



Projet interdisciplinaires et mutualisés

PROTOCOLE DE PHOTOGRAMMETRIE

**Institut Universitaire Européen de la Mer - Université Bretagne Sud - Université
Bretagne Occidentale**

PIM 2026 - OBS 3D

Protocole présenté par :

J. Benedetti, E. Berquer, L. Boulanghien, Z. Collet, R. Essadiki, A. Gerard, M. Jahier, T.
Krzywkowski, N. Lambert, L. Roux, A. Tronscorff, R. Vampouille

Protocole à l'attention de :

M. Jaud, E. Augereau

2025 – 2026

Table des matières

2	<i>Projet</i>	1
3	<i>Tests préliminaires</i>	1
3.1	Synchronisation photo et antenne GNSS.....	1
3.2	Test IUEM	4
3.2.1	Test grande perche	4
3.2.2	Test mini-perche — téléphone plaqué	5
3.2.3	Test mini-perche — téléphone décalé.....	6
3.2.4	Synthèse des tests IUEM	7
3.3	Comparaison des GPS FACET et U-BLOX.....	7
3.4	Déclenchement automatique de la prise de vue	8
3.4.1	Utilisation du logiciel Open Camera.....	8
3.4.2	Utilisation du logiciel AG AutoClicker	8
3.5	Tests en conditions photographiques diverses	9
3.6	Détermination de la vitesse maximale de déplacement	10
4	<i>Terrain</i>	10
4.1	Protocole falaise	11
4.2	Protocole moulière	11
4.3	Protocole cerf-volant	11
5	<i>Traitement</i>	11
5.1	Prétraitement des images	11
5.2	Traitement avec MetaShape (Agisoft)	12
5.3	Traitement avec OpenDroneMap (ODM)	14
5.4	Comparaison des données avec CloudCompare.....	14
5.4.1	Nettoyage des données.....	15
5.4.2	Allègement des nuages de points	15
5.4.3	Comparaison Cloud-to-Cloud	15
5.5	Comparaison des données avec le logiciel QGIS	16
6	<i>Appareillage et coûts</i>	17
6.1	Dispositifs utilisés.....	17
6.2	Avantages low-cost et low-tech	17
6.3	Diversité d'applications	17
7	<i>Conclusion</i>	18

1 Projet

Les projets OBS-3D menés en 2024 et 2025 s'appuyaient sur une GoPro comme capteur photographique. Cependant, les fortes distorsions optiques de cette caméra ont généré des écarts pouvant atteindre 50 cm lors de la reconstruction 3D de la façade de l'IUEM par photogrammétrie.

Afin d'améliorer la précision géométrique des modèles, la campagne 2026 remplace la GoPro par un smartphone, dont l'optique est moins sujette à la distorsion. Le système est couplé à un récepteur GPS RTK connecté via l'application SW Maps pour obtenir une géolocalisation centimétrique.

Le projet se décompose en trois phases :

- **Phase préparatoire** : tests de positionnement de l'antenne GNSS et de la caméra, synchronisation photo-GNSS, mise au point des protocoles de prise de vue 3D et d'automatisation des images.
- **Phase de validation** : test sur la façade de l'IUEM à partir d'un modèle de référence pour comparer les résultats.
- **Phase de terrain** : reconstitution en 3D des falaises et des moulrières autour de Plouzané.

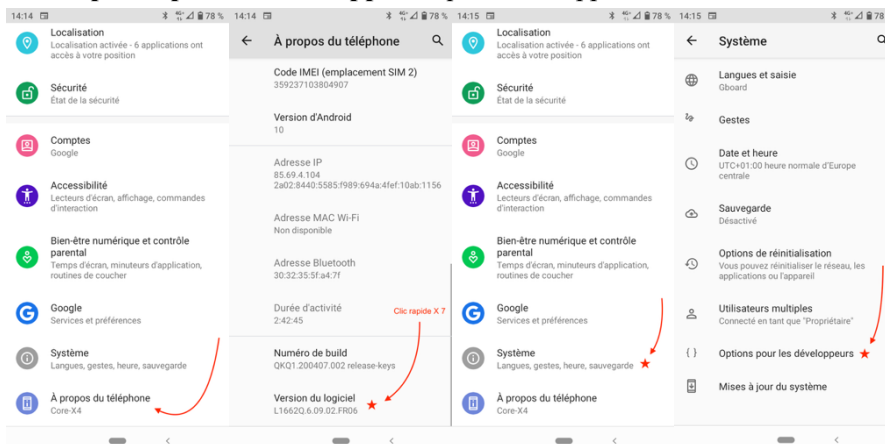
2 Tests préliminaires

2.1 Synchronisation photo et antenne GNSS

Ce protocole décrit la procédure permettant de désactiver le GPS interne d'un smartphone Android et de le remplacer par les positions fournies par un récepteur GPS RTK externe via l'application SW Maps, afin d'obtenir une géolocalisation centimétrique sur le terrain.

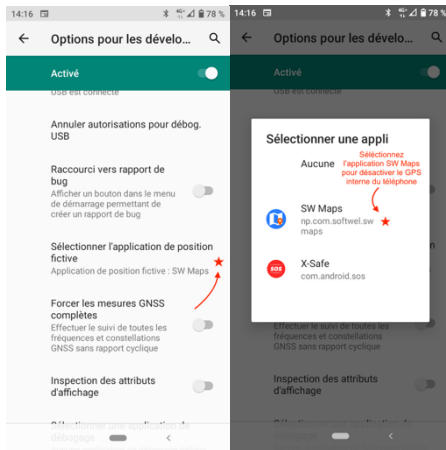
Étape 1 : Activer le mode développeur sur le smartphone

1. Ouvrir les **Paramètres** du téléphone, puis accéder à « À propos du téléphone ».
2. Faire défiler jusqu'à la ligne **Numéro de build** (ou « Version du logiciel » selon les modèles).
3. Taper rapidement 7 fois sur cette ligne jusqu'à l'apparition du message « Vous êtes désormais un développeur ! ».
4. Revenir au menu principal des **Paramètres**, entrer dans **Système**, puis ouvrir le sous-menu **Options pour les développeurs** qui vient d'apparaître.



