



INSTITUT NATIONAL  
DE L'INFORMATION  
GÉOGRAPHIQUE  
ET FORESTIÈRE

**CONCOURS INTERNE D'ADMISSION AU GRADE D'ELEVE INGENIEUR DES TRAVAUX  
GEOGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES DE L'ETAT**

**SESSION 2023**

**EPREUVE DE COMPOSITION FRANCAISE**

**DUREE : 3 heures**

**AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE**

→ Employer exclusivement de l'encre noire

→ Numéroter les feuillets

## **Sujet :**

Le concept de légèreté apparaît comme une aspiration très ancienne. Dès l'Antiquité s'impose cette recherche d'une échappée face aux malheurs de l'existence, d'un allègement du poids de notre quotidien ?

Gilles Lipovetsky, philosophe contemporain déclare « Il existe une légèreté de la facilité, qui apporte des satisfactions immédiates et permet d'oublier les malheurs quotidiens. Je m'inquiète qu'elle se développe au détriment d'une autre, celle qui se conquiert par le travail, par l'intelligence, par la culture. »

Dans quelle mesure souscrivez-vous à ces propos ?

Vous répondrez dans un développement structuré et argumenté.

**CONCOURS INTERNE D'ADMISSION AU GRADE D'ELEVE INGENIEUR DES TRAVAUX  
GEOGRAPHIQUES ET CARTOGRAPHIQUES DE L'ETAT**

**SESSION 2023**

☒-☒-☒-☒

**EPREUVE DE LANGUE  
VERSION D'ANGLAIS**

**DUREE : 1 heure**

**AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE**

- Employer exclusivement de l'encre noire
- Numéroté les feuillets

**CONSIGNE :**

**Traduire le texte, titre inclus**

# The strangest thing? Why Kate Bush is back at the top of the charts

Thanks to the Netflix show *Stranger Things*, the 80s classic “Running Up That Hill” has found a new audience. And it’s not the only 40-year-old hit the show could revive.



Kate Bush scoring an unexpected smash hit with a 37-year-old song? Stranger things, if you can excuse the pun, have happened, but not many. “Running Up That Hill”, which initially reached No 3 in the UK in 1985, has suddenly soared to the top of the UK and US iTunes charts after featuring in the Netflix series *Stranger Things*. It has also rocketed to

no 4 in the Spotify Top 200 chart – after a 153% increase in streams – and the *Stranger Things* effect means it is now the artist’s most-streamed track, toppling<sup>1</sup> her famous hit “Wuthering Heights”.

*Stranger Things* – a supernatural/sci-fi horror set in the fictional town of Hawkins, Indiana, in the 1980s – is a particular smash with the Generation Z of 10 to 25-year-olds, and so is exposing our vulnerable youth to all manner of audio and visual nostalgia, from period pop to mullet haircuts.

Running Up That Hill – from Bush’s classic album, *Hounds Of Love* – debuted in the first episode of season four. It plays on the Walkman of one character, and reappears in other key scenes. Running Up That Hill’s lyrics – “If I only could, I’d make a deal with God, I’d get him to swap our places” – are apposite<sup>2</sup> and illustrate the power of music as a therapeutic reviving force.

Issuing a rare statement to thank her legions of new fans, Kate Bush wrote on her website on Sunday: “You might’ve heard that the first part of the fantastic, gripping new series of *Stranger Things* has recently been released on Netflix. It features the song, Running Up That Hill which is being given a whole new lease of life by the young fans who love the show – I love it too! It’s all really exciting! Thanks very much to everyone who has supported the song. I wait with bated breath for the rest of the series in July.”

Running Up That Hill plays a key role in the latest season of *Stranger Things*, being the favourite song of the character Max, and appearing as a motif throughout. The song has become a particular hit among Gen Zers, who were not born when the song was first released in 1985, appearing in TikTok after TikTok since Friday.

*The Guardian*, 17 June 2022

1 Topple (v.): overturn

2 Apposite (adj.): apt, relevant

**SESSION 2023**

**ÉPREUVE PROFESSIONNELLE A CARACTÈRE TECHNIQUE**

**DOMAINE : EXPLOITATION DES BASES DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES**

Aucun document autorisé

**Durée : 5 heures**

**Base des Obligations Légales de Débroussaillage**

**Contexte**

**FEU DE FORÊT**

On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une surface minimale de 0,5 hectare d'un seul tenant, et qu'une partie au moins des étages arbustifs et/ou arborés (parties hautes) est détruite. La dénomination vaut aussi pour les incendies qui touchent le maquis, la garrigue ou encore les landes.

**QUELLES SONT LES CAUSES D'UN INCENDIE ?**

Généralement, l'été est la période de l'année la plus propice aux feux de forêt, car aux effets conjugués de la sécheresse et d'une faible teneur en eau des végétaux s'ajoute une forte fréquentation de ces espaces. Mais le danger existe aussi en fin d'hiver et au début du printemps, notamment dans le massif landais ou dans les zones de moyenne montagne.

Un feu de forêt peut être d'origine naturelle (dû à la foudre ou à une éruption volcanique) ou humaine : soit de manière intentionnelle, soit de manière accidentelle (barbecue, mégot de cigarette, feu d'écobuage mal contrôlé, travaux...). Il peut également être provoqué par des infrastructures (ligne de transport d'énergie, dépôt d'ordure, ligne de chemin de fer, etc.).

**COMMENT SE DÉVELOPPE UN INCENDIE ?**

Pour qu'il y ait inflammation et combustion, trois facteurs doivent être réunis :

- ✓ Présence d'un combustible (n'importe quel matériau pouvant brûler) ;
- ✓ Présence d'une source externe de chaleur (flamme ou étincelle) ;
- ✓ Présence d'oxygène pour alimenter le feu.

Un feu peut prendre différentes formes selon les caractéristiques de la végétation et les conditions climatiques dans lesquelles il se développe.

- ✓ **Les feux de sol.** Ils brûlent la matière organique contenue dans la litière, l'humus ou les tourbières. Alimentés par incandescence avec combustion, ces feux ont une faible vitesse de propagation.
- ✓ **Les feux de surface.** Ils consomment les strates basses de la végétation et se propagent en général par rayonnement ou convection. Ils affectent la garrigue ou les landes.
- ✓ **Les feux de cimes.** Ils atteignent la partie supérieure des arbres (ligneux hauts) et forment une couronne de feu qui libère en général de grandes quantités d'énergie. Leur vitesse de propagation est très élevée et ils sont particulièrement intenses et difficiles à contrôler lorsque le vent est fort et le combustible sec.

### **Contexte 2022**

L'année 2022 a été historique à bien des égards : une sécheresse record en durée, des températures élevées associées à des épisodes de canicule, qui en font l'année la plus chaude jamais enregistrée par Météo France et des feux de forêt marquants par le nombre de feux et d'hectares brûlés, leur intensité et leur répartition géographique, avec des territoires jusque-là rarement concernés comme la Bretagne, l'Anjou, le Centre ....

Au total, 72 000 hectares d'espaces naturels ont été dévastés par les feux en 2022 ce qui est 6 fois supérieur à la moyenne.

Suite à la situation catastrophique de cet été, le Président de la République a annoncé un plan d'actions pour :

- Mieux prévenir les incendies : les moyens de l'ONF et Météo France se trouvent renforcés pour les années 2023 et 2024
- Lancer une campagne de communication sur les obligations légales de débroussaillage,
- Réaliser une cartographie de la sensibilité au risque d'incendie,
- Renforcer les moyens humains et matériels des services d'incendies et de secours
- Reboiser et gérer durablement la forêt avec une planification de reforestation : les grands objectifs du chantier de replantation des forêts ont été annoncés, avec la plantation d'un milliard d'arbres à horizon 2030.

### **Une grande partie du territoire concerné**

Historiquement, la moitié sud du pays est la plus touchée par les feux de forêt et de végétation. La région méditerranéenne est l'un des 35 points chauds de la biodiversité, c'est-à-dire une zone possédant une grande richesse de biodiversité, mais particulièrement menacée par l'activité humaine.

Toutefois, le changement climatique accroît le risque dans de nouvelles zones, comme le nord-ouest de la France (Pays de la Loire, Centre-Val de Loire et Bretagne). En 2022, la part de la surface brûlée en zone méditerranéenne est même inférieure à celle brûlée dans le reste de la France. Les feux dans les régions historiquement épargnées sont de plus en plus fréquents et gagnent en intensité.

### **Les OLD (Obligations Légales de Débroussaillage)**

#### **Le débroussaillage, c'est quoi ?**

Le débroussaillage, c'est réduire la masse de végétaux sur un terrain pour diminuer préventivement l'intensité des feux et réduire leur propagation. Il ne vise pas à la suppression totale de la végétation et ne s'assimile ni à une coupe rase, ni à un défrichement. Dans certains territoires, le débroussaillage

est une obligation. Celle-ci s'applique dans une zone de 50 mètres<sup>1</sup> autour de vos bâtiments ou de tout autre équipement.

#### Qui est concerné ?

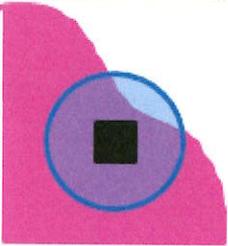
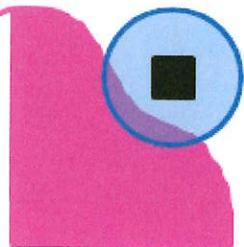
L'obligation légale de débroussaillage s'applique dans les départements et communes particulièrement à risque face aux menaces de feux de forêt et de végétation.

Dans ces communes, tous les propriétaires de bâtiments ou d'équipements situés à moins de 200 mètres de bois, forêts, landes, maquis et garrigues sont concernés. La réalisation du débroussaillage peut nécessiter d'intervenir sur la propriété de votre voisin. Le maire est chargé du contrôle du respect de cette obligation. Les agents assermentés, notamment ceux de l'ONF (Office national des forêts), sont habilités à verbaliser.

#### Vous devez intervenir sur un terrain voisin pour respecter l'obligation légale de débroussaillage ?

Vos voisins ont l'obligation de vous autoriser l'accès à leur terrain. En cas de refus, les opérations de débroussaillage seront à leur charge.

**Quelques exemples :** la zone rose correspond à la délimitation des zones concernées par la réglementation des OLD

1/ 	Quid du buffer de 50m hors zonage informatif ; est-il à débroussailler ?  NON, les OLD ne s'appliquent pas à plus de 200 mètres des bois, forêt, landes, maquis et garrigues. Seule la partie en rose à l'intérieur du cercle est à débroussailler.
2/ 	Quid d'une habitation/construction hors zonage dont une partie du buffer de 50m intersecte le zonage informatif ? Le buffer est-il à débroussailler entièrement ? ou bien l'habitation n'est pas concernée ?  Seules les habitations situées à moins de 200 mètres génèrent des OLD.  Dans cet exemple, l'habitation n'est pas concernée

<sup>1</sup> Cette distance peut être portée à 100 mètres par le maire ou par le préfet. Renseignez-vous auprès de votre mairie.

