en 360°.

3.5.2 Gestion des contenus hyperréalistes et perturbants

- **Éviter l'« effet Gawker »** : les étudiants doivent justifier l'utilisation de contenus « durs » (par exemple, zones de guerre, deuil ou traumatismes). Si l'immersion n'apporte pas de valeur journalistique au-delà du simple effet de choc, elle doit être modifiée ou simplifiée (par exemple, en utilisant des illustrations en 3D plutôt que du sang photoréaliste).
- **Avertissements à plusieurs niveaux sur le contenu** : avant qu'un utilisateur n'enfile un casque, il doit recevoir :
 - **Avertissement écrit** : dans la description du projet.
 - **Avertissement verbal** : de la part du responsable du laboratoire.

- **Avertissement intégré au moteur** : un « écran de démarrage » dans l'univers VR avant le début de la scène perturbante, nécessitant d'appuyer physiquement sur un bouton pour « Entrer ».

3.5.3 Sensibilité culturelle et représentation

- **Prévention des stéréotypes** : les environnements virtuels doivent être examinés pour s'assurer qu'ils ne reposent pas sur des clichés culturels. La photogrammétrie (numérisation 3D) de sites culturels sensibles doit être effectuée avec l'autorisation et sous la supervision des autorités locales.
- **Éthique du changement de corps** : si un projet utilise des « avatars incarnés » (permettant à l'utilisateur d'habiter un corps différent), les étudiants doivent prendre en compte l'éthique du « brownface numérique » ou du changement de genre. Ces fonctionnalités ne doivent être utilisées que si elles servent un objectif journalistique spécifique et essentiel.

3.6 Procédures éthiques, juridiques et de recherche

Cette section définit la documentation obligatoire requise pour tout projet impliquant des participants humains ou la collecte de données utilisateur.

3.6.1 Consentement éclairé et règlement du laboratoire

Avant toute mise sous tension du matériel, les participants doivent signer deux documents fondamentaux :

- **Formulaire de consentement éclairé** : une description claire de l'objectif du projet, des risques potentiels (nausées, détresse émotionnelle) et du « droit de se retirer » à tout moment sans pénalité.
- **Code de conduite du laboratoire** : un accord signé s'engageant à respecter les règles de supervision, les protocoles d'hygiène et les directives de manipulation du matériel définies à la section 3.1.

3.6.2 Questionnaires d'évaluation standardisés

Afin de produire des recherches scientifiquement valides en journalisme et en IHM (Interaction Homme-Machine), les étudiants doivent utiliser les outils standard de l'industrie suivants :

Acronyme	Nom complet	Objectif
e		
SSQ	Questionnaire sur le mal des simulateurs	Évalue les nausées, la fatigue oculaire et la désorientation (avant/après).
SUS	Échelle d'utilisabilité du système	Mesure « rapide et approximative » en 10 points de la facilité d'utilisation de la technologie.

IPQ	Questionnaire Igroup sur la présence	Mesure la « présence », c'est-à-dire dans quelle mesure l'utilisateur a eu le sentiment d'être « présent ».
NASA-TLX	Indice de charge de travail	Mesure la charge cognitive (à quel point l'utilisateur a-t-il dû réfléchir ?).
SAM	Mannequin d'auto-évaluation	Échelle picturale non verbale permettant de mesurer la réponse émotionnelle/l'excitation.
UEQ	Questionnaire sur l'expérience utilisateur	Mesure à la fois le « plaisir d'utilisation » et l'efficacité/fiabilité classique.

3.6.3 Conformité au RGPD et aux données biométriques

Les données XR sont classées comme **données de catégorie spéciale à haut risque** en raison de la collecte d'« identifiants biométriques » (suivi oculaire, démarche et fréquence cardiaque).

- **Minimisation des données** : n'enregistrez pas de données de suivi oculaire ou de mouvement, sauf si cela est essentiel à l'objectif de la recherche journalistique.
- **Le formulaire de consentement biométrique** : en cas d'utilisation de casques équipés de capteurs intégrés (par exemple, Varjo ou Quest Pro), une clause spécifique relative aux « données biométriques » conforme au RGPD doit être signée par le participant.