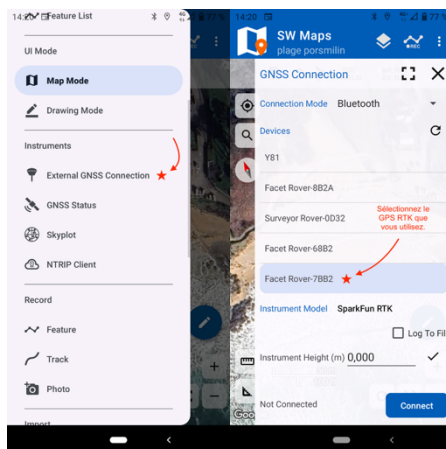
Étape 2 : Autoriser une application de position fictive

1. Dans **Options pour les développeurs**, activer l'interrupteur principal en haut de l'écran si ce n'est pas déjà fait.
2. Faire défiler jusqu'à l'option **Sélectionner l'application de position fictive**.
3. Sélectionner **SW Maps** dans la liste proposée afin que le téléphone utilise les coordonnées fournies par cette application au lieu du GPS interne.



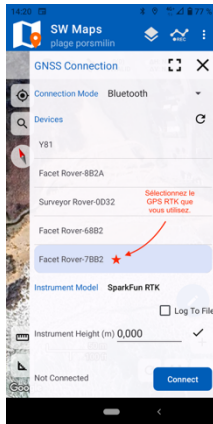
Étape 3 : Configurer SW Maps pour l'utilisation du GPS RTK

1. Ouvrir **SW Maps** sur le smartphone.
2. Dans le menu latéral, choisir **External GNSS Connection**.
3. Dans « Connection Mode », sélectionner **Bluetooth**.
4. Dans « Devices », choisir le récepteur RTK utilisé (par exemple « Facet Rover-7BB2 »), puis valider.
5. Vérifier le modèle dans « Instrument Model » (par exemple SparkFun RTK) et renseigner si nécessaire la **hauteur d'instrument** (distance entre l'antenne GPS et le sol).
6. Appuyer sur **Connect** pour établir la liaison entre le smartphone et le GPS RTK.



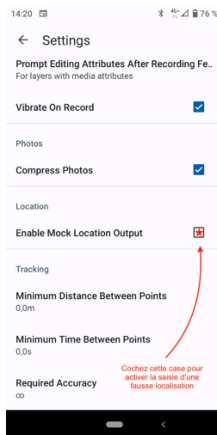
Étape 4 : Configurer le client NTRIP pour les corrections RTK

1. Depuis le menu latéral de SW Maps, ouvrir **NTRIP Client**.
2. Dans la liste des connexions, sélectionner le point de montage de la station GNSS de base la plus proche (par exemple « centipede IUEM »).
3. Vérifier les paramètres (adresse du caster, port, identifiant, mot de passe si nécessaire), puis appuyer sur **Connect** pour recevoir les corrections différentielles.



Étape 5 : Activer la sortie de localisation fictive dans SW Maps

1. Dans SW Maps, ouvrir **Settings**.
2. Dans la section **Location**, cocher l'option **Enable Mock Location Output**.
3. À partir de ce moment, les coordonnées transmises par le GPS RTK (corrigées en temps réel via NTRIP) remplacent la localisation fournie par le GPS interne du téléphone pour toutes les applications utilisant la position du système.



Étape 6 : Désactivation et retour au GPS interne (fin de mission)

1. Dans SW Maps, décocher **Enable Mock Location Output** pour arrêter l'envoi de positions fictives.
2. Dans **Paramètres > Système > Options pour les développeurs**, remettre **Sélectionner l'application de position fictive** sur **Aucune**.

3. Si nécessaire, désactiver complètement les **Options pour les développeurs** pour revenir à la configuration standard du téléphone.

2.2 Test IUEM

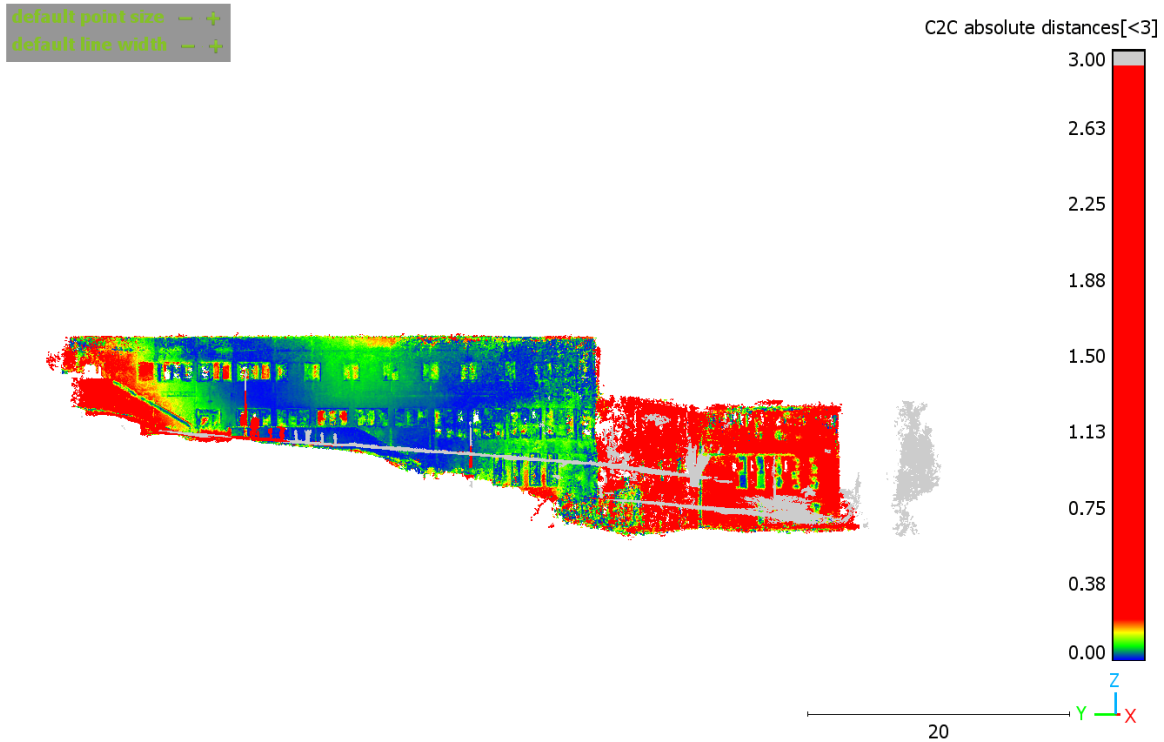
Afin de tester différentes configurations de positionnement entre l'antenne GNSS et la caméra, plusieurs acquisitions ont été réalisées sur un même objet de référence : la façade de l'IUEM, préalablement mesurée par photogrammétrie à l'aide d'une méthode de référence afin de disposer d'un modèle 3D précis pour la comparaison.