## Contexte réglementaire

### **Article L131-6**

*Version en vigueur depuis le 01 juillet 2012*

#### **Création Ordonnance n°2012-92 du 26 janvier 2012 - art. (V)**

Le représentant de l'Etat dans le département peut, indépendamment des pouvoirs du maire et de ceux qu'il tient lui-même du [code général des collectivités territoriales](#) :

1° Réglementer l'usage du feu, pour des périodes de l'année et selon des modalités d'information précisées par décret en Conseil d'Etat ;

2° Interdire, en cas de risque exceptionnel d'incendie et sur un périmètre déterminé :

a) L'apport et l'usage sur les terrains inclus dans ce périmètre de tout appareil ou matériel pouvant être à l'origine d'un départ de feu ;

b) La circulation et le stationnement de tout véhicule, ainsi que toute autre forme de circulation, sauf aux propriétaires des biens menacés et aux occupants de ces biens du chef de celui-ci ;

3° Edicter toute autre mesure de nature à assurer la prévention des incendies de forêt, à faciliter la lutte contre ces incendies et à en limiter les conséquences.

### **Article L132-1**

*Version en vigueur depuis le 22 mars 2015*

#### **Modifié par LOI n°2013-403 du 17 mai 2013 - art. 1 (V)**

Les bois et forêts situés dans les territoires exposés aux risques d'incendies peuvent faire l'objet d'un classement à ce titre, prononcé par l'autorité administrative compétente de l'Etat après avis des conseils municipaux intéressés et du conseil départemental. S'il y a opposition, le classement est prononcé par décret en Conseil d'Etat.

Les dispositions du chapitre Ier, sauf mention particulière, et celles du chapitre IV du présent titre leur sont applicables.

### **Article L133-1**

*Version en vigueur depuis le 22 mars 2015*

Les bois et les forêts du domaine de l'Etat sont gérés sur la base d'un document d'aménagement arrêté par le ministre chargé des forêts.

Ce document prend en compte les orientations de gestion du territoire où se situent la forêt et les objectifs de gestion durable, notamment la contribution actuelle et potentielle de la forêt à l'équilibre des fonctions écologique, économique et sociale de ce territoire, ainsi que les caractéristiques des bassins d'approvisionnement des industries du bois. Dans les forêts soumises à une forte fréquentation du public, la préservation et l'amélioration du cadre de vie des populations sont prioritaires, dans le respect des objectifs de la gestion durable.

La commune où se trouve la forêt est consultée lors de l'élaboration du document d'aménagement. L'avis d'autres collectivités territoriales peut être recueilli dans des conditions fixées par décret.

Le document d'aménagement, s'il est commun à une forêt domaniale et à une ou plusieurs autres forêts relevant des dispositions du 2° de l'article L. 111-1, est arrêté dans les conditions prévues au premier alinéa.

Pour les bois et forêts bénéficiant du régime dérogatoire prévu au dernier alinéa du I de l'article L. 6, un règlement type de gestion est approuvé, sur proposition de l'Office national des forêts, par le ministre chargé des forêts.

L'arrêté d'aménagement peut, pour certaines zones, interdire ou soumettre à des conditions particulières les activités susceptibles de compromettre la réalisation des objectifs de l'aménagement.

### **Action Phare du gouvernement pour lutter contre les feux de forêts**

Le gouvernement souhaite rappeler à l'ensemble des citoyens concernés par les OLD la nécessité de débroussailler. Pour cela une campagne de communication a été lancée le 15 mars 2023 en mettant à disposition les zones OLD sur le Géoportail.

En parallèle de cette campagne, un courrier a été adressé à tous les adresses contenues dans les zonages OLD.

### **Contexte technique :**

Certaines DDT (Directions Départementales des Territoires) ont construit les données décrivant les zones concernées par les OLD à partir de BD forêt V2 et de la BD Topo. La BD forêt contient des données décrivant les forêts par type d'essence et autres formations végétales. Elle est un peu ancienne mais c'est la seule donnée actuellement dérivant sous forme vecteur les zones forestières en France. Les DDT y ont apporté leur expertise et connaissance terrain.

Les données produites par les DDT ont donné lieu à des arrêtés préfectoraux.

Quand les DDT n'ont pas réalisé le travail de cartographie des OLD, la base utilisée est la BD forêt V2 avec application directe d'un buffer de 200 m autour des massifs forestiers.

L'utilisateur de cette donnée doit pouvoir distinguer les massifs forestiers des zones buffer. Il doit également pouvoir connaître l'origine de la donnée. Cette donnée a vocation à être mise à jour et à devenir plus homogène. Il faut donc pouvoir suivre son évolution. Enfin il est important de trouver le texte de loi de référence.

Ces données sont utilisées conjointement avec les données du thème Bâti de la BD TOPO pour identifier les zones à débroussailler, et les données adresse de la BAN (Base Adresse Nationale) pour identifier les adresses impactées.

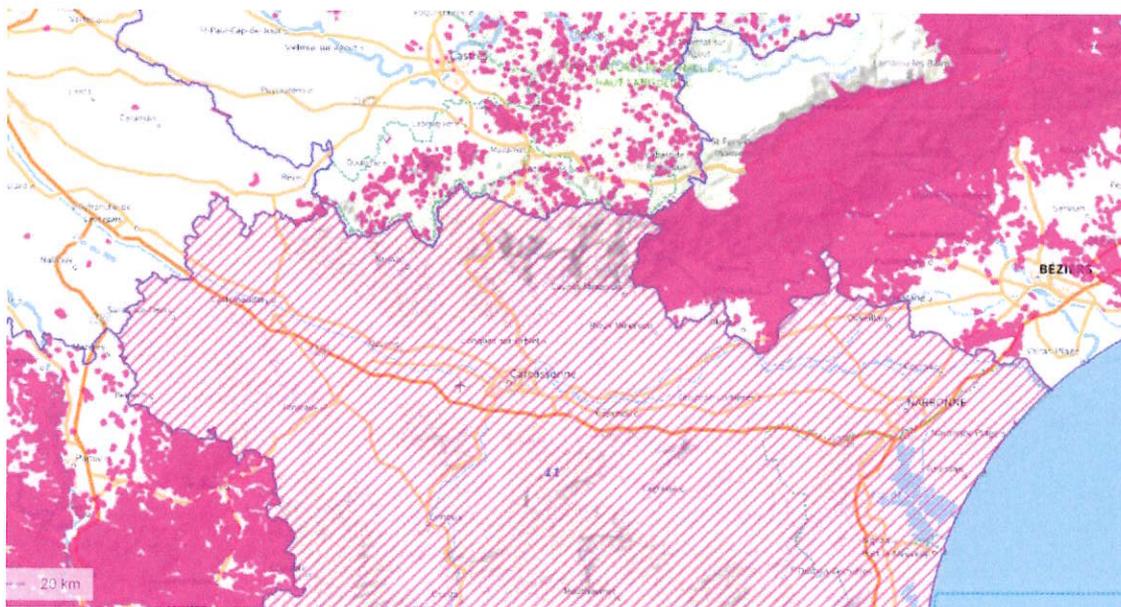
Les données départementales sont parfois diffusées sur les sites des préfetures et/ou des DDT. La base nationale est diffusée sur le Géoportail.

### **Comment cette donnée cartographique nationale est-elle produite ?**

Cette carte est un recensement des territoires qui sont soumis à la réglementation OLD suite à l'étude des décrets et arrêtés préfectoraux en vigueur dans les départements. Les zonages sur la réglementation OLD produits par les services des préfetures ont été intégrés. Sur les autres départements où les OLD s'appliquent, la carte affiche le zonage produit par l'IGN conformément à l'instruction technique n°DGPE/SDFCB/2019-122 du 08 février 2019. Sur certains secteurs, la traduction en zonage des informations réglementaires sur les OLD n'est pas assez précise. La carte du Zonage

Informatif des OLD s'affiche alors en hachurée pour signaler que des données précises sont indisponibles dans le secteur. L'utilisateur peut alors cliquer sur la zone hachurée pour consulter des informations complémentaires. Cette carte est donc **informatif** et n'a pas vocation à déterminer l'étendue exacte du zonage où s'applique la réglementation sur les OLD (se renseigner auprès de la mairie ou de la préfecture), car :

- certains massifs boisés (inférieurs à 4 hectares) peuvent ne pas apparaitre sur cette cartographie alors que des OLD s'y appliquent.
- elle est établie à partir de données photographiques et/ou numériques dont la fiabilité ne peut être garantie (difficulté d'identification des certains boisements, de landes, de garrigues, de zones en coupes rases, ou encore de zones défrichées depuis la prise de vue photographique ou satellite).
- elle doit être actualisée au fur et à mesure de l'évolution de la réglementation prise dans les départements (mise à jour de la carte).
- elle référence sur certains départements des secteurs soumis aux OLD prévus dans des décrets particulièrement anciens (en cours d'actualisation). Dans ce cas la carte affiche le secteur avec un zonage hachuré.



### Question 1 : modélisation (5 points)

En utilisant le formalisme de votre choix (UML, HBDS, ou autre), proposez un schéma des données géographiques nécessaires pour la Base de Données des OLD.

Vous indiquerez les principales classes d'objets et relations qui existent entre elles ainsi que leur cardinalité, les principaux attributs et la nature géométrique des objets (ponctuelle, linéaire ou surfacique) et la dimension des objets (2D/ 3D). Vous préciserez si besoin les hypothèses que vous prenez sur la structure des données.

### Question 2 : production (6 points)

Développez une argumentation avantages/inconvénients de chaque démarche ou chaque proposition ci-dessous :

1. La BD foret V2 utilisée pour générer les OLD est vieillissante. Sa fréquence de production et son cout étaient élevés.
  - a. Au sein de cette base, quels types d'objet sont nécessaires pour les OLD ?
  - b. et quelle production peut être mise en œuvre pour disposer de données actualisées ?
2. La base de données des OLD est composite. Chaque DDT a en effet utilisé sa propre méthode, et a renseigné la base avec des attributs propres. Quels processus et méthodes peut-on mettre en œuvre afin d'homogénéiser cette base dans ses prochaines versions ?
3. Comment assurer un contrôle pertinent ?
4. Comment assurer une mise à jour des informations et une mise à disposition de la Base de données en adéquation avec les usages exposés ?
5. Quels outils peut-on mettre à disposition pour faciliter la production de cette donnée ?

### Question 3 : exploitation (4 points)

En vous appuyant sur la structure des données proposée à la question 1, veuillez détailler les requêtes permettant de répondre aux questions suivantes (les requêtes pourront être décrites soit littéralement soit à l'aide d'un langage de requête de votre choix, à votre convenance) :

1. Combien de courriers sont à adresser dans le zonage OLD du département du Var ?
2. Quelle est la commune de France contenant la plus grande surface d'OLD?
3. Un citoyen habite dans une zone OLD et doit débroussailler son terrain. Quelle surface est impactée ?
4. Le maire de la commune de Brignoles souhaite connaître la surface qui devra être débrousaillée par les citoyens et celle qui sera à sa charge.

### Question 4 : diffusion (3 points)

Cette donnée doit être utilisée par de multiples acteurs : citoyens (pour débroussailler), collectivités (pour informer et sensibiliser les citoyens), services de secours et protection contre l'incendie (pour vérifier que le débroussaillage a été effectué), assureurs (pour les primes d'assurance), ...