- **Anonymisation** : tous les fichiers `.csv` exportés depuis les casques ou les capteurs doivent être dépourvus de noms identifiants et remplacés par un identifiant de participant (par exemple, P_001).
- **Stockage** : les données doivent être stockées sur des disques cryptés approuvés par l'université, et en aucun cas sur des comptes cloud personnels (par exemple, Dropbox/Google Drive).

Avertissement :

Cette procédure de santé et de sécurité fournit des conseils généraux pour les travaux de laboratoire au sein de nos installations. Elle ne remplace pas la formation officielle, les politiques institutionnelles ou les exigences légales applicables. Tous les utilisateurs du laboratoire sont tenus de respecter les protocoles de sécurité approuvés, de suivre la formation requise et de consulter leur supérieur hiérarchique ou le responsable de la sécurité en cas de doute. Les auteurs et l'établissement déclinent toute responsabilité en cas d'utilisation ou d'interprétation inappropriée du présent document.

4. Activités pratiques

Cette section présente le programme pratique conçu pour transformer les étudiants d'utilisateurs passifs en conteurs immersifs. Chaque activité est associée à des compétences techniques spécifiques et à l'utilisation d'équipements particuliers.

4.1 Activités de licence

Le programme de premier cycle se concentre sur l'apprentissage de la capture et de la présentation de la réalité sans le cadre 2D traditionnel.

4.1.1 Produire une courte scène à 360°

- **Objectif** : Comprendre le placement de la caméra et l'éthique du point de vue à 360°.
- **Déroulement** : les étudiants utilisent des caméras 360° grand public (par exemple, Insta360) pour documenter un espace public.
- **Apprentissage clé** : Gérer le « nadir » (cacher le trépied) et la « ligne d'assemblage » (s'assurer que les sujets ne sont pas coupés en deux). Les étudiants doivent également s'exercer à « la disparition du journaliste » : trouver un endroit où se cacher pendant que la caméra capture l'environnement dans son intégralité.
- **Tâche d'accessibilité** : les élèves doivent créer une transcription textuelle de tous les dialogues capturés dans la scène.

4.1.2 Enregistrer l'audio spatial

- **Objectif** : Maîtriser la capture du son « lié au lieu ».
- **Déroulement** : À l'aide de microphones ambisoniques (Zoom H3-VR), les élèves enregistrent un « portrait sonore » d'un lieu (par exemple, un marché animé ou une bibliothèque calme).

- **Tâche technique** : Importer l'audio au format B4 canaux dans Reaper. Les étudiants apprennent à normaliser les niveaux et à exporter un mixage binaural qui réagit au suivi de la tête.

4.1.3 Observation par drone

- **Objectif** : Se familiariser avec les perspectives aériennes et les protocoles de sécurité.
- **Déroulement** : les étudiants assistent un étudiant en master ou un pilote membre du personnel. Ils jouent le rôle d'« observateurs visuels » (VO), apprenant à repérer les dangers (oiseaux, lignes électriques, passants) et s'exerçant à la liste de contrôle prévol conforme aux normes de l'AESA.

4.2 Activités de master

Le programme d'études supérieures s'oriente vers la création d'environnements où le public a un rôle actif.

4.2.1 Conception VR/AR multi-scènes

- **Objectif** : Construire un récit non linéaire.
- **Déroulement** : les étudiants utilisent Unity ou Unreal Engine pour relier plusieurs vidéos à 360° ou scans photogrammétriques.
- **Tâche technique** : Mettre en œuvre un « déclencheur basé sur le regard ». Par exemple, si le spectateur regarde un objet spécifique pendant trois secondes, une visualisation de données s'affiche.
- **Tâche d'accessibilité** : les étudiants doivent mettre en œuvre un « mode contraste élevé » pour tous les éléments de l'interface utilisateur et s'assurer que les sous-titres spatiaux sont ancrés aux coordonnées 3D correctes.