Les différents montages GPS–caméra ont ainsi permis d'évaluer l'impact de la géométrie du dispositif sur la qualité de la reconstruction. La comparaison des nuages de points obtenus pour chaque test avec le modèle de référence est effectuée dans le logiciel **CloudCompare**, qui permet de visualiser les écarts et d'en quantifier l'ampleur.



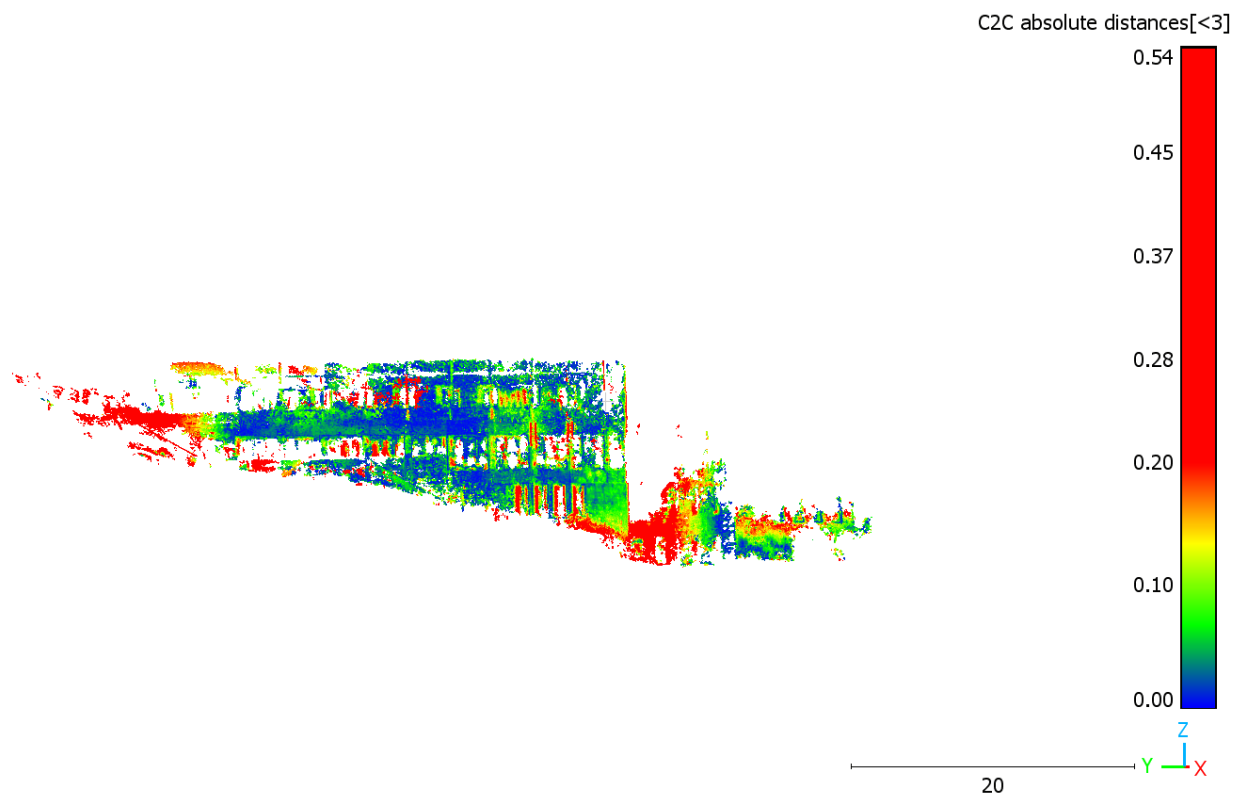
2.2.1 Test grande perche

La comparaison entre le nuage de points de référence et celui acquis avec la grande perche (un aller-retour le long de la façade) met en évidence un effet de distorsion marqué sur la façade principale. Un total de 112 photographies a été traité pour ce montage. Cette acquisition a été réalisée avec un récepteur GNSS U-BLOX, utilisé en mode RTK pour assurer une géolocalisation précise des positions de prise de vue.



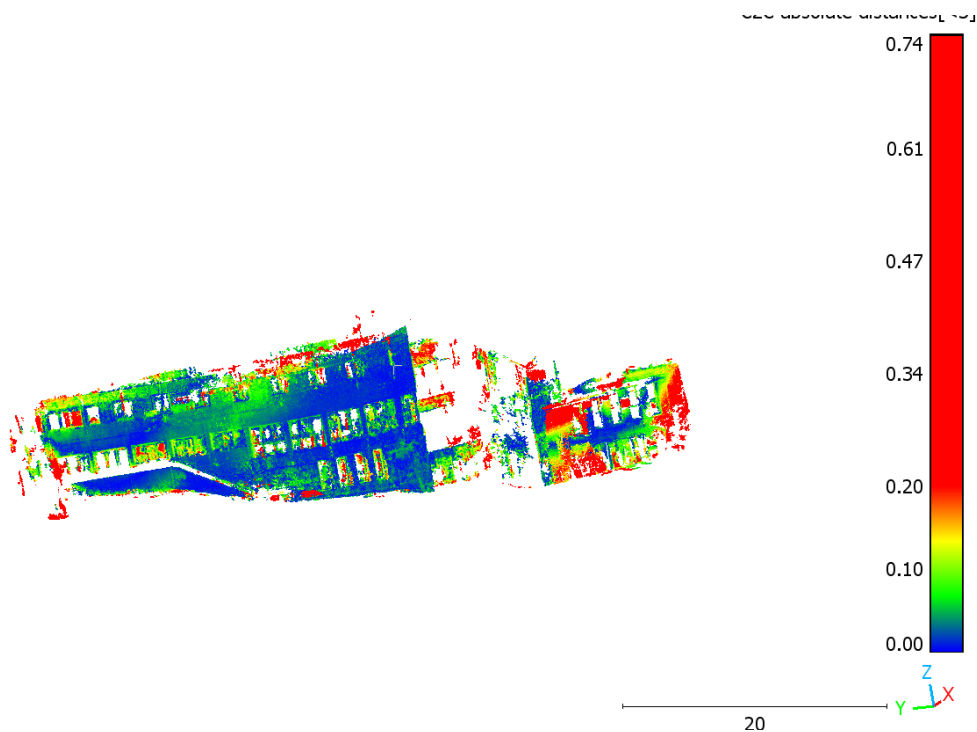
2.2.2 Test mini-perche — téléphone plaqué

La comparaison entre le modèle de référence et le nuage de points obtenu avec la mini-perche, où le téléphone est plaqué au plus près de l'antenne, montre une distorsion nettement moindre de la façade principale. La zone de la façade principale se situe entre 0 et 10 cm d'écart avec le modèle de référence. Un total de 56 photographies a été traité pour ce montage. Bien que ce nombre inférieur génère un nuage de points moins dense, cette acquisition a été réalisée avec un récepteur GNSS FACET, ce qui peut limiter l'effet de distorsion sur la façade.