Pour cela la diffusion de l'information doit être sécurisée et efficace.

1. Quels vecteurs de communication et quels supports vous semblent opportuns à mettre en œuvre pour porter ces informations à connaissance ?

Veillez proposer des solutions techniques permettant de répondre aux différents besoins. Vous détaillerez notamment les moyens matériels et humains à mettre en œuvre.

2. Est-ce que des services peuvent être développés pour aider les citoyens et collectivités à identifier les zones à débroussailler ?

### **Question 5 : Perspectives (2 points)**

Le gouvernement décide en 2023 de mesures drastiques pour limiter l'ampleur des feux de forêts. En effet, une majorité des incendies survenus récemment ont été amplifiés par le défaut de débroussaillage des propriétés, notamment privées.

Afin de prendre des décisions éclairées sur les feux de forêts, une cartographie permettant d'évaluer les conséquences potentielles négatives sur la santé humaine, l'environnement et l'activité économique peut être pertinente. Ces informations doivent être exprimées au moyen des paramètres suivants:

- a) L'augmentation du risque ;
- b) le nombre indicatif d'habitants potentiellement touchés ;
- c) les types d'activités économiques dans la zone potentiellement touchée ;
- d) les installations qui sont susceptibles de provoquer une pollution industrielle en cas d'accident ;
- e) les autres informations que l'État juge utiles.

1. Quels sont d'après vous les données utiles pour éclairer les politiques publiques qui pourraient venir compléter la base de données des OLD ?
2. Ces données sont-elles faciles à obtenir et comment pourrait-t-on les représenter sur des cartes d'enjeux ?

**SESSION 2023**

**ÉPREUVE PROFESSIONNELLE A  
CARACTÈRE TECHNIQUE**

**DOMAINE : ACQUISITION DE DONNÉES  
GEOREFERENCES**

Durée : 5 heures

Aucun document autorisé hormis les annexes fournies avec le sujet. Le sujet comporte 12 pages hors annexes.

L'épreuve comporte trois parties indépendantes. Le barème est le suivant :

Partie 1 : 10

Partie 2 : 7

Partie 3 : 3

## **Partie 1 : réponse à un appel d'offre pour le suivi des effets de la montée du niveau des mers sur le littoral français**

Le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires souhaite disposer d'un état des lieux des effets de la montée du niveau des mers sur le littoral de l'Atlantique et de la Manche et a donc mandaté l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière pour répondre à cette demande. Vous êtes chargés de rédiger une proposition technique.

Les travaux à réaliser sont :

- La réalisation d'une couverture photographique aérienne numérique couleur et proche infrarouge (pIR),
- Le calcul d'une aérotriangulation permettant de garantir la précision géométrique requise sur l'orientation des images.
- La réalisation des mosaïques d'ortho-images numériques couleur (RVB et pIR).
- Réalisation de levés lidar par drone dans les zones sensibles.
- Réalisation de levés
- Suivi du niveau de la mer par bouée flottante

### **Géoréférencement des travaux**

Afin de géoréférencer les différents travaux, vous devez déployer un réseau de stations permanentes permettant une détermination centimétrique temps réel de points d'amer pour la stéréopréparation des prises de vue aériennes et le calage des différents levés terrestres. Le ministère ne souhaite pas utiliser de réseau existant et souhaite que l'IGN conserve la complète maîtrise de la détermination GNSS.

Compte tenu de l'exigence de précision mentionnées ci-dessus, spécifiez le réseau de stations permanentes à mettre en place. Vous spécifierez en particulier (liste non exhaustive) :

- type de positionnement,
- type de matériel,
- densité, répartition,
- contraintes techniques,
- référentiel de travail,
- détermination des coordonnées des stations,
- etc

### **Réalisation d'une couverture photographique aérienne**

Cette prise de vue aérienne est destinée à contextualiser les levés lidar précis qui seront réalisés sur les zones les plus sensibles. Elle est donc plutôt destinée à créer un support visuel homogène en datation du littoral tout en englobant largement les zones sensibles. On voudrait également à partir des

images infra-rouges mettre en place un état 0 de la végétation dans les espaces dunaires et obtenir des indicateurs de l'état sanitaire forestier à proximité du littoral. Une résolution moyenne de 20cm semble adaptée au besoin.

1) A l'aide de la documentation technique du système ULTRACAMEAGLE MARK3 on vous demande une étude préalable qui propose un plan de vol et qui estime le nombre de clichés sur un vol test de 250 km de littoral à partir de la frontière espagnole. Comment vous y prenez-vous pour établir le plan de vol ? Décrivez les caractéristiques de celui-ci ?



2) On vous demande également d'énumérer les spécifications techniques qui permettront de rédiger le cahier des charges pour le prestataire.

3) Le prestataire ayant réalisé le vol test, il vient vous livrer le disque dur contenant a priori l'ensemble des fichiers relatifs à votre commande. Avant qu'il ne quitte votre bureau, quelles vérifications rapides pouvez-vous faire immédiatement pour contrôler que la livraison est conforme au cahier des charges ?

4) Un fichier nommé « Trajectographie\_GNSS\_DMS\_Wgs84.pos » contient la position estimée des sommets de prise de vue.

194	-1° 16' 15.62"	45° 52' 47.59"	5094.52 m
195	-1° 16' 57.52"	45° 53' 04.09"	5092.72 m
196	-1° 17' 39.36"	45° 53' 20.64"	5091.54 m
197	-1° 18' 21.67"	45° 53' 36.81"	5092.13 m
198	-1° 19' 03.94"	45° 53' 52.82"	5093.39 m
199	-1° 19' 45.91"	45° 54' 09.32"	5094.26 m
200	-1° 20' 27.64"	45° 54' 26.12"	5093.66 m

.....  
Sachant que le rayon de la Terre est de 6378 km à l'équateur, calculez la précision avec laquelle sont exprimées ces coordonnées. La précision est-elle la même en latitude et longitude ?

Est-elle suffisante ?

Quelles autres informations aurait-on voulu récupérer dans un tel fichier ?

### Calcul d'une aérotriangulation

Afin de mettre en place cette prise de vue, on vous demande de spécifier une procédure de calage utilisant au maximum les données disponibles à travers le Géoportail. Pour cette première étape, les mesures relatives aux points de calage doivent être sous-traitées et vous devez rédiger une courte documentation présentant la livraison attendue et les consignes de travail pour obtenir la meilleure précision possible.

Dans un deuxième temps, vous profitez des opérations de terrain relatives aux zones sensibles pour compléter cet équipement par quelques points terrain. Idéalement, ces mesures devraient également permettre de favoriser la mise en place des levés lidar par drone mais également pouvoir servir de référence aux levés de précision sur les ouvrages d'art.

Quelles consignes donnez-vous aux opérateurs partant sur le terrain pour réaliser ces points de calage ?

A l'issue de ces opérations de terrain, énumérez la liste des données et des paramètres en entrée du logiciel d'aérotriangulation qui va calculer l'orientation relative et absolue de l'ensemble des clichés de la prise de vue. Vous pouvez proposer des valeurs réalistes pour certains paramètres.

### Réalisation de levés de précision

Les levés de précision se répartissent en 2 catégories :

- Une première série de levés lidar sera réalisée à partir d'acquisitions drone à basse altitude sur toute la zone côtière émergée exposée à la submersion. On considère comme limite de la zone à analyser celle qui est atteinte par une surélévation du niveau marin de 2 mètres et qui doit inclure toute les habitations et infrastructures exposées.
- Une deuxième série de levés concernera uniquement les digues de protection et infrastructures portuaires au premier plan de l'exposition. Ces levés beaucoup plus précis devront permettre de mettre en évidence les dommages subis par les ouvrages au fil du temps : déformations, ruptures, ou fissures dans les ouvrages d'art.

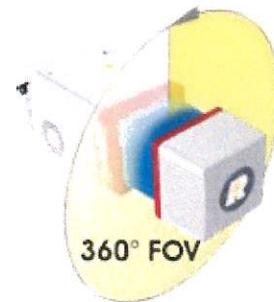
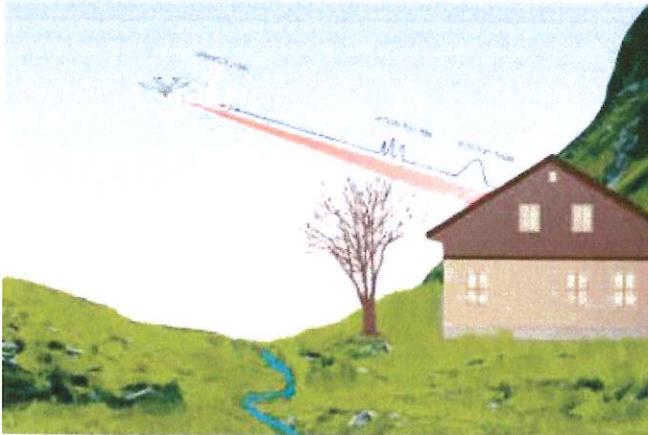
### Lidar sur drone très haute résolution

Pour la première série de levés, on vous demande d'étudier la possibilité de mettre en œuvre un système de type RIEGL MiniVUX. La documentation technique de ce système est fournie en annexe. C'est un système d'acquisition mobile complet équipé d'un système de positionnement inertiel, d'un scanner rotatif et éventuellement d'un ou plusieurs systèmes imageurs. Il est conçu pour être monté sous un drone. On envisage de l'utiliser sans caméra mais de réaliser cependant des ortho-images du sol dont la radiométrie sera obtenue à partir de l'information d'intensité du retour laser. On fournira à la même résolution que l'ortho, la grille du modèle numérique d'élévation qui représentera ainsi la composante altimétrique de notre ortho-image.

1. En considérant la globalité du chantier, comment utiliser l'information de l'intensité du retour laser pour fabriquer une ortho-image codée sur 8 bits ?

2. Comment va-t-on utiliser successivement les différents points 3D du nuage pour générer des ortho-images et leur grilles altimétriques associées.

Afin d'obtenir la meilleure résolution possible pour notre ortho, on décide de faire voler le drone à la hauteur minimum permettant de passer en sécurité au-dessus des arbres et des toits de bâtiments. Cette hauteur de vol est fixée à 20 m du sol moyen.



MTA1: no ambiguity / one transmitted pulse „in the air“

On décide également de faire tourner le scanner à sa vitesse de rotation maximum de 100 tours/secondes et d'acquérir à la fréquence maximum de mesure de 200 000 points/seconde.

- 1 Calculer les résolutions spatiales du nuage de points au niveau sol.

- A la verticale du lidar
- A une distance latérale de 10m.
- A une distance latérale de 20m.

- 2 En argumentant vos réponses :

Quelle résolution peut-on choisir pour notre ortho-image lidar ?

Quel espacement peut-on choisir entre 2 axes de vol pour couvrir la zone à cette résolution ?