4.2.2 Prototypes WebXR

- **Objectif** : résoudre le problème de « friction du casque » en publiant sur le Web.
- **Workflow** : À l'aide d'A-Frame ou de Spline, les étudiants créent un environnement 3D basé sur un navigateur qui fonctionne sur les smartphones.
- **Tâche technique** : Optimiser les modèles 3D (décimation) pour garantir que la scène se charge en moins de 5 secondes sur une connexion 4G standard.

4.2.3 Prototypes à l'échelle de la pièce

- **Objectif** : Utiliser le mouvement physique pour raconter une histoire.
- **Déroulement** : Les étudiants conçoivent une reconstitution « à l'échelle 1:1 » d'un petit site historique ou d'une scène d'enquête.
- **Tâche de sécurité** : Programmer le système « Chaperone/Guardian » pour s'assurer que l'utilisateur ne heurte pas les murs physiques lorsqu'il explore l'espace numérique.

4.3 Activités partagées et professionnelles

Initiation au laboratoire (atelier « Sécurité des citoyens ») : session obligatoire de 2 heures pour tous les nouveaux utilisateurs, couvrant l'hygiène, les protocoles relatifs au mal des transports et la formation des « observateurs ».

Critique multiperspective : des étudiants de différents niveaux observent mutuellement leurs travaux. Le « spectateur » donne son avis sur le mal des transports (à l'aide du SSQ), tandis que le « créateur » explique ses choix éthiques.

5. Coûts de maintenance

Cette section présente le cadre budgétaire pour la viabilité opérationnelle du laboratoire. Tous les chiffres sont basés sur **les moyennes du marché européen en 2026** en euros (€) et supposent un laboratoire d'une taille d'environ 10 à 15 postes de travail actifs.

5.1 Maintenance régulière (consommables opérationnels)

Il s'agit des coûts récurrents nécessaires pour maintenir le matériel en bon état de fonctionnement et d'hygiène au quotidien.

Élément	Coût annuel estimé	Remarques
Consommables d'hygiène	800 € – 1 200 €	« Masques Ninja » jetables, lingettes sans alcool pour lunettes et chiffons en microfibre.
Pièces d'usure	600 € – 900 €	Coussinets de remplacement pour l'interface faciale, housses en silicone et câbles de connexion USB-C.
Batteries et alimentation	300 € – 500	Batteries Li-ion internes de recharge (pour Meta Quest 3/Pico) et piles AA/AAA pour les manettes.
Stockage (cartes SD)	200 € – 400	Cartes microSD haute vitesse (V30/V60) pour caméras à 360° et drones.

Renouvellement de logiciels	2 500 € – 5 000	Licences annuelles (Unity Pro ; Adobe CC ; logiciel d'assemblage).
------------------------------------	------------------------	--

5.2 Maintenance de l'infrastructure (cycle de vie à long terme)

Afin de respecter la norme de sécurité 90 Hz et d'éviter la dette technique, le laboratoire suit un cycle de renouvellement glissant de 36 mois. Plutôt que de remplacer l'ensemble du laboratoire en une seule fois, nous renouvelons 33 % du parc chaque année afin de garantir une budgétisation prévisible et un accès constant aux technologies de « dernière génération ».

Catégorie	Budget annuel	Stratégie et éléments prioritaires
Postes de travail et GPU	2 000 € – 4 000 €	Mise à niveau sur 3 ans : privilégier les GPU de la gamme RTX 5080/5090 pour éviter les décalages pouvant provoquer des nausées.
Casques VR/AR	3 000 € – 5 500 €	Remplacement « anti-cliff » : Remplacer 5 à 15 unités par an. Réaffecter les unités de la troisième année aux prêts sur le terrain pour les étudiants.
Équipement audiovisuel	1 500 €	Renouvellement des composants : remplacement des capsules de microphones ambisoniques, des ampoules de projecteurs et des casques audio.
Stockage et serveurs	1 000 €	Intégrité des données : remplacement régulier des disques NAS et redondance des archives à haut débit.