2.2.3 Test mini-perche — téléphone décalé

La comparaison entre le modèle de référence et le nuage de points obtenu avec la mini-perche (un aller effectué) démontre une bonne qualité de résultats, avec une différence entre 0 et 10 cm sur la façade principale. Un total de 116 photographies a été traité pour ce montage. Le nuage de points est donc plus dense que pour le test de la mini-perche plaquée, mais la qualité du modèle reste identique. Cette acquisition a également été effectuée avec un récepteur GNSS FACET.



2.2.4 Synthèse des tests IUEM

La comparaison de ces trois essais démontre que la qualité ne varie pas significativement entre la mini-perche décalée et la mini-perche plaquée. Le nombre de photographies influence la qualité visuelle de la représentation mais n'affecte pas la précision métrique des résultats. Cependant, le GPS U-BLOX semble créer un effet de distorsion plus important contrairement aux récepteurs GPS FACET, qui sont donc privilégiés pour la suite du projet.

2.3 Comparaison des GPS FACET et U-BLOX

Afin de faciliter l'utilisation de la photogrammétrie, les récepteurs GPS FACET Sparkfun RTK Surveyor sont privilégiés par rapport aux U-BLOX. Pour vérifier la précision des GPS FACET, les deux récepteurs sont comparés par deux montages superposés afin de vérifier la concordance et les différences de trajectoires.

Test 1 : Les deux GPS sont collés l'un sur l'autre. Risque possible d'interférences et de captage satellitaire limité.

Test 2 : Les deux GPS sont superposés mais séparés par l'utilisation d'un cadre photo afin de limiter les interférences possibles entre les deux.

Traitement des données :

Les données sont exportées et traitées sur QGIS. Pour cela, les données sont exportées au format .xls et ouvertes sur Excel. Les virgules sont remplacées par des points et le fichier est enregistré au format .csv afin de pouvoir être ouvert sur QGIS.

Les données sont importées sur QGIS comme une couche de texte délimité. S'agissant de données GPS, le système de coordonnées saisi doit être WGS 84.

Les points acquis par les deux tests sont visibles en superposition avec une couche Google Maps de l'IUEM. Les résultats des deux tests semblent à première vue similaires. Une analyse statistique est réalisée afin de calculer les différences entre les deux modes d'acquisitions.

2.4 Déclenchement automatique de la prise de vue

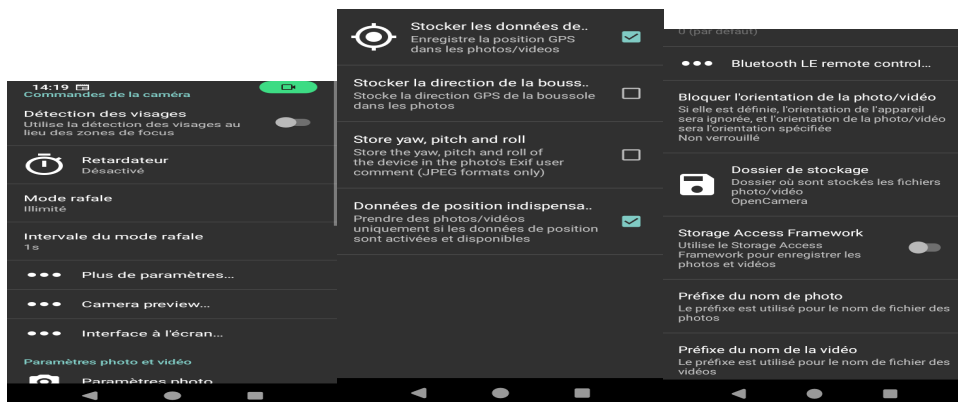
Afin d'automatiser le processus d'acquisition de données, il est nécessaire d'automatiser la capture de photographies afin d'avoir des intervalles de temps réguliers entre chaque prise et de pouvoir les associer à chaque position GPS. Ce processus est particulièrement nécessaire pour l'utilisation du cerf-volant.

2.4.1 Utilisation du logiciel Open Camera

Le logiciel Open Camera est installé sur les appareils et permet la configuration d'un mode rafale illimité et d'un déclenchement de prise de vue toutes les 1 seconde.

Protocole :

1. Télécharger l'application **Open Camera** dans le Play Store.
2. Dans **Paramètres**, désactiver le retardateur, régler l'intervalle du mode rafale sur 1 seconde et le mode rafale en illimité.
3. Dans les **paramètres de géocodage**, activer la sélection « Stocker les données » et « Données de position indispensable ».
4. Activer la localisation du téléphone.
5. S'assurer que lors de la prise de photo, les images soient géocodées.
6. Dans l'onglet « Plus de paramètres », activer le **Storage Access Framework** afin de changer le chemin d'accès des photos vers la carte SD.
7. Connecter le GNSS sur SW Maps en s'assurant que les données GPS sont celles de l'antenne et non du téléphone.
8. Lancer l'acquisition d'images directement depuis l'application Open Camera.

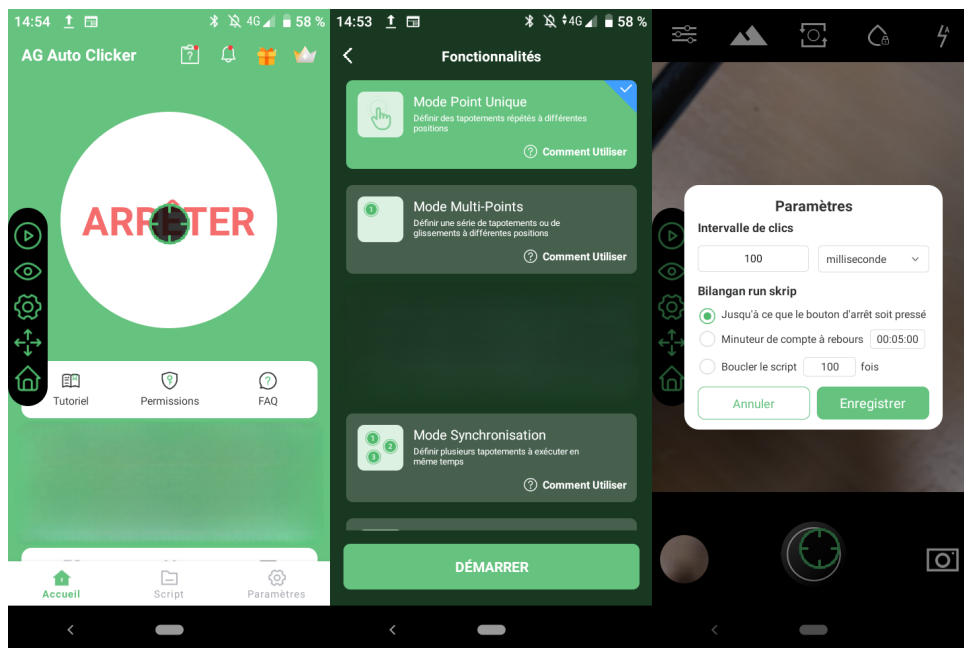


2.4.2 Utilisation du logiciel AG AutoClicker

Ce logiciel permet de simuler un clic en déclenchant automatiquement la caméra selon un intervalle de temps défini, ce qui rend possible la prise de photographies à fréquence régulière sans intervention. Cette automatisation garantit des acquisitions reproductibles et précises, particulièrement utiles pour les suivis temporels.

