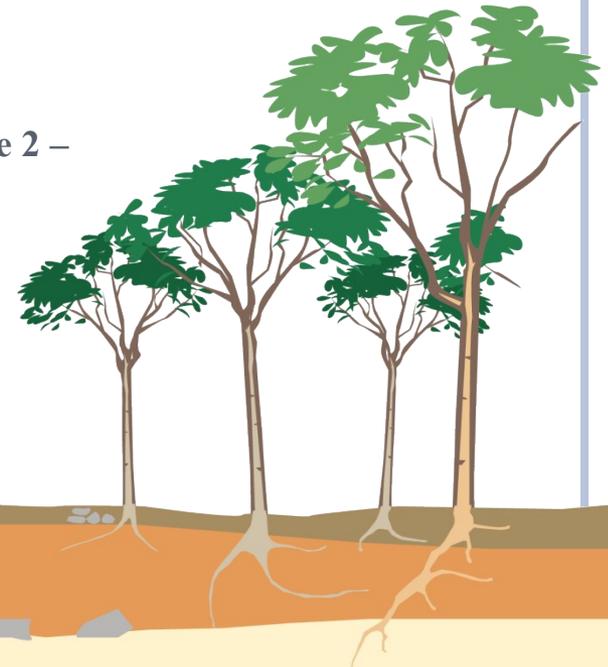


L'UTILISATION DES MICRO-DRONES POUR LA PROSPECTION ARCHÉOLOGIQUE À BASSE ALTITUDE

The use of micro-UAVs for low altitude archaeological survey

N. Poirier, F. Hautefeuille, C. Calastrenc
UMR 5608 TRACES, CNRS – Université Toulouse 2 –
Jean-Jaurès

<http://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/>



La télédétection en archéologie

- Méthode non-invasive de recherche archéologique
Non-invasive methods in archaeology
- ⇒ Repérage de sites au moyen de capteurs positionnés à distance de l'objet
Detection of sites with remote sensors
≠ fouille / ≠ excavation
- Utilisée en amont d'une fouille, en association avec d'autres méthodes de prospection
Methods used before an excavation, associated with other survey methods



INDICATEURS ARCHÉOLOGIQUES EN TÉLÉDÉTECTION

ARCHAEOLOGICAL INDICATORS IN REMOTE SENSING

- Principe général : la présence de vestiges enfouis dans le sol modifie ou perturbe la structure du sol
General principle: the presence of remains buried in the ground modifies or disrupts soil structure
- « Soil marks »
- « Crop marks »
- Micro-reliefs



MÉTHODES TRADITIONNELLES...

TRADITIONAL METHODS

○ Photographie aérienne verticale ou oblique (domaine visible) *aerial photographs*

- Utilisée depuis début XXe s.
- Essor dans les années 1960-1970
- A révélé le potentiel archéologique des campagnes



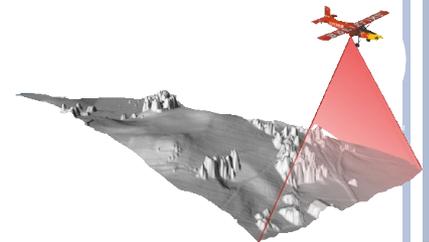
○ Télédétection satellitaire / *satellite imagery*

- Traitements multispectraux
- Utilisation de *vegetation index* pour l'archéologie



○ LiDaR

- Détection des micro-reliefs indépendamment des conditions de lumière
- Documentation des espaces forestiers



... ET LIMITES

... AND THEIR LIMITS

○ Coût élevé / *High cost*

- 1H de vol = 150 €
- 100 km² d'image satellite Ikonos ou Quickbird = 1000 – 3000 €
- 50 km² d'acquisition LiDaR = 10000 €

○ Faible flexibilité d'utilisation / *Low flexibility*

- Impossibilité (financière) de répéter des acquisitions fréquentes de données
- Planification très amont des missions

=> Faible maîtrise des paramètres d'acquisition

○ Faible résolution spatiale des données acquises (sauf LiDaR) / *Low resolution (except LiDaR)*

- Altitude et vitesse de vol des avions de tourisme
- Résolution des images satellites multispectrales



AVANTAGES DES MICRO-DRONES EN ARCHÉOLOGIE

ADVANTAGES OF MICRO-DRONES IN ARCHAEOLOGY

- Coût modéré / *Moderate cost of using*
- Abaissement des altitudes de vol / *Lower flight altitudes*
- Environnement de vol sécurisé / *Secure flight environment*
- Flexibilité d'utilisation / *Flexibility of using*
 - Faible encombrement
 - Choix des paramètres optimaux d'intervention
 - Répétition des survols de la même zone