TOTAL ANNUEL	7 500 € – 12 000 €	<i>Le total varie en fonction du choix entre du matériel haut de gamme et du matériel prosumer.</i>
---------------------	-------------------------------	---

Principaux avantages de cette stratégie :

- Sécurité et cohérence : vous n'aurez jamais d'« année perdue » où le matériel serait trop lent pour faire tourner des logiciels de journalisme modernes et sécurisés.
- Coûts d'exploitation prévisibles : il est plus facile de garantir une somme annuelle fixe qu'une demande d'investissement ponctuelle de 30 000 € tous les trois ans.
- Stock hybride : en conservant les unités de la troisième année comme matériel de prêt, le laboratoire peut faciliter la réalisation de rapports hors site sans mettre en péril le matériel de production principal utilisé « en laboratoire ».

5.3 Coûts liés à l'espace et aux opérations

Vous trouverez ci-dessous la ventilation estimée des frais d'espace et des frais généraux d'exploitation en euros.

5.3.1 Licences logicielles et IA (SaaS)

Logiciels	Objectif	Coût annuel estimé
Adobe Creative Cloud	Montage vidéo/retouche photo (licence pour l'ensemble du laboratoire).	1 500 € – 3 000 €
Unity Pro / Unreal	Conception immersive (Unity Pro coûte environ 2 100 € par poste ; Unreal est gratuit pour l'enseignement).	2 100 € et plus
ElevenLabs (voix IA)	Formule « Creator » professionnelle pour la narration d'actualités.	Environ 240 €
Luma AI / Volumétrie	Crédits pour la vidéo volumétrique et le gaussian splatting.	~300 €

5.3.2 RGPD et conformité des données

- **Stockage cloud souverain** : pour les données journalistiques sensibles (données biométriques/suivi oculaire), faites appel à des fournisseurs basés dans l'UE (par exemple, Hetzner, OVHcloud ou Proton).
 - *Budget* : **1 200 € – 1 800 €/an** pour un stockage crypté à haut débit.
- **Consultation du délégué à la protection des données (DPO)** : audit annuel visant à garantir que le traitement des données biométriques est conforme aux dernières dispositions **de la loi européenne sur l'IA et du RGPD**.

5.3.3 Certification et obligations légales

- **Conformité des drones (AESA) : Renouvellement de l'enregistrement de l'exploitant** : environ 30 à 50 € par an.
 - **Certification de pilote (A2)** : environ 200 € par nouvel élève-pilote (valable 5 ans).
 - **Assurance drone** : assurance responsabilité civile obligatoire pour une utilisation commerciale/éducative (environ 400 à 600 € par an).
- **Sécurité électrique (tests PAT) :**
 - **Inspection annuelle** : obligatoire pour les hubs de recharge multiports, les projecteurs et les PC. *Coût* : **2,00 € à 5,00 € par appareil** (estimation : **400 € par an** pour un laboratoire complet).
- **Formation du personnel** : Financement permettant au personnel technique de participer à des ateliers annuels sur la réalité étendue (XR) et l'intelligence artificielle (IA) afin de rester à la pointe des évolutions logicielles.

Catégorie	Fréquence	Estimation budgétaire (UE)
Abonnements logiciels/IA	Annuelle	4 500 € – 6 000 €

Stockage souverain conforme au RGPD	Mensuel	100 € – 150 €
Aspects juridiques et assurance des drones	Annuelle	600 € – 800 €
Sécurité électrique (PAT)	Annuelle	400 €
Formation du personnel/Ateliers	Deux fois par an	1 000 €

5.4 BUDGET DE FONCTIONNEMENT ANNUEL CONSOLIDÉ (TOTAL)

Ces chiffres supposent un **environnement stable de 15 postes de travail** avec une stratégie de renouvellement progressif.

Pilier budgétaire	Postes couverts	Estimation annuelle (EUR)
Entretien et hygiène (5.1)	Lingettes, tampons, piles, cartes SD et petites réparations.	1 700 € – 2 500 €
Renouvellement de l'infrastructure (5.2)	Renouvellement de 33 % des GPU, casques et équipements audiovisuels.	7 500 € – 12 000
Logiciels et conformité (5.3)	Licences SaaS, crédits IA, stockage conforme au RGPD et tests PAT.	4 500 € – 6 000 €

Juridique et formation (5,3)	Assurance pour drones, frais EASA et ateliers pour le personnel.	1 600 € – 2 000 €
TOTAL DES DÉPENSES D'EXPLOITATION ESTIMÉES		15 300 € – 22 500 €