Protocole :

1. Lancer le logiciel **AG AutoClicker**.
2. Sélectionner le mode **Point unique**.
3. Régler l'intervalle de clic sur **1 seconde**.
4. Positionner le curseur sur le déclencheur de l'appareil photo.
5. Valider et lancer l'automatisation.



2.5 Tests en conditions photographiques diverses

Ces tests permettent de comprendre l'impact de la vitesse de déplacement, de la luminosité et du modèle du téléphone sur la prise automatique. Trois modèles de smartphones Core X ont été testés en zone sombre stationnaire, en zone sombre en mouvement et en zone lumineuse. Les tests ont été effectués sur AutoClicker et Open Camera.

Résultats AutoClicker (intervalle moyen entre chaque photo)

- **Sombre et statique** : 1,14 s
- **Sombre en mouvement** : 1,91 s
- **Lumineux statique** : 1,07 s
- **Lumineux en mouvement** : 1,71 s

Résultats Open Camera (intervalle moyen entre chaque photo)

- **Sombre et statique** : 2,5 s
- **Sombre en mouvement** : 3,7 s
- **Lumineux statique** : 2,0 s
- **Lumineux en mouvement** : 2,4 s

Conclusion

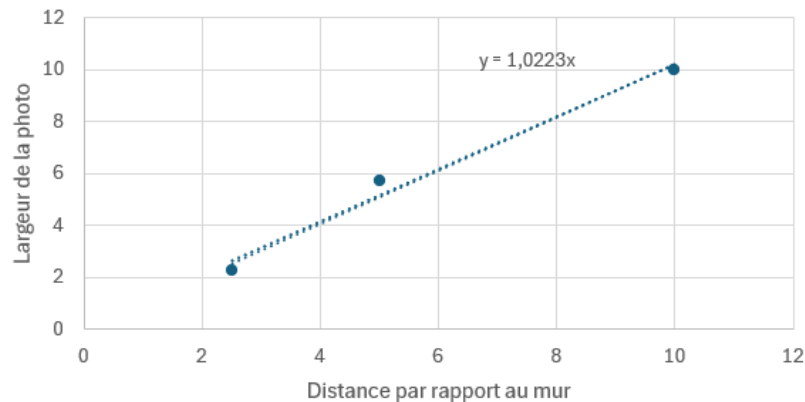
L'AutoClicker présente un intervalle environ 2 fois inférieur à l'application Open Camera. La qualité d'image est identique pour les deux méthodes, mais le délai de prise de photo est plus précis (proche de 1 s) sur AutoClicker.

Cependant, en conditions difficiles, aucune méthode ne permet une prise de photo à la seconde exacte. Il faut donc **activer le son du téléphone** afin de savoir à quel moment les photos sont prises. Pour un bon recouvrement, il faut :

- Effectuer un pas par clic sur le terrain ;
- Privilégier l'utilisation d'AutoClicker ;
- Disposer de conditions lumineuses suffisantes.

2.6 Détermination de la vitesse maximale de déplacement

La vitesse maximale de déplacement a été déterminée en positionnant la caméra à trois distances différentes (2,5 m, 5 m et 10 m). La mesure réelle visualisée dans l'appareil a été mesurée et nous avons obtenu les valeurs de 2,27 m, 5,7 m et 10 m.



On observe donc un rapport d'environ 1 m d'image pour 1 m de distance par rapport à la surface. Sachant qu'il est nécessaire de garder 20 % de recouvrement dans l'image, on peut en déduire la formule suivante :

$$\text{Vitesse} = \frac{2d}{10}$$

où d est la distance par rapport à la surface.

La vitesse de déplacement correspond à la distance maximale à parcourir entre deux clics de l'appareil photo.

3 Terrain

3.1 *Protocole falaise*

1. Allumer le téléphone et démarrer l'application **SW Maps**.
2. Effectuer le protocole de connexion au GPS (cf. section 2.1).
3. Effectuer le protocole de connexion et d'automatisation de prise de vue via **Open Camera** ou par l'activation d'**AutoClicker** (cf. section 2.4).
4. Équiper le téléphone sur la perche.
5. Lancer l'acquisition de photos en se plaçant de façon à avoir la hauteur totale de la falaise dans le champ de la caméra.
6. Avancer au pas (1 pas par clic) en effectuant un aller-retour sur la zone d'étude.
7. Avancer en dents de scie afin de maximiser la qualité du modèle.

3.2 *Protocole moulière*

1. Allumer le téléphone et démarrer l'application **SW Maps**.
2. Effectuer le protocole de connexion au GPS (cf. section 2.1).
3. Effectuer le protocole de connexion et d'automatisation de prise de vue via **Open Camera** ou par l'activation d'**AutoClicker** (cf. section 2.4).
4. Équiper le téléphone sur la grande perche.
5. Lancer l'acquisition de photos en se plaçant de façon à avoir une vue horizontale au-dessus des moulières.
6. Effectuer des rotations et se déplacer lentement entre les rochers afin de cartographier la zone d'étude.
7. Avancer au pas (1 pas par clic) en effectuant plusieurs aller-retours sur la zone d'étude.
8. Maximiser les différentes prises de vues et le recouvrement entre les images.

3.3 *Protocole cerf-volant*

Le but de cette manipulation était de parvenir à cartographier en 3D la falaise ou les moulières à l'aide d'un cerf-volant. Pour ce faire, le même dispositif que sur les perches a été utilisé, c'est-à-dire équipé d'un smartphone connecté à une antenne GPS. L'ensemble a été emballé dans un dispositif équipé d'un pendule Picavet afin de stabiliser l'image. Les conditions météorologiques n'étant pas réunies, il nous a été impossible de tester le système (vent instable et insuffisant). Cette méthode pourrait permettre de visualiser et modéliser des échelles plus grandes, telles qu'une plage entière.