- 3 Calculer à quelle vitesse doit voler le drone pour être compatible avec la résolution calculée précédemment.
- 4 Selon vous, quels sont les conditions matérielles nécessaires pour obtenir un géoréférencement précis des données produites par un système de cartographie mobile : Pour les images ? Pour le Lidar ? En consultant les spécifications fournies par le constructeur, en quoi le système RIEGL MiniVUX semble-t-il répondre à ces besoins ?
- 5 En optant pour la centrale Applanix APX-20 permettant le maximum de précision, estimer la précision de l'information 3D contenue dans nos ortho-images.
- 6 Spécification du produit : A partir des éléments précédents, spécifier le produit en sortie du processus. Sous la forme d'un descriptif de contenu et d'un descriptif de livraison. (constitution des jeux de données, résolution, formats, etc.)

## Levés de surveillance des digues et ouvrages d'art

Afin d'avoir une évaluation qualitative et quantitative de leur évolution, on souhaite réaliser un levé périodique sur certains ouvrages d'art ainsi que certaines portions de digues.

On peut considérer la taille maximale d'une zone entre 50 et 100 mètres de côté. Le matériel envisagé est un scanner de qualité topographique possédant un compensateur de précision assurant la "verticalisation" des levés.

1. Décrivez la méthodologie à mettre en œuvre pour l'assemblage des différentes stations et pour la mise en référence d'un levé.
2. Vous devez travailler dans le référentiel national et choisir une projection.
  1. Quelles projection allez-vous choisir ?
  2. Compte tenu du grand volume des données, quelles solutions peut-on envisager pour alléger la livraison des levés ?

## Suivi du niveau de la mer par bouée flottante

On souhaite par ailleurs suivre le niveau de la mer dans certaines zones du littoral au moyen de bouées flottantes, amarrées de façon lâche à un corps-mort posé au fond de l'eau, la bouée étant libre de suivre le niveau de l'eau en se déplaçant dans la limite imposée par la longueur du câble.

Spécifier ces bouées : matériel en particulier GNSS, communications, etc...

## Partie 2 : monitoring du tunnel autoroutier sud Toulon

A Toulon, en 2005, sur l'autoroute entre Marseille et Nice, il a été décidé de doubler le tunnel autoroutier traversant le centre-ville. Le tunnel nord existant a donc été doublé avec le creusement d'un tronçon parallèle au sud (voir le plan en annexe, les tunnels sont en bleu).

Craignant des affaissements lors du percement, le MOA a décidé de mettre en place des systèmes d'auscultation sur certains bâtiments susceptibles de bouger.

Votre cabinet a remporté l'appel d'offre et vous êtes chargé spécifiquement de la surveillance de l'immeuble 8N (hachurée en mauve sur le plan).

En accord avec un BE, une zone dite de mouvements a été délimitée. Elle est représentée sur le plan par des hachures rouges.

La méthode utilisée consistera à équiper le bâtiment 8N de prismes qui seront ensuite visés depuis un tachéomètre motorisé installé en S sur le coin SO du toit du bâtiment 1N (bâtiment hachuré en bleu sur le plan).

Le procédé topométrique utilisé pour déterminer la position de S sera basé sur celui de la station libre et les cibles monitorées seront déterminées par rayonnement. Les observations se feront automatiquement après l'initialisation du système grâce à un PC qui pilotera le tachéomètre.

### Questions :

1. Décrivez ce qu'est une station libre. Quel est l'intérêt de cette méthode pour l'auscultation d'une zone susceptible de bouger ? Quelles caractéristiques doivent avoir les références ?
2. Vous êtes chargé de faire le design de l'installation, c'ad de déterminer l'emplacement des références et des cibles de monitoring sur le plan. Vous disposez pour cela d'un plan de la zone en Lambert 93.

Vous devez tenir compte de certaines contraintes:

- les références, pour des raisons de précisions, seront à placer dans un rayon de 70 m ;
- les visées devront éviter tout obstacle potentiel ;
- pour des raisons évidentes de robustesse du système, les références devront être placées sur des bâtiments différents, structurellement stables et pérennes ;
- les cibles de monitoring, placées sur la façade est, devront permettre de modéliser l'ensemble des mouvements du bâtiment 8N ;

Voici quelques renseignements utiles sur la zone pour faire le design :

- Le bâtiment 1N est assez haut, vous n'êtes gêné par aucun mur, ni par le bâtiment 11N au nord ;
- Les emprises des arbres sur le plan sont représentatives de la réalité ;
- Le bâtiment 2N (hachuré en marron), délabré, fait l'objet d'un permis de démolition dont l'exécution est imminente.

**Déterminez l'échelle du plan et placez 4 références, ainsi que 4 cibles de monitoring sur le plan.**

S'appuyant sur la polygonale du tracé du tunnel sud (points TT-xxx en bleu), le géomètre a déterminé les coordonnées des 4 références du système dans le système RGF93, en CC44 pour la planimétrie, et dans le système IGN69 pour l'altitude.

Voici les coordonnées qu'il obtient :

Nom	E (m)	N (m)	Alt (m)
REF1	1937993.280	3107302.128	14.602
REF2	1938048.271	3107222.215	13.981
REF3	1937994.436	3107201.609	13.602
REF4	1937966.642	3107223.467	13.072

Afin de déterminer les coordonnées initiales de la station et des cibles de monitoring, il effectue un tour d'horizon en cercle 1 depuis la station S et obtient les observations suivantes :

Nom	Angle horizontal (gon)	Angle vertical (gon)	Distance selon la pente (m)
REF1	10.1886	101.5555	58.494
REF2	148.5351	102.5555	51.097
REF3	231.6532	103.5555	43.509
REF4	286.2482	104.5555	41.386
MON	333.1751	110.5555	30.505

Au niveau du chantier, **l'altération linéaire** est de 30 ppm et la **réduction de niveau 0** est négligeable.

- Calculer les corrections à amener sur les distances brutes sachant que lors des observations, en pleine canicule, les conditions météo rencontrées étaient les suivantes :
  - Température T : 43 °C
  - Pression P : 1015 mbar

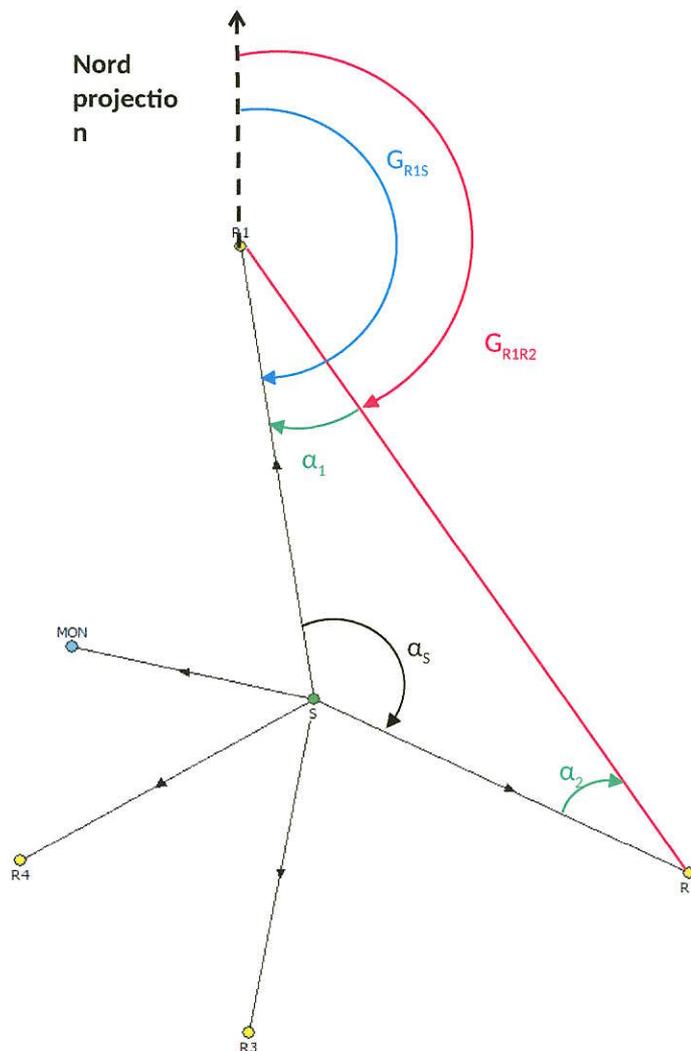
La formule des corrections météorologiques (ici Barrel and Sears simplifiée) pour le tachéomètre est :

$$\varepsilon_{atm}(\text{résultat en ppm}) = 275 - 79.55 * \left[ \frac{P(\text{mbar})}{(273 + T(^{\circ}\text{C}))} \right]$$

- Au fait, pourquoi la réduction de niveau 0 est-elle négligeable ? Réduisez alors les distances à la projection CC44. Expliquez votre démarche. Vous devez obtenir :

Nom	Distance réduite à la projection CC44
SR1	58.479
SR2	51.058
SR3	43.443
SR4	41.282
SMON	30.088

5. Calculez alors les coordonnées planes de la station libre S à partir des références 1 et 2 par résolution du triangle (S, R1, R2). Vérifiez que vous trouvez (1 938 002.257, 3 107 244.342). Utilisez le schéma suivant pour la résolution :



6. Quel mode opératoire mettriez-vous en œuvre pour le tour d'horizon en S pour avoir davantage de précision et de contrôle ?
7. Calculez alors le  $G_0$  moyen de S en intégrant toutes les références. Vérifiez que vous obtenez un résultat très proche de 380 gon (résultat arrondi à  $10^{-3}$  près). Définissez ce qu'est ce gisement particulier  $G_0$ .
8. L'altitude des références  $R_i$  a été déterminée par nivellement indirect depuis le canevas existant (points TT-xxx en bleu), et est estimée à 2 mm. Les 4 visées de relèvement en

nivellement indirect sur les références permettent d'obtenir une altitude pour S de 16.031 m.

Calculez les coordonnées tridimensionnelles de MON.