Notes financières à l'intention de la direction

- **Dépenses d'investissement (CapEx) vs dépenses d'exploitation (OpEx)** : en utilisant le **cycle de renouvellement de 36 mois**, nous avons converti les pics de dépenses matériels importants et imprévisibles (CapEx) en coûts d'exploitation annuels gérables (OpEx).
- **Réserve pour imprévus** : il est conseillé d'ajouter une **marge de 10 %** au montant total final approuvé afin de tenir compte de la volatilité des prix du matériel sur le marché des GPU ou du remplacement d'équipement en cas d'urgence (le fonds « Dropped Drone »).

Annexe A

[Modèle] Plan de mission et évaluation des risques pour les drones (SORA simplifiée)

Nom du projet : _____ Date du vol : _____

Pilote aux commandes : _____ Lieu : _____

1. Catégorisation de la mission

Cochez une case (voie « simplifiée ») :

- **Catégorie ouverte (A1/A3)** : Risque faible, loin des personnes, drone léger (<250 g).
- **Catégorie ouverte (A2)** : À proximité de personnes (jusqu'à 30 m), drone < 4 kg, titulaire d'un certificat A2.
- **Catégorie spécifique (PDRA-S01)** : Travaux aériens dans une zone contrôlée/en miroir.

2. Évaluation des risques au sol (GRC)

- **Densité de population** : Isolé Peu peuplé Peuplé (nécessite un permis)
- **Obstacles** : Y a-t-il des lignes électriques, de grands arbres ou des bâtiments à proximité ? Oui Non
- **Sécurité au sol** : Comment allez-vous empêcher les personnes de pénétrer dans la zone de vol ? (par exemple, panneaux d'avertissement, observateurs).
 - Remarque _____ :

3. Évaluation des risques aériens (ARC)

- **Proximité d'un aéroport** : Le site se trouve-t-il à moins de 5 km d'un aéroport ? Oui Non

- **Altitude** : Le vol restera-t-il en dessous de la limite légale de 120 m (400 pieds) ? Oui Non
- **Trafic à proximité** : Y a-t-il d'autres drones ou des hélicoptères volant à basse altitude dans la zone ? Oui Non

4. Mesures techniques d'atténuation (le « filet de sécurité »)

- **Système de sécurité** : Le drone est-il programmé pour le « retour à la base » (RTH) ? Oui Non
- **Géorepérage** : la zone de vol est-elle restreinte dans le logiciel du drone ? Oui Non
- **Observateur visuel** : Une deuxième personne est-elle présente pour surveiller le ciel ? Oui Non

5. Protocole d'urgence

- **En cas de « fuite »** : Contactez [numéro de téléphone du contrôle aérien local].
- **En cas d'accident** : prodiguez les premiers secours et contactez immédiatement le responsable du laboratoire.

Autres remarques :

Ce plan de mission et cette liste de contrôle pré-vol sont **des modèles fournis à titre indicatif uniquement**. Ils ne remplacent pas les réglementations locales de l'Autorité de l'aviation civile (CAA/EASA) ni les protocoles spécifiques de l'université en matière de santé et de sécurité. Tous les pilotes sont tenus d'effectuer des recherches indépendantes sur les « zones d'exclusion aérienne » en vigueur, les exigences en matière de licence et les lois sur la protection des données (RGPD) applicables à leur lieu de vol spécifique avant de mettre un drone sous tension. **La documentation du laboratoire iStream vient en complément, et ne remplace pas les autorisations légales et institutionnelles officielles.**

Annexe B

[Modèle] Liste de contrôle prévol pour les drones (conforme à l'AESA)

À remplir sur le lieu de vol immédiatement avant le décollage.

1. Environnement et sécurité du site

- **Météo** : le vent est inférieur à la limite du drone (généralement < 10 m/s) ; aucune précipitation.
- **Espace** : la zone est dégagée de toute personne non concernée ; la zone d'atterrissage est balisée et dégagée. Vérifier les e-mails et les SMS pour prendre connaissance des avertissements des autorités.
- **Ciel** : aucun oiseau, aucun aéronef volant à basse altitude ni aucun obstacle (câbles/branches) sur la trajectoire immédiate.
- **Signaux** : le signal GPS est puissant (minimum 10-12 satellites) et le « point d'origine » est à jour.