LE PROGRAMME ARCHÉODRONE

FEDER Presage 35827



- Mikrokopter Okto XL
 - Système de stabilisation inertielle 3D
 - GPS
 - Station sol pour gestion des plans de vol
 - Retour vidéo temps réel



- Caméra thermique FLIR T620
 - 640x480 pixels
 - infra-rouge thermique : 7.5 à 14 μm
 - Haute sensibilité : 0.04°C



- Appareil photographique numérique Canon G1X
 - Capteur CMOS 14,3Mp
 - Objectif 28/112mm f/2,8 – f/5,8
 - Fichiers JPEG et RAW



NOUVEAUX USAGES D'ANCIENS CAPTEURS

RENEWING THE USAGE OF FORMER SENSORS

○ Thermographie aéroportée à basse altitude

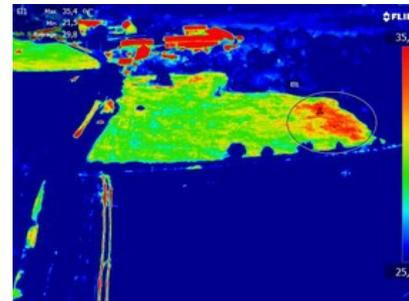
Low altitude thermal survey

- *sur sol nu* : repérer des anomalies de température du sous-sol produites par l'inertie thermique de vestiges enfouis et transmises en surface par rémanence.
On bare soil : locate subsurface temperature anomalies produced by the thermal inertia of buried remains and transmitted to the surface through persistence.
- *sur sol cultivé* : repérer des anomalies de température des plantes liées à leur stress hydrique.
on cultivated land: identify plants temperature anomalies related to their water stress.

Imagerie classique / Visible spectrum



Imagerie thermique / Thermal spectrum



NOUVEAUX USAGES D'ANCIENS CAPTEURS

RENEWING THE USAGE OF FORMER SENSORS

○ Thermographie aéroportée à basse altitude

Low altitude thermal survey

- *sur sol nu* : repérer des anomalies de température du sous-sol produites par l'inertie thermique de vestiges enfouis et transmises en surface par rémanence.

On bare soil : locate subsurface temperature anomalies produced by the thermal inertia of buried remains and transmitted to the surface through persistence.

- *sur sol cultivé* : repérer des anomalies de température des plantes liées à leur stress hydrique.

on cultivated land: identify plants temperature anomalies related to their water stress.

⇒ repérage de petites anomalies = échelle du bâtiment

detecting small anomalies = scale of a building

⇒ survols répétés = détection et suivi d'anomalies sur toute la saison culturale

repeated flights = monitoring anomalies on the whole year

⇒ Définition des paramètres optimaux de détection archéologique selon le type de vestiges recherchés

Optimizing the parameters of archaeological detection

Acquisition de données 3D à haute résolution

- Voilure tournante type multirotor

- 15 minutes d'autonomie
- Charge utile max : 4kg
- Tolérance vent 30 km/h
- Vol en atmosphère humide toléré



- Capteur LiDaR

- Lidar proche infrarouge (905 nm)
- 40 000 tirs/sec
- Multi-échos (3) pour pénétrer couvert végétal
- Léger : 2,2 kg



Imagerie multispectrale

- * Voilure fixe type avion

Décollage, plan de vol ,atterrissage automatisé

2H d'autonomie => grand rayon d'action

- * Capteur multispectral embarqué

5 bandes spectrales : Rouge, Vert, Bleu, Proche Infra-rouge, Red Edge

- * Logiciels de préparation/suivi de mission et traitement d'images



VOIES DE DÉVELOPPEMENT

- Capteurs (électro-)magnétiques, radar ? *Magnetic sensors ?*
 - Accroître la productivité de la méthode (aujourd'hui pédestre)
Increase the productivity of the method (currently pedestrian)
 - Verrous techniques (perturbations liées au vecteur lui-même, vol à très basse altitude et vitesse constante)
Technical problems to overcome : magnetic noise, low altitude and regular speed
- Exploration de grottes / *Caves exploration*
 - Verrous techniques liés au rapport taille/emport, géolocalisation hors signal GPS, cartographie 3D en temps réel des zones explorées, autonomie
Technical problems related to ratio size/payload, geolocation out GPS signal, Real time 3D mapping



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

<http://blogs.univ-tlse2.fr/archeodrone/>