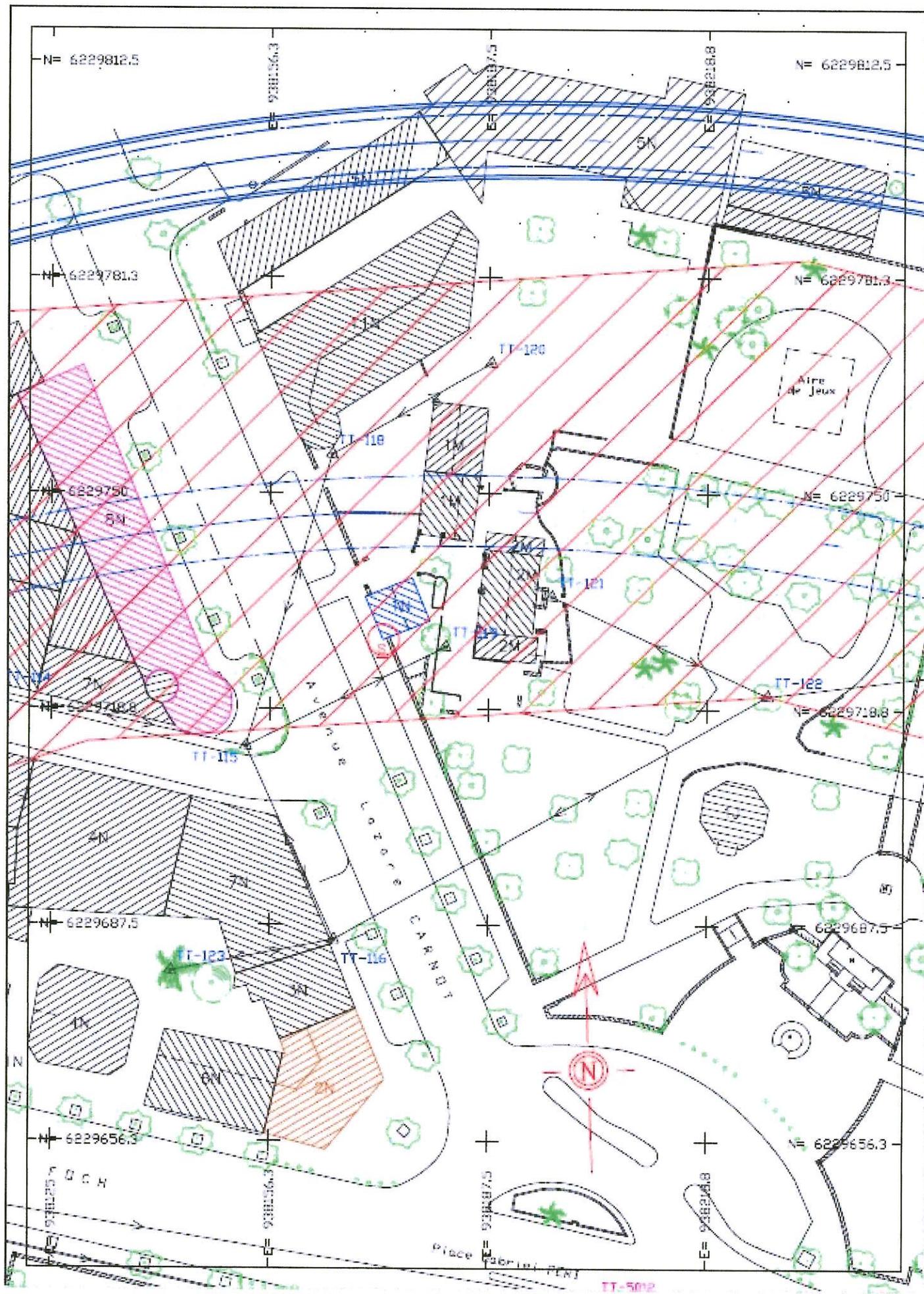
9. Le système est vendu pour une précision de 2 mm en altitude.

En utilisant la formule de propagation des variances, vérifiez si cela est bien le cas pour la cible MON.

Vous aurez besoin des précisions de l'appareil en station en S :

- Précision angulaire : 1 mgon
- Précision des distances : 2 mm
- Précision estimée de l'altitude de S à partir des visées sur les 4 références : 1 mm

10. En cours d'opération, le géomètre s'aperçoit qu'il avait oublié la constante de prisme de +34 mm sur les cibles de monitoring. Est-ce important pour le suivi des déformations ?



N= 6229812.5

N= 6229812.5

E= 938156.3

E= 938175

E= 938183

N= 6229781.3

N= 6229781.3

N= 6229750

N= 6229750

N= 6229718.8

N= 6229718.8

N= 6229687.5

N= 6229687.5

N= 6229656.3

N= 6229656.3

E= 938156.3

E= 938175

E= 938183

Place de la Penitence

Avenue Lazare CARNOT

Aire de Jeux

TT-123

TT-126

TT-115

TT-118

TT-120

TT-121

TT-122

N

TT-5012

CHATELAIN

N

N

N

N

N

## Partie 3 : Estimation linéaire

Dans le cadre d'une estimation par moindres carrés, définir les termes suivants :

- matrice modèle
- vecteur des paramètres
- « O-C »
- matrice normale
- résidus
- résidus normalisés
- matrice de variance-covariance sur les paramètres
- test du khi-2

# APX-20 UAV

## HIGH PERFORMANCE GNSS-INERTIAL SOLUTION WITH DUAL IMU'S

The Trimble APX-20 UAV is a GNSS-Inertial OEM solution designed to reduce the cost and improve the efficiency of mapping from small Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Comprised of small, low power, precision GNSS and inertial hardware components and POSPac UAV post-mission Differential GNSS-Inertial office software, the APX-20 UAV eliminates the need to survey extensive Ground Control Points (GCP's), and reduces the amount of sidelap required to be flown per flight. The innovative APX-20 UAV features a precision, survey grade GNSS receiver and dual inertial measurement units; one embedded onto the GNSS-inertial board and one as an external unit mounted on the sensor to be georeferenced. With this feature the APX-20 UAV automatically supports integration on gimballed platforms without requiring an external interface to an autopilot or the mount itself.

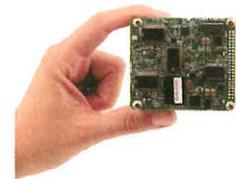
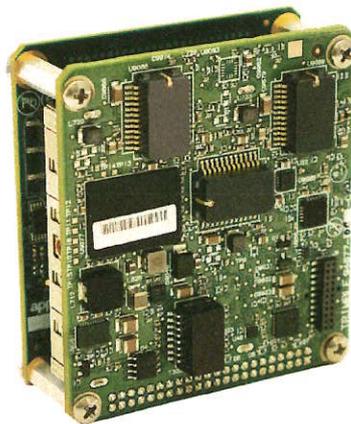
### HIGH ACCURACY, EXTREMELY SMALL PACKAGE

Weighing only 90 grams, and measuring just 60 x 67 x 34 mm for the GNSS-Inertial board, with different types of external IMU sensors, the APX-20 UAV provides unparalleled performance in an extremely small and lightweight package. The APX-20 UAV computes a real-time navigation solution at 100 Hz using its

embedded IMU while simultaneously logging the raw IMU data from both the internal and external IMU at 200 Hz for post-processing in POSPac UAV. The highly accurate post-processed position and orientation solutions are used for direct georeferencing of cameras, LiDARs and other sensors.

### THE APX-20 UAV BRINGS ALL THE BENEFITS OF DIRECT GEOREFERENCING TO UAV PLATFORMS:

- ▶ Turn your UAV into a professional mapping solution
- ▶ Ultra-fast image georeferencing for faster map production and delivery
- ▶ Reduced number of ground control points, saving time and money
- ▶ Consistent, reliable, highly accurate results
- ▶ Increased collection area per flight for greater productivity
- ▶ Redundant navigation solution to autopilot for enhanced safety



## Key Features

- ▶ High-performance Direct Georeferencing solution for improved efficiency and accuracy of mapping from small Unmanned Aerial Vehicles
  - Reduce/eliminate GCP's
  - Reduce sidelap
  - Accurate LiDAR/Camera georeferencing
  - Seamless workflow with gimballed platforms
- ▶ Compact OEM module complete with survey-grade multi-frequency GNSS receiver and embedded and external IMU's
- ▶ Applanix IN-Fusion™ GNSS-Inertial and SmartCal™ compensation technology for superior position and orientation performance
- ▶ POSPac UAV Differential GNSS Inertial post-processing software for highest accuracy georeferencing
- ▶ RTK real-time position for precision landing and real-time mapping applications
- ▶ Supports all common RTK corrections such as CMR, CMR+, RTCM

DATASHEET

# APX-20 UAV

## TECHNICAL SPECIFICATIONS

### System Summary

- Advanced Applanix IN-Fusion™ GNSS-Inertial integration technology
- Dual IMU with solid-state MEMS inertial sensors with Applanix SmartCal™ compensation technology
- Advanced Trimble Maxwell Custom GNSS survey technology
- 336 Channels
  - GPS: L1 C/A, L2C, L2E, L5
  - GLONASS: L1 C/A, L2 C/A, L3 CDMA®
  - BeiDou: B1, B2
  - Galileo: E1, E5A, E5B, E5AltBOC
  - QZSS: L1 C/A, L1S, L1C, L2C, L5, LEX
  - SBAS: L1 C/A, L5
  - MSS L-band: Trimble RTX, OmniSTAR
- High precision multiple correlator for GNSS pseudorange measurements
- Unfiltered, unsmoothed pseudorange measurements data for low noise, low multipath error, low time domain correlation and high dynamic response
- Very low noise GNSS carrier phase measurements with <1 mm precision in a 1 Hz bandwidth
- Proven Trimble low elevation tracking technology
- 100 Hz position, roll, pitch and heading output
- IMU data rate 200 Hz for both Internal and external IMU
- Navigation output format: ASCII (NMEA-0183), Binary (Trimble GSOF)
- Supported Reference input: CMR, CMR+, sCMRx, RTCM 2.1, 2.2, 2.3, 3.0, 3.1
- Support for POSPac UAV post-processing software (included)
- No export permit required

### LAN INPUT/OUTPUT

All Ethernet functions are supported through dedicated IP address (Static or DNS) simultaneously.

- TCP/IP and UDP      ASCII and Binary data streaming (Time tag, PPS sync, status, position, attitude, velocity, track and speed, dynamics, performance metrics, GNSS data)
- HTTP                      Web based Control software (GUI) for easy system configuration and low rate display. Support for all common browsers (IE, Safari, Mozilla, Google Chrome, Firefox)

### SERIAL INPUT/OUTPUT

- RS232 level port  
TTL level (3.3 V) port  
Parameters              ASCII and Binary data streaming (Time tag, PPS sync, status, position, attitude, velocity, track and speed, dynamics, performance metrics, GNSS data), reference input (CMR, CMR+, sCMRx, RTCM), configuration messages

### OTHER INPUT/OUTPUT

- PPS (pulse-per-second) Time Sync Pulse output
- Event Input (2)              Two time mark of external events  
TTL 3.3 V pulses, max rate 50 Hz
- Digital I/O (3)              LED drivers with dedicated functionality for systems integrators

### LOGGING

- Internal Logging              6 GByte Flash memory
- External Logging              USB 2.0 Device port
- Parameters                      Time tag, status, position, attitude, velocity, track and speed, dynamics, performance metrics, raw IMU data (200 Hz), raw GNSS data

1 Developed under a License of the European Union and the European Space Agency  
 2 Typical performance. Actual results are dependent upon satellite configuration, atmospheric conditions and other environmental effects  
 3 Typical survey mission profile, max RMS error. Heading error will increase for low speed rotor applications and when hovering.  
 4 Requires base station and radio link, sold separately  
 5 POSPac UAV, short base line operation  
 6 Sensor bandwidth (-3 dB amplitude) ~ 50 Hz  
 7 Sold separately  
 8 There is no official GLONASS L3CDMA or Galileo E6 ICD. The current tracking capability is based on publicly available information. Full receiver compatibility cannot be guaranteed.  
 9 Not including external IMU  
 10 Performance based upon external IMU  
 11 POSPac UAV/MMS, Post processed CenterPoint® RTX™, typical mission performance subscription sold separately. The accuracy is subject to quality of GNSS, durational data set, and regional coverage.