4 **Traitement**

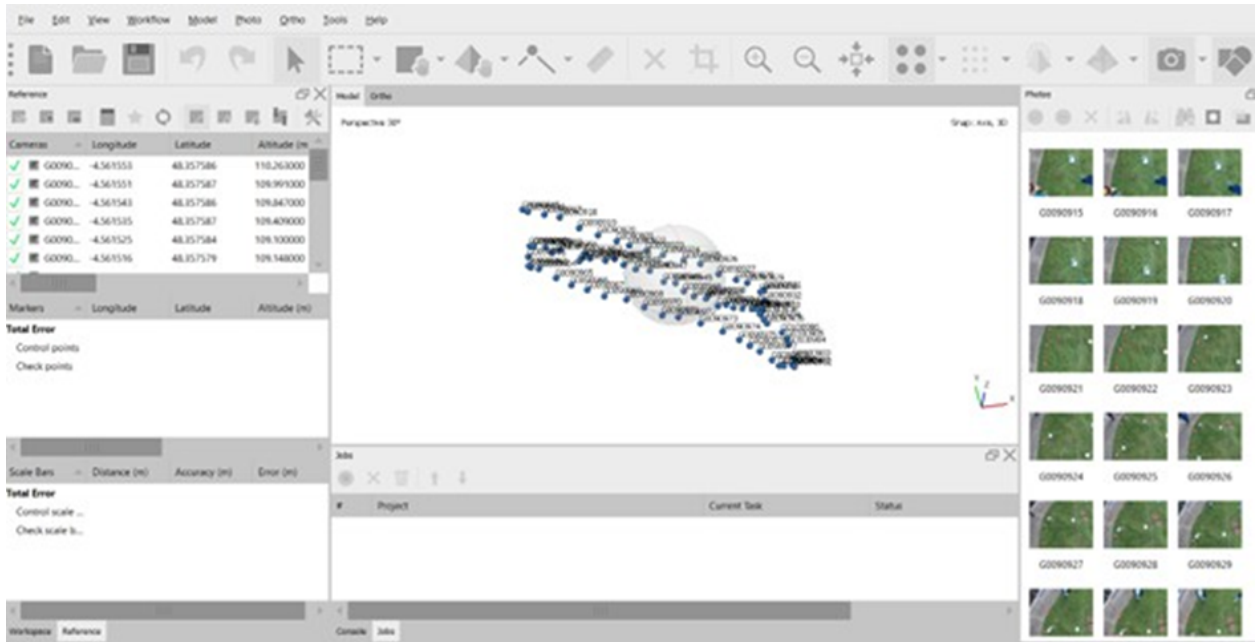
4.1 *Prétraitement des images*

- Supprimer les images floues ou inutilisables.
- Organiser les photos par zones d'étude (falaises, moulières, tests IUEM).
- Vérifier que les métadonnées GPS sont présentes dans l'en-tête des photos (géotagage).

4.2 Traitement avec MetaShape (Agisoft)

Étape 1 : Import des photos

1. Ouvrir **MetaShape**.
2. Ajouter les photos à traiter en les glissant depuis l'explorateur de fichiers ou via le menu **Fichier > Ajouter photos**.
3. La liste des photos (désignées comme « caméras ») apparaît dans le volet **Référence**, avec les informations sur leur position pour les photos géotaggées.



Étape 2 : Paramètres de référence

1. Dans le volet **Références > Paramètres**, entrer une **Précision de la caméra de 0,1 m (10 cm)**. Cette marge d'incertitude englobe l'erreur de positionnement GPS, les incertitudes de mesures de l'offset en Z et les déplacements du centre optique de la caméra lors du pivotement.
2. Dans **Paramètres de référence > Système de coordonnées**, sélectionner : **RGF93 v2b / Lambert-93 (EPSG::9794)**.
3. Cocher la case **Référence de la caméra** et sélectionner : **WGS 84 (EPSG::4326) > OK**.

Étape 3 : Pré-alignement

1. Aller dans **Traitement > Aligner les photos**.
2. Régler la **Précision** sur **Basse** pour un pré-alignement rapide.
3. Cliquer sur **OK**.

Étape 4 : Traitement par lot

1. Aller dans **Traitement > Traitement par lot**.
2. Ajouter les étapes suivantes :

Étape A — Aligner les photos

- Type de traitement : **Aligner les photos**
- Précision : **Haute**
- Présélection par référence : **Source**
- Réinitialiser l'alignement courant : **Non**
- OK

Étape B — Optimiser l'alignement

- Type de traitement : **Optimiser l'alignement**
- OK

Étape C — Construire un nuage de points

- Type de traitement : **Construire un nuage de point**
- Qualité : **Haute**
- Filtrage de la profondeur : **Agressif**
- OK

Étape D — Si photos prises à l'horizontal (sol)

- Type de traitement : **Construire une MNE** (Modèle Numérique d'Élévation)
- Donnée source : **Nuage de point**
- OK

Étape E — Si photos prises à l'horizontal (sol)

- Type de traitement : **Construire une orthomosaïque**
- Type de surface : **MNE**
- OK

3. Cocher la case **Enregistrer le projet après chaque étape**.
4. Lancer le traitement par lot.

Étape 5 : Visualisation et nettoyage

1. Pour visualiser les points, sélectionner dans la barre de tâches le symbole correspondant à **Nuage de point — couleur**.
2. Pour nettoyer les données :
 - Utiliser l'**outil de sélection > Sélection de forme libre**.
 - Sélectionner les points à supprimer, puis les supprimer.
 - **Attention** : si on enregistre les modifications, il n'y aura pas de retour arrière. Valider les modifications uniquement après vérification.
3. Utiliser **Outils > Afficher zone de confiance** pour identifier les régions de faible confiance.

4. Utiliser **Outils > Nuage de point > Filtrer par confiance** pour n'afficher que les points ayant une confiance entre 0 et 1.

4.3 *Traitement avec OpenDroneMap (ODM)*

Prise en main

1. Installer **WebODM** (interface utilisateur pour OpenDroneMap).
2. Télécharger et configurer le conteneur **Docker** sous Linux.
3. Lancer le **nœud de traitement** local.

Workflow

1. Aller dans **Tableau de bord > Gestion des nœuds > Ajouter nœud de traitement**.
2. Sélectionner **Nœud de traitement — NodeODM local**.
3. Importer les photos et les fichiers de points de contrôle (GCP) si disponibles.
4. Lancer le traitement.