2. Matériel et navigabilité

- **Hélices** : les hélices sont solidement fixées et ne présentent ni éclats ni fissures.
- **Batterie** : la batterie de vol et le contrôleur sont chargés à 100 % et bien fixés.
- **Carte SD** : Insérée, formatée et disposant d'un espace suffisant pour la prise de vue.
- **Caméra** : le cache du cardan est retiré ; l'objectif est propre et dégagé.

3. Logiciel et conformité

- **Application** : le micrologiciel du drone et les cartes sont à jour.
- **RTH** : l'altitude de « retour à la base » est réglée à un niveau supérieur à celui du plus haut obstacle à proximité.

- [] **Identifiants** : l'autocollant d'identification de l'opérateur est visible sur le drone.
- [] **Assurance** : une copie numérique ou physique de l'assurance du laboratoire est disponible.

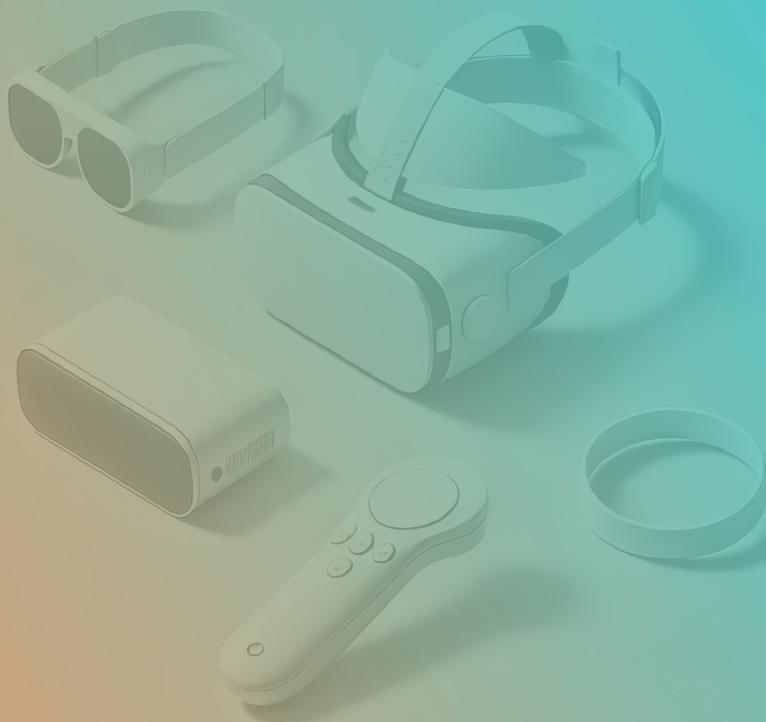
4. Les « trois dernières » secondes

- [] **Décollage** : Restez en vol stationnaire à 2 mètres pendant 15 secondes pour vérifier la stabilité et l'absence de bruits inhabituels.
- [] **Commandes** : Testez les commandes de tangage, de roulis et de lacet pour vérifier leur réactivité.
- [] **GO** : la mission commence.

Ce plan de mission et cette liste de contrôle pré-vol sont **des modèles fournis à titre indicatif uniquement**. Ils ne prévalent pas sur les réglementations locales des autorités de l'aviation civile (CAA/AESA) ni sur les protocoles spécifiques de l'université en matière de santé et de sécurité. Tous les pilotes sont tenus d'effectuer des recherches indépendantes sur les « zones d'exclusion aérienne » en vigueur, les exigences en matière de licence et les lois sur la protection des données (RGPD) applicables à leur lieu de vol spécifique avant de mettre un drone sous tension. **La documentation d'iStream Lab vient compléter, et ne remplace pas les autorisations légales et institutionnelles officielles.**



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE



UNIVERSITY of
NICOSIA

INFINITIVITY
DESIGN LABS

Learnable