## INERTIAL MEASUREMENT UNITS (IMUS)

IMU Type	Range <sup>8</sup>	Temperature (c)	Power	Size (mm)	Weight (g)
Internal onboard IMU59	+/- 6g, +/-350dps	-40 - +75	n/a	n/a	n/a
External IMU82	+/-10g, +/-490dps	-40 - +85	4.75 to 36 VDC (4W max)	61 x 68 x 65 (L x W x H)	330
External IMU90	+/-40g, +/-490dps	-40 - +85	5 to 30 VDC (1.8W max)	39 x 42 x 22 (L x W x H)	70

## PERFORMANCE SPECIFICATIONS<sup>2</sup> (RMS ERROR)

### Unmanned Airborne Vehicle Applications

	SPS <sup>9</sup>	RTX <sup>4,10</sup>	PP-RTX <sup>11</sup>	Post-Processed <sup>11</sup>
Position (m)	1.5 - 3.0	0.02 - 0.05	0.03 - 0.06	0.02 - 0.05
Velocity (m/s)	0.05	0.015	0.01	0.010
Roll & Pitch (deg)	0.03	0.025	0.015	0.015
True Heading <sup>1</sup> (deg)	0.10	0.08	0.035	0.035

## PHYSICAL CHARACTERISTICS

- Size<sup>9</sup> ..... 67 L x 60 W x 34 H mm
- Weight<sup>9</sup> ..... 90 grams
- Power<sup>9</sup> ..... Wide range input 9-30 V DC, typical power consumption of 4W at room temperature
- Connectors ..... I/O: 44 Pin Header Samtec TMM-122-03-S-MW (mating part FCI 90311-044LF)  
IMU Connector: Molex 503148 (mating part Molex 503149)
- Antenna Port: ..... Connector: MMCX receptacle  
Output Voltage: 3.3 V DC to 5 V DC  
Maximum Current: 400 mA  
Minimum Input Signal Strength: 32 dB (> 35 dB Recommended)

## ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS

- Temperature: ..... -40 deg C to +75 deg C (Operational)  
-55 deg C to +85 deg C (Storage)
- Mechanical Shock: ..... +/- 75g Survival
- Operating Humidity: ..... 5% to 95% R.H. non-condensing at +60 deg C
- Maximum Operating Limits: ..... 515 m/sec  
18,000 m

## ADDITIONAL ACCESSORIES<sup>7</sup>

- Evaluation Kit (Development Board)

## POSPAC UAV OFFICE SOFTWARE

- Post-processed Differential GNSS-Inertial SW for APX-20
- 200 Hz Navigation solution (Position, Velocity, Orientation, Rates, Accelerations)
- Applanix IN-Fusion GNSS-Integration technology
- Full support for UAV dynamic models
- Single Base Differential GNSS-Inertial processing
- Forward and reverse processing with optimal Smoother with support for Applanix SmartBase virtual reference station module<sup>7</sup>
- Support for PP-RTX<sup>11</sup>

Specifications subject to change without notice.

**TRIMBLE APPLANIX**  
 85 Leek Crescent  
 Richmond Hill, Ontario  
 L4B 3B3, Canada  
 +1-289-695-6000 Phone

www.applanix.com  
 airborne@applanix.com

© 2019, Trimble Inc. All rights reserved. Trimble and the Globe & Triangle logo are trademarks of Trimble Inc., registered in the United States and in other countries. Applanix and the Applanix logo are trademarks of Applanix Corporation, registered in the Canadian Patent and Trademark Office and other countries. IN-Fusion and SmartBase are trademarks of Applanix Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. Information subject to change without notice.



# RIEGL miniVUX-SYS<sup>®</sup>

- **complete miniaturized & lightweight UAV-based LiDAR system with RIEGL miniVUX-series LiDAR sensor integrated**
- **different IMU/GNSS options available**
- **various mounting options for highly flexible installation**
- **prepared for remote control via low-bandwidth data link**
- **prepared for interfacing with optional RGB camera(s), hyperspectral camera, multi-spectral camera, and thermal imaging sensor**
- **Integration Kit 600 or Integration Kit 300 available for straightforward system integration with selected multi-rotor UAV types**

The *RIEGL* miniVUX-SYS is a complete laser scanning system of low weight and compact size for flexible use in UAV-based applications on a variety of UAV/UAS/RPAS.

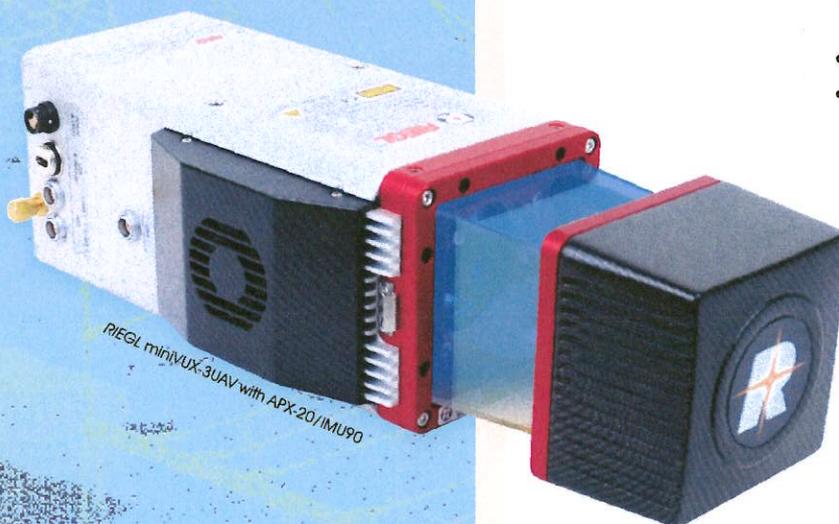
The system comprises a *RIEGL* miniVUX-series LiDAR sensor, an IMU/GNSS system (different versions available), and an optional camera system.

The measurement performance of *RIEGL*'s UAV LiDAR sensors in combination with the Inertial Measurement Unit and the associated GNSS receiver results in survey-grade measurement accuracy.

The miniVUX-SYS is delivered with the necessary software tools for processing and geo-referencing of the acquired scan data, and processing of the IMU/GNSS data.

#### Typical applications include

- **Agriculture & Forestry**
- **Glacier and Snowfield Mapping**
- **Archeology and Cultural Heritage Documentation**
- **Construction-Site Monitoring**
- **Landslide Monitoring**



visit our website  
[www.riegl.com](http://www.riegl.com)



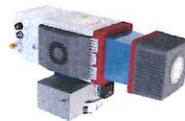
## RIEGL miniVUX®-SYS with APX-15 UAV (e.g. for fixed-wing UAVs)

For this miniVUX-SYS solution, the APX-15UAV<sup>1)</sup> IMU/GNSS unit is integrated in a small interface box which is attached to the rear part of the LiDAR sensor. Due to its compact and lightweight design and the total weight of approx. 2 kg (depending on scanner type, without camera(s)), the RIEGL miniVUX-SYS with APX-15UAV is very well suited for an integration with UAV platforms offering limited / restricted weight and space conditions. Optionally, a single or a dual RGB camera system is available.

### RIEGL miniVUX-3UAV / RIEGL miniVUX-1UAV equipped with APX-15 UAV



with two Sony Alpha 6000 cameras  
(oblique mount)



with nadir-looking camera  
e.g. Sony Alpha 6000 camera or  
Sony A7R III or Sony A7R IV  
(integration of other 3<sup>rd</sup> party cameras possible <sup>2)</sup>)



with nadir-looking camera  
e.g. Sony A7R IV camera

## RIEGL miniVUX®-SYS with APX-20 UAV (IMU82/IMU90) (e.g. for fixed-wing, single-rotor or multi-rotor UAVs)

For this miniVUX-SYS solution, the higher-grade APX-20UAV<sup>1)</sup> IMU/GNSS system is used. The LiDAR sensor is equipped with a specifically designed interface box accommodating the GNSS board stack as well as the camera trigger electronics. The IMU sensor is tightly coupled with the LiDAR sensor. With its weight of approx. 2.3 - 2.5 kg (depending on scanner type and IMU, without camera(s)), the RIEGL miniVUX-SYS with APX-20 UAV is universally applicable for an integration with more or less all types of UAVs that are capable of carrying this payload weight. Optionally, a single or a dual RGB camera system is available.

### RIEGL miniVUX-3UAV / RIEGL miniVUX-1UAV equipped with APX-20 UAV/IMU82



with two Sony Alpha 6000 cameras  
(oblique mount)



with nadir-looking camera  
e.g. Sony Alpha 6000 camera or  
Sony A7R III or Sony A7R IV  
(integration of other 3<sup>rd</sup> party cameras possible <sup>2)</sup>)



with nadir-looking camera  
e.g. Sony A7R IV camera

### RIEGL miniVUX-3UAV / RIEGL miniVUX-1UAV equipped with APX-20 UAV/IMU90



with two Sony Alpha 6000 cameras  
(oblique mount)



with nadir-looking camera  
e.g. Sony Alpha 6000 camera or  
Sony A7R III or Sony A7R IV  
(integration of other 3<sup>rd</sup> party cameras possible <sup>2)</sup>)



with nadir-looking camera  
e.g. Sony A7R IV camera

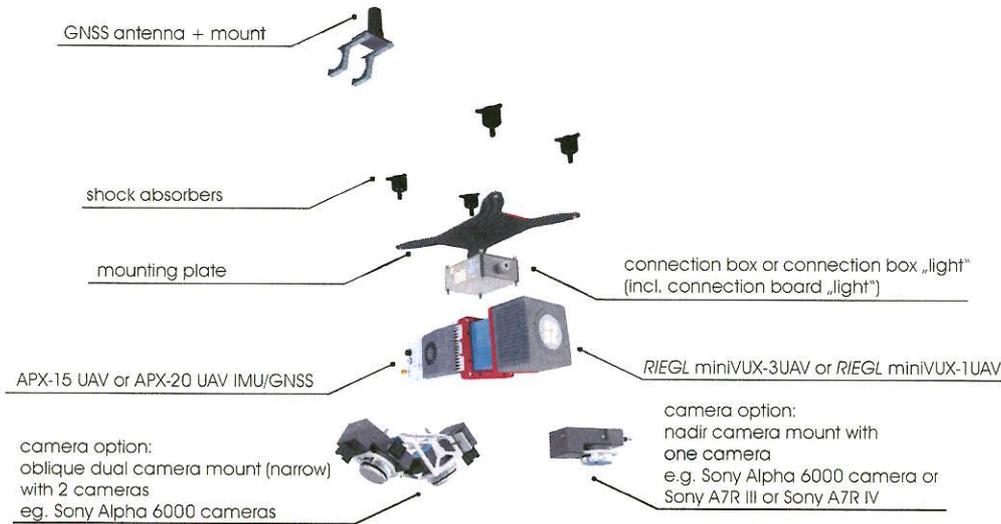
1) See technical details in the corresponding Applanix data sheet.

2) Multispectral camera, hyperspectral camera, thermal imaging sensor – more information on request.

## RIEGL Integration Kit 600 / Integration Kit 300 (e.g. for multi-rotor UAVs)

The RIEGL Integration Kit 600 – as well as the Integration Kit 300 – is an add-on to the miniVUX-SYS for its integration with your multi-rotor UAV, e.g. a DJI Matrice M600 or DJI Matrice M300 RTK. The package comes with an appropriate shock absorbing mounting-kit, power supply module, GNSS antenna, GNSS antenna mount, and necessary cabling for quick and straight forward integration.