4.4 *Comparaison des données avec CloudCompare*

Exemple : Site de Porsmilin

Les nuages de points acquis par notre équipe à Porsmilin le 7 janvier 2025, avec la méthode mini-perche (décalée et plaquée) avec intervallo-mètre, sont comparés avec les données de référence de cette zone. Ces données de référence ont été acquises avec un trépied par des étudiants de Master 2 en Géophysique marine en 2024. Cette méthode consiste à poser un trépied, à prendre une série de photos et à enregistrer la position avec une antenne GPS. Le dispositif est ensuite décalé et l'opération est répétée. Il s'agit donc d'une méthode beaucoup plus stable que les méthodes dynamiques utilisées par notre équipe. La différence principale est que les données de référence ne sont pas géotaggées, contrairement aux données de notre équipe. Les données GPS de référence sont donc dans un fichier Excel séparé.

Procédure d'import et d'alignement

1. Importer les différents jeux de données sur le logiciel **CloudCompare** (open source).
2. Lors de l'import, on observe une différence au niveau du positionnement sur l'axe Z. Cela est lié au fait que les données de référence sont en altitude et les données acquises par notre équipe en hauteur ellipsoïdale (RAF20).
3. Pour caler les données de référence avec les données acquises :
 - Cliquer sur les données en hauteur ellipsoïdale.
 - Utiliser la fonction **Translate/Rotate**.
 - Garder la rotation à **None**.
 - Sélectionner **Tz** et **Advanced**.
 - Dans la **Translation**, entrer un offset de **50,794 m** (ce chiffre correspond à la valeur précise de l'offset entre l'ellipsoïde et l'altitude au pied de la falaise de Porsmilin, calculée avec le logiciel Circé).

- Cliquer sur **Backward**.

Référence RAF20 : <https://geodesie.ign.fr/files/geodesie/2024-12/RAF20.pdf>

Note : La valeur de l'ellipsoïde varie localement (voir carte de représentation graphique).

4.4.1 Nettoyage des données

Dans le cas où le pré-traitement n'a pas été fait au préalable, procéder manuellement :

1. Utiliser la fonction **Segment**.
2. Contourner l'artéfact à supprimer.
3. Cliquer sur **Segment out**.
4. Valider (cela crée une nouvelle couche avec juste la zone contournée).
5. Supprimer la couche créée.

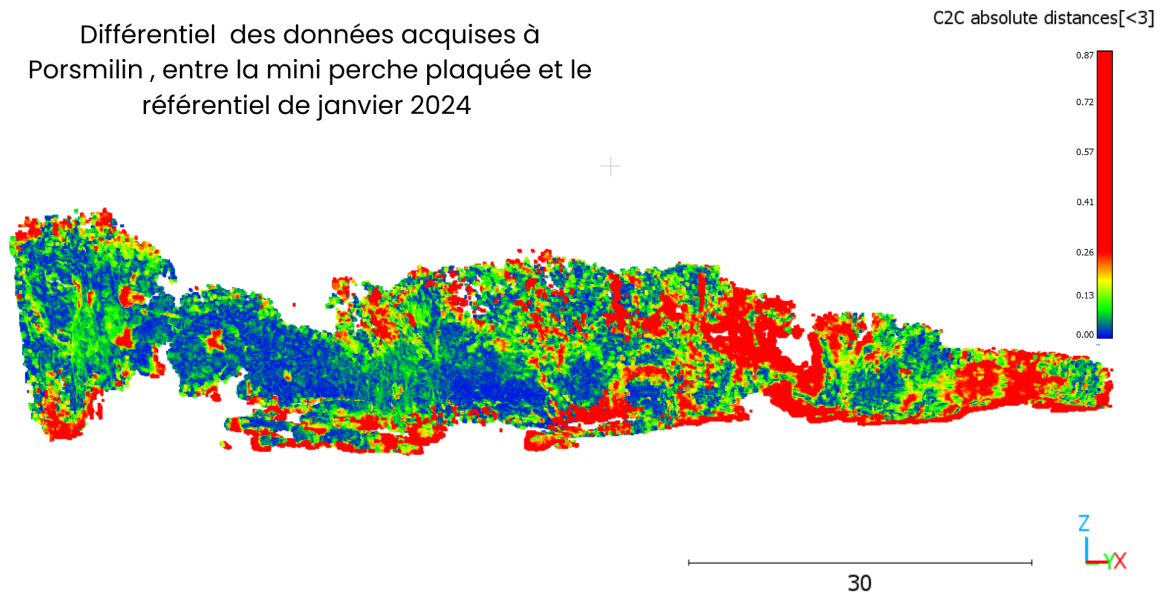
4.4.2 Allègement des nuages de points

La fonction **Subsample a point cloud** allège les nuages de points pour faciliter le traitement et la visualisation.

4.4.3 Comparaison Cloud-to-Cloud

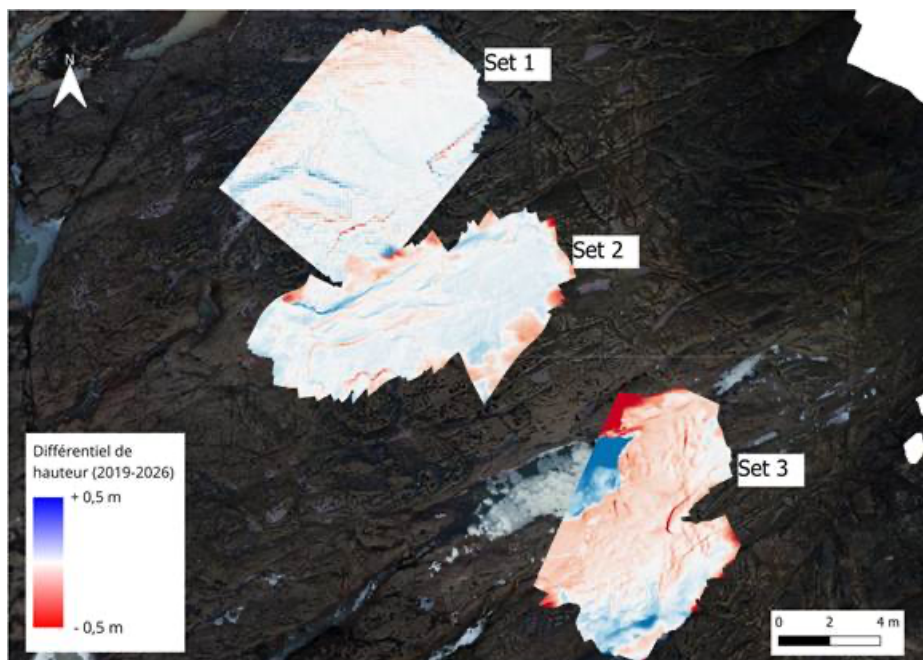
1. On compare d'abord les différences entre le mode d'acquisition plaqué et décalé avec intervallo-mètre.
2. Utiliser la fonction **Cloud to Cloud**.
3. Observer particulièrement les zones dures où il est très peu probable qu'il y ait eu de l'érosion.
4. Résultats observés :
 - Distance absolue maximale : 50 cm (principalement dans la végétation, non liée au mode d'acquisition).
 - Différence absolue dans les zones dures : maximum 20 cm, mais sur la plus grande partie des zones dures, la différence est proche de zéro.