### RIEGL Integration Kit 600 example (explosion drawing):



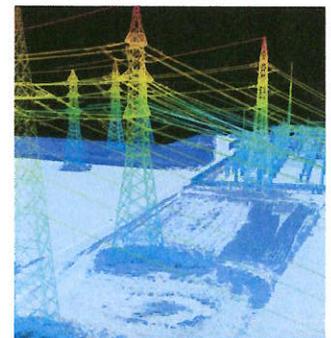
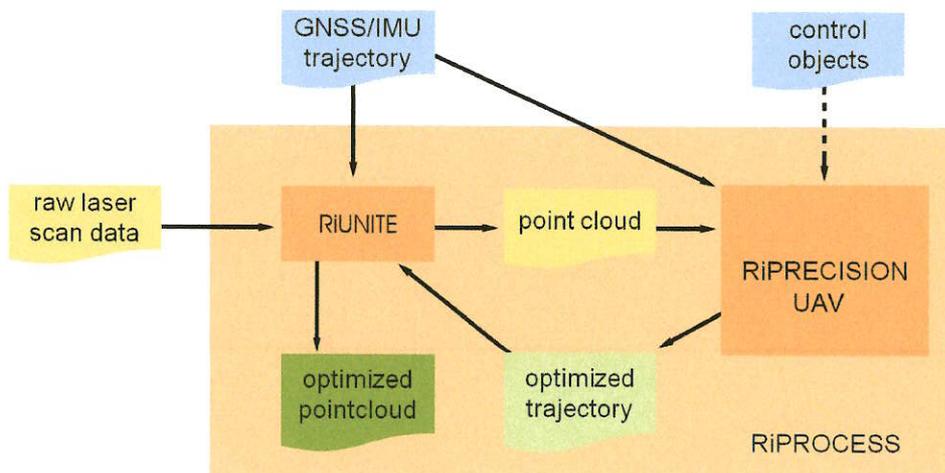
DJI Matrice M300 RTK equipped with RIEGL miniVUX-SYS using RIEGL Integration Kit 300



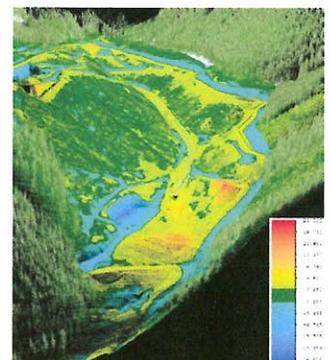
DJI Matrice M600 equipped with RIEGL miniVUX-SYS using RIEGL Integration Kit 600

## RIEGL miniVUX®-SYS – Processing Workflow and Scan Data Examples

Using RIEGL's software suites (RiPROCESS, RiUNITE) and dedicated processing workflows with specialized alignment tools like RiPRECISION conducting the whole procedure of scan data alignment fully automatically, processing time can be reduced to a minimum. RiPROCESS can interface the optimized, georeferenced point cloud in further post-processing tools via LAS or other data exchanges in various user-defined coordinate systems.



power line surveying



cut and fill volume comparison of disposal site

# Technical Data RIEGL miniVUX®-SYS

## Scanner Performance

### RIEGL UAV LIDAR Sensors

(for details refer to the corresponding data sheet)

Laser Pulse Repetition Rate (PRR)

Max. Effective Measurement Rate (meas./sec)

Max. Measuring Range, natural targets  $\rho \geq 80\%$  <sup>1)</sup>

Accuracy / Precision

Field of View

Max. Scan Speed

Max. Number of Targets per Pulse <sup>3)</sup>

RIEGL miniVUX-3UAV	RIEGL miniVUX-1UAV
up to 300 kHz	100 kHz
up to 200,000	100,000
330 m	330 m
15 mm / 10 mm	15 mm / 10 mm
up to 360° <sup>2)</sup>	up to 360° <sup>2)</sup>
100 scans/sec	100 scans/sec
5	5

<sup>1)</sup> Typical values for average conditions. Maximum range is specified for flat targets with size in excess of the laser beam diameter, perpendicular angle of incidence, and for atmospheric visibility of 23 km. In bright sunlight, the max. range is shorter than under overcast sky.

<sup>2)</sup> Selectable. Consider limitations when integrated in kinematic systems.  
<sup>3)</sup> If more than one target is hit, the total laser transmitter power is split and, accordingly, the achievable range is reduced.

## IMU & GNSS <sup>4)</sup>

IMU Accuracy

Roll, Pitch

Heading

IMU Sampling Rate

Position Accuracy (typ.)

Applanix APX-20 UAV <sup>5)</sup>  
IMU82 / IMU90

Applanix APX-15 UAV <sup>5)</sup>

0.015°

0.025°

0.035°

0.08°

200 Hz

200 Hz

0.02 - 0.05 m

0.05 - 0.1 m

<sup>4)</sup> In addition to the APX-15 UAV and the APX-20 UAV IMU/GNSS system, also a AP20 IMU/GNSS system with external control unit is optionally available. Corresponding details provided on request.

<sup>5)</sup> See technical details in the corresponding Applanix datasheet.

## Interfaces

Configuration, Scan Data Output & Communication with External Devices

GNSS Interface <sup>6)</sup>

General IO & Control <sup>7)</sup>

Camera Interface

Memory Card Slot

Serial Interface to External Devices

2 x LAN 10/100/1000 Mbit/sec  
WLAN IEEE 802.11 a/b/g/n

Serial RS-232 interface for data string with GNSS-time information  
TTL input for 1PPS synchronization pulse

2 x TTL input/output, 1 x Remote on/off, DMI (Distance Measurement Indicator)

2 x GNSS RS-232 Tx & PPS, Power, Trigger, Exposure

for SDHC/SDXC memory card 32 GByte (can be upgraded to 64 GByte)

SPI (Serial Peripheral Interface)

<sup>6)</sup> Internally available (not available with standard interface box)

<sup>7)</sup> 1x externally available with standard interface box

## General Technical Data

### RIEGL UAV LIDAR Sensors

(for details refer to the corresponding data sheet)

Power Supply Input Voltage

Consumption

Main Dimensions (L x W x H) / Weight

with Cooling Fan

without Cooling Fan

Temperature Range <sup>8)</sup>

Humidity

Protection Class

### RIEGL miniVUX-SYS

Main Dimensions (L x W x H) and Weight

with APX-15 UAV

with APX-20 UAV/IMU82

with APX-20 UAV/IMU90

Integration Kit 600 / Integration Kit 300

Weight

Camera(s) optional <sup>9)</sup>

Weight (with lenses and mount)

Dual Oblique Camera System

Single Nadir Camera System

RIEGL miniVUX-3UAV, -1UAV

11 - 34 V DC

typ. 18 W @ 100 scans/sec

243 x 111 x 85 mm / approx. 1.6 kg

243 x 99 x 85 mm / approx. 1.55 kg

-10°C up to +40°C (operation)

-20°C up to +50°C (storage)

max. 80 % non condensing @ 31°C

IP64, dust and splash-proof

264 x 111 x 85 mm, approx. 2.0 kg

352 x 111 x 85 mm, approx. 2.5 kg

305 x 111 x 85 mm, approx. 2.3 kg

approx. 0.7 kg / approx. 0.35 kg

technical data depending on selected camera type

approx. 1.0 kg (2x Sony Alpha 6000)

approx. 0.5 kg / 1.3 kg / 1.3 kg (Sony Alpha 6000/Sony A7RIII/Sony A7RIV)

<sup>8)</sup> Continuous operation at ambient temperature of  $\geq 30^\circ\text{C}$  ( $\geq 86^\circ\text{F}$ ) requires a minimum amount of air flow at approx. 3 m/s. For applications where a 3 m/s air flow along the cooling fins cannot be guaranteed, the cooling fan has to be used.

<sup>9)</sup> Possibility of use depends on system configuration.



RIEGL Laser Measurement Systems GmbH  
Horn, Austria

Phone: +43 2982 4211 | www.riegl.com

RIEGL USA Inc.

Winter Garden, Florida, USA

Phone: +1 407 248 9927 | www.rieglusa.com

RIEGL Japan Ltd. | www.riegl-japan.co.jp

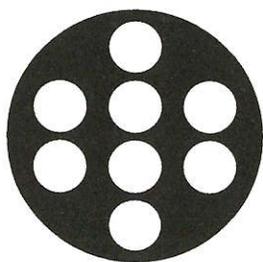
RIEGL China Ltd. | www.riegl.cn

RIEGL Australia Pty Ltd. | www.riegl.com

RIEGL Canada Inc. | www.rieglcanada.com

RIEGL UK Ltd. | www.riegl.co.uk

[www.riegl.com](http://www.riegl.com)



**VEXCEL**  
IMAGING

ULTRACAM EAGLE MARK 3

Un système.

Une infinité de possibilités.

---





---

ULTRACAM EAGLE MARK 3

# 26 460 pixels horizontaux

---

Alliant une empreinte ultra-large et un système d'objectif unique remplaçable par l'utilisateur, l'UltraCam Eagle est l'un des systèmes aériens les plus polyvalents du marché.

---

Doté d'une empreinte ultra-large de 450 mégapixels, l'UltraCam Eagle Mark 3 est le seul capteur aérien photogrammétrique numérique doté d'un système d'objectif remplaçable par l'utilisateur, idéal pour un usage intensif dans toutes les campagnes d'acquisition aérienne.

Grâce à sa technologie de détection d'avant-garde, l'UltraCam Eagle présente un excellent intervalle de prise de vue minimal d'une trame toutes les 1,5 seconde. Le système d'objectif échangeable offre le choix entre quatre kits d'objectifs d'une longueur focale de 80 mm, 100 mm, 120 mm ou 210 mm, une véritable révolution dans la

photogrammétrie numérique. Autre modification essentielle du nouvel UltraCam Eagle M3 : le tout dernier capteur CCD basé sur notre nouvelle technologie 4,0  $\mu$ , qui présente un rapport signal/bruit exceptionnel ainsi qu'une compensation non mécanique du filé commandée par TDI. Les opérateurs de l'UltraCam apprécieront également la nouvelle interface utilisateur, facile à configurer et à manipuler, et son écran tactile qui permet le contrôle en vol de la qualité de chaque image. Résultat : un appareil photographique extrêmement efficace, polyvalent et fiable pour une acquisition fluide des images lors de toutes vos missions.



HARALD MEIXNER  
CLIENT ULTRACAM EAGLE

---

« Sans l'UltraCam Eagle, nos activités seraient loin d'être aussi efficaces. La technologie de pointe de Vexcel permet à nos équipes de travailler de manière plus performante et économique que nos concurrents. »

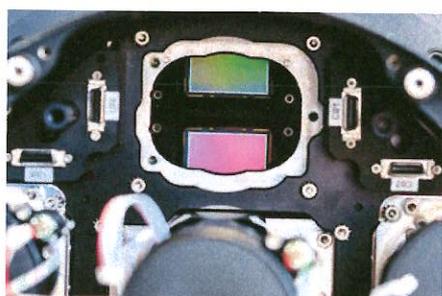
---

● POLYVALENCE

Grâce l'UltraCam Eagle, les clients peuvent saisir plus de données en moins de temps et réaliser ainsi leurs projets de cartographie avec moins de vols et une efficacité supérieure jusqu'ici inédite.

○ REMPLAÇABLE PAR L'UTILISATEUR

Remplacement des kits d'objectif sur site en 3 à 4 heures par du personnel formé.



○

PAS DE RÉ-ÉTALONNAGE

Le degré de précision photogrammétrique reste identique, même après plusieurs changements d'objectifs.



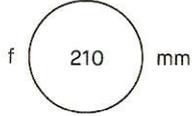
○ 4 LONGUEURS FOCALES

Profitez pleinement de toute l'empreinte de l'appareil et de ses 26 460 pixels perpendiculairement à la trajectoire à différentes altitudes.

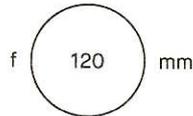


# Caractéristiques et détails

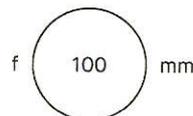
## ULTRACAM EAGLE MARK 3 - LONGUEUR FOCALE PAN (MM)



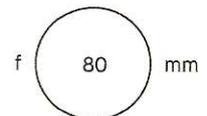
Pour la collecte d'images haute résolution de qualité maximale dans les régions soumises à des restrictions d'altitude de vol.



Pour les applications photogrammétriques, optimisation de l'empreinte utile en cas de restrictions d'inclinaison au bord des images.



Pour les applications photogrammétriques, compensation de l'altitude de vol et de l'empreinte utile en cas de restrictions d'inclinaison au bord des images.



Pour les applications photogrammétriques exigeant une altitude de vol minimale.

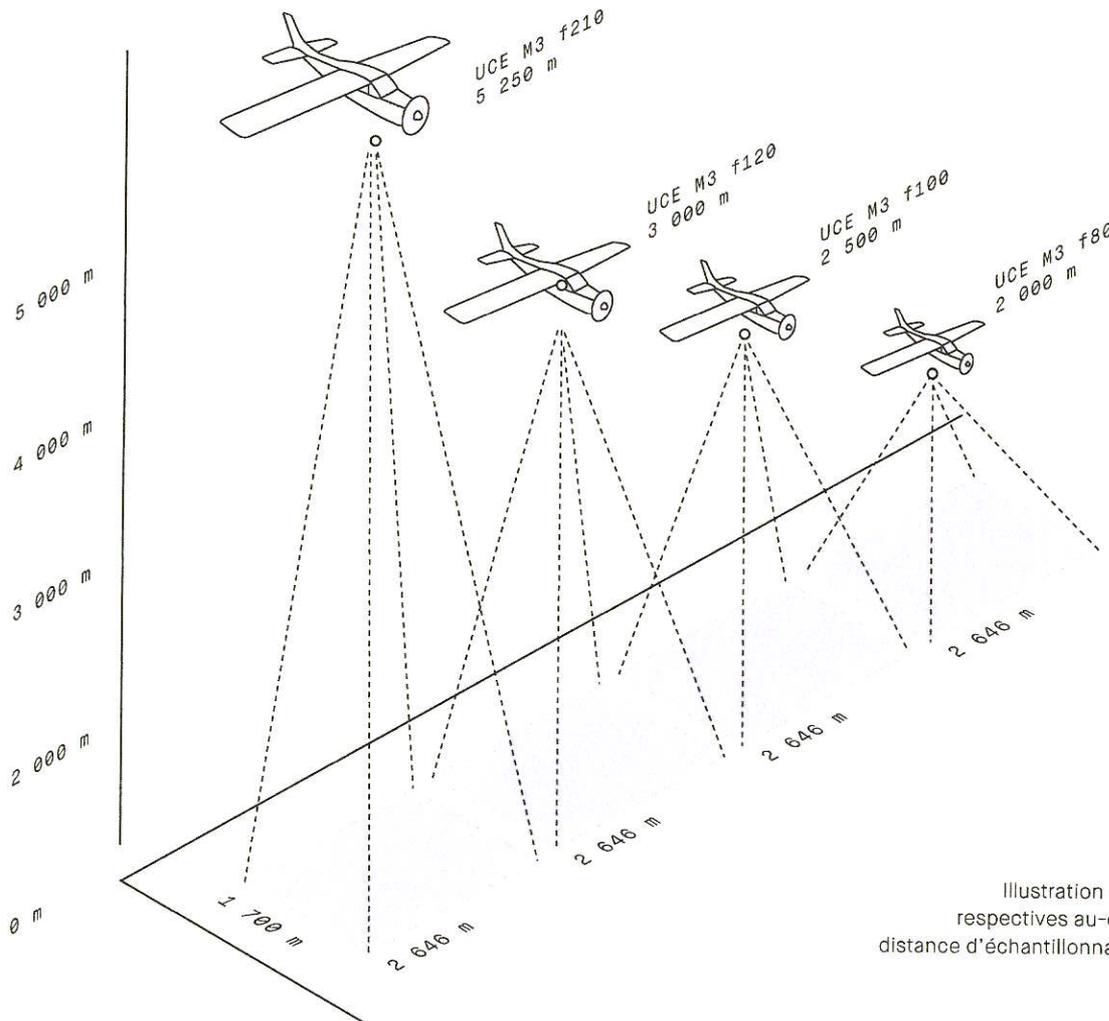
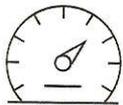
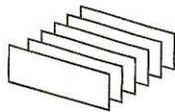


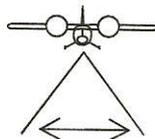
Illustration des altitudes de vol respectives au-dessus du sol à une distance d'échantillonnage au sol de 10 cm.



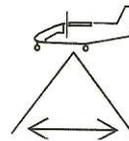
Vitesse max. 440 kn pour une GSD de 10 cm avec recouvrement longitudinal de 80 %



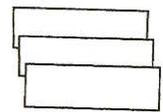
1 image toutes les 1,5 seconde



26 460 pixels perpendiculairement à la trajectoire



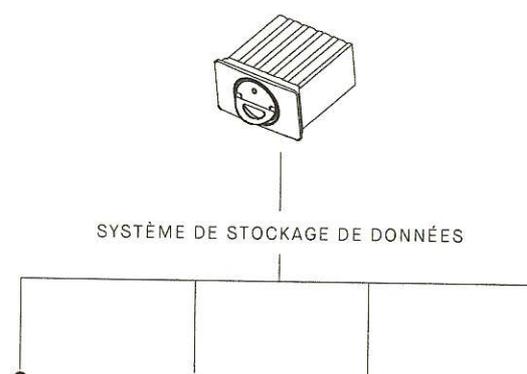
17 004 pixels le long de la trajectoire



Recouvrement longitudinal de 94 % pour une GSD de 10 cm à 140 kn

SYSTÈME DE CAPTEUR

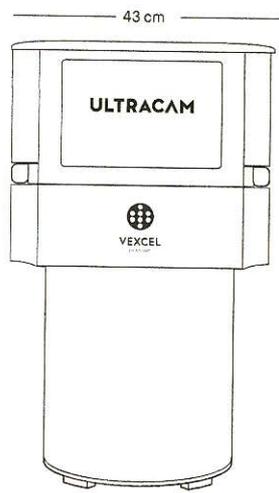
Taille d'image PAN	26 460 x 17 004 pixels	Capteur imageur	CCD
Taille de pixel physique PAN	4,0 µm	Obturbateur (obturbateur central longue durée)	de 1/1000 à 1/64
Capacité couleur (multispectrale)	4 canaux - RVB et PIR	Compensation du file (FMC)	commandée par TDI
Taille d'image couleur	8 820 x 5 668 pixels	Capacité FMC maximale	50 pixels
Taille de pixel physique couleur	4,0 µm	Fréquence d'images (intervalle minimal entre images)	1 image toutes les 1,5 sec
Rapport d'affinage panchromatique	1 : 3	Plage dynamique	> 72 dB
		Conversion analogique-numérique à	14 bits



**SYSTÈME DE STOCKAGE DE DONNÉES**

Système de stockage échangeable en vol et redondant : <u>ensemble de disques électroniques</u>	Capacité de stockage de l'unité de données : <u>10 To</u> (jusqu'à 4 600 images) <sup>1</sup>	Quantité de données d'entrée par image : <u>1780 Mo</u>	Poids de l'unité de données : <u>2,2 kg</u>
--	---	---	---

-  Consommation : 350 W max.
-  Poids : 61 kg  
68 kg (f210)
-  Configuration : concept de boîtier intégré<sup>2</sup>
-  Diamètre du cône : 325 mm



43 cm  
73 cm  
80 cm (f210)

<sup>1</sup> En raison de la configuration et des changements dans la technologie SSD, la taille de stockage effectif est susceptible de varier et ne peut être garantie.  
<sup>2</sup> Pour les options de boîtier séparé, contactez notre équipe commerciale.

SYSTÈME D'OBJECTIF

	f80	f100	f120	f210
Longueur focale du système d'objectif PAN	80 mm	100 mm	120 mm	210 mm
Ouverture de l'objectif PAN	f = 1/5,6	f = 1/5,6	f = 1/5,6	f = 1/7,8
Longueur focale du système d'objectif couleur (RVB et PIR)	27 mm	33 mm	40 mm	70 mm
Ouverture de l'objectif couleur (RVB et PIR)	f = 1/4,8	f = 1/4,8	f = 1/4,8	f = 1/5,6
Champ de vision PAN total, perpendiculaire à la trajectoire (le long de la trajectoire)	67,0° (46,1°)	55,8° (37,6°)	47,6° (31,6°)	28,3° (18,4°)
Altitude de vol pour taille de pixel PAN à une GSD de 10 cm	2 000 m	2 500 m	3 000 m	5 250 m
Empreinte pour restriction d'inclinaison de 1 m d'inclinaison à 5 m de hauteur (transversal x longitudinal)	8 000 x 8 000	10 000 x 10 000	12 000 x 12 000	21 000 x 17 004

CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

					
Altitude de vol : <u>≤ 7000 m au-dessus du niveau de la mer</u>	Humidité : <u>de 5 % à 95 % sans condensation</u>	Température : <u>de 0 °C à +45 °C (fonctionnement, pile de calculateur)</u> <u>de -20 °C à +45 °C (fonctionnement, pile de capteur)</u> <u>de -20 °C à +65 °C (stockage)</u>	Montage : <u>UltraMount (GSM 4000 et GSM 3000) et les supports tiers les plus courants<sup>3</sup></u>	Assistance système GNSS/INS/FMS : <u>UltraNav (Applanix POSTrack OEM) et les systèmes tiers les plus courants<sup>3</sup></u>	Traitement des données : <u>suite logicielle de traitement UltraMap avec exportation des données dans les formats standard</u>

<sup>3</sup> Contactez notre équipe commerciale pour de plus amples informations.

Gleisdorf, Autriche · 2017

## NOTRE TECHNOLOGIE À VOTRE SERVICE

En choisissant Vexcel Imaging,  
vous obtenez bien plus qu'un appareil photographique.  
Vous bénéficiez d'une technologie de pointe  
associée à un concept de maintenance progressif  
pour la mise à niveau régulière de votre produit,  
d'une assistance de premier ordre ainsi que de solutions  
complètes auprès d'un fournisseur unique.  
Aujourd'hui comme demain.

Vexcel Imaging GmbH · Am Schniggrubergasse 8 · 8010 Graz · Autriche  
[www.vexcel-imaging.com](http://www.vexcel-imaging.com)