Différentiel des données acquises à
Porsmilin , entre la mini perche plaquée et le
référentiel de janvier 2024

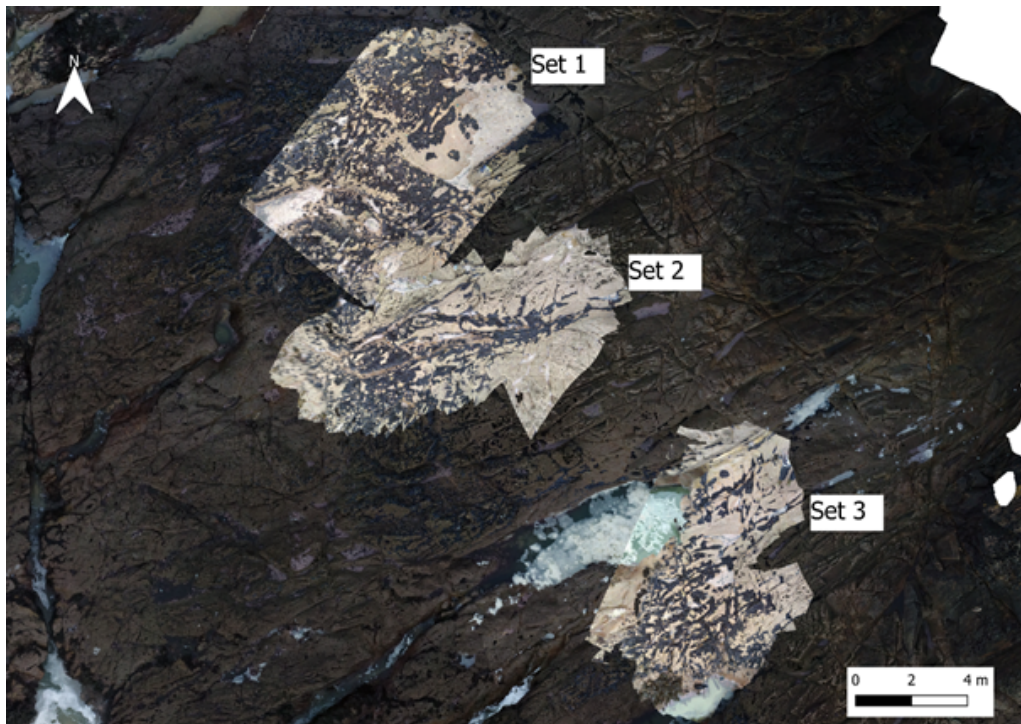


4.5 Comparaison des données avec le logiciel QGIS

Grâce à l'outil Calculatrice raster de QGIS, il est possible de faire un différentiel de MNE. Une MNE de 2019, celle de référence a été soustraite par la MNE réalisé en 2026, donnant un différentiel provisoire. En récupérant la moyenne dans propriété de la couche > Information, on trouve une valeur de 50,67, correspondant à la valeur précise de l'offset entre l'ellipsoïde et l'altitude de la moulière. Dans la Calculatrice raster, on soustrait cette valeur au différentiel provisoire, pour donner une version finale (voir Figure suivante).



L'ortho photo suivante correspond à la photogrammétrie prise avec une grande perche des 3 zones de moulières en 2026.



5 Appareillage et coûts

5.1 Dispositifs utilisés

- **Grande perche** : ~750 €
- **Mini-perche** : ~1 000 €
- **Pendule Picavet (cerf-volant complet)** : ~1 225 € (cerf-volant + ficelle + enrouleur + dispositif)

5.2 Avantages low-cost et low-tech

Ce protocole privilégie une approche low-cost et low-tech pour faciliter :

- Le **transfert à d'autres utilisateurs** (mairies, villages, collectivités locales, pays en voie de développement).
- Une **reproduction à grande échelle** (coût unitaire peu élevé permettant d'en acquérir plusieurs exemplaires).
- La **publication scientifique** d'une méthode accessible à la communauté scientifique.
- La **vulgarisation grand public** avec mise à disposition de schémas d'impression 3D.

5.3 Diversité d'applications

- Reconstitution de plages et de falaises → visualisation de l'érosion.
- Topographie de surfaces (moulières) → répartition des populations fixées (suivi écologique).
- Applications militaires → visualisation des tranchées et champs de bataille.
- Diagnostic après sinistres → cartographie des zones dévastées.
- Agriculture → visualisation du champ et croissance des cultures.

Note : Pour un coût de 300 € supplémentaires, dans une zone autorisée, il est également possible d'utiliser un drone pour collecter davantage de données.

6 Conclusion

Ce protocole détaille une chaîne d'acquisition et de traitement OBS-3D complète, cohérente et reproductible, depuis le choix des capteurs jusqu'à la comparaison fine des modèles 3D. Il démontre qu'un système low-cost et low-tech (smartphone + GPS RTK + perches ou cerf-volant) peut produire des reconstructions de falaises et de moulières de qualité proche de méthodes de référence, tout en restant facilement transférable à d'autres équipes ou acteurs de terrain.

Les tests préliminaires (positionnement antenne-caméra, comparaison FACET/U-BLOX, évaluation d'Open Camera et d'AutoClicker, étude des vitesses de déplacement et des conditions lumineuses) permettent de quantifier les limites du dispositif et de définir des réglages opérationnels robustes. Sur le terrain, les protocoles falaise, moulière et cerf-volant encadrent précisément les trajectoires, la fréquence de prise de vue et la configuration GNSS, garantissant un recouvrement suffisant pour la photogrammétrie.

Enfin, la partie traitement (MetaShape, ODM, CloudCompare, QGIS) assure la traçabilité scientifique des opérations : contrôle qualité des images, paramétrage des incertitudes, génération de nuages de points et d'orthomosaïques, puis comparaison métrique avec des jeux de données de référence. L'ensemble ouvre la voie à une large gamme d'applications (suivi d'érosion, cartographie écologique, diagnostic post-crise, appui à la gestion côtière) et fournit une base solide pour des publications et un transfert de la méthode vers les collectivités, laboratoires et structures intéressées.