

roboooly

AÉRO  
POLY



**Introduction à la robotique volante**

# 1. Présentation

## 2. Définitions

## 3. Dimensionner et s'équiper

## 4. Réglementation



# 1. Présentation



- Vaste champ d'application (prises de vues, **inspection, agriculture, logistique...**)
- Secteur porteur et en plein essor
- Réduction des coût, temps de mise en oeuvre, bilan carbone

# Robotique Volante, Comment?

## Fixed wing

- Rapide
- Efficace
- Non stationnaire



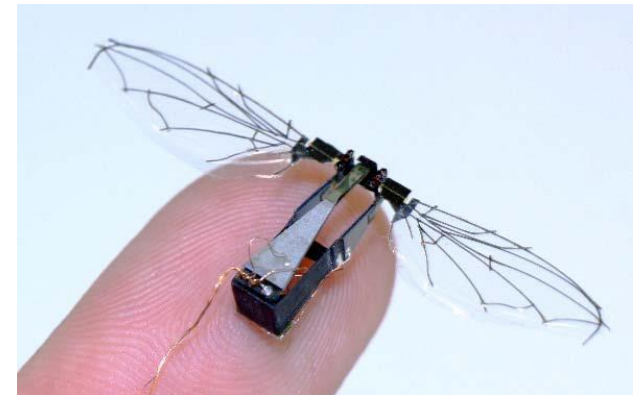
## Rotating wing

- Efficacité moyenne
- Très maniable



## Flapping wing

- Peu utilisé
- LIS





**1. Présentation**

**2. Définitions**

**3. Dimensionner et s'équiper**

**4. Réglementation**

# 2.1 Terminologie

- **DIY** (**D**o **I**t **Y**ourself) : kit complet à monter soit même
- **ARF** (**A**lmost **R**eady **T**o **F**ly) : livré assemblé, certains composants électroniques peuvent manquer (récepteur, contrôleur, ..)
- **RTF** (**R**eady **T**o **F**ly) : appareil complet, prêt à voler sans récepteur
- **BNF** (**B**ind and **F**ly) : appairez un émetteur et volez
- Dimensions [mm] : distance entre les axes des moteurs (ex : 450 mm)

## 2.2 Capteurs

- **Accéléromètre** : mesure de l'accélération linéaire sur 1 à 3 axes
- **Gyroscope** : mesure de l'accélération angulaire sur 1 à 3 axes
- **Boussole** : compas magnétique (orientation nord / sud / est / ouest)
- **IMU (Inertial Measurement System)** : "centrale inertielle" composée de gyroscopes et accéléromètres
- **GPS (Global Positioning System)** : fournit les coordonnées géographiques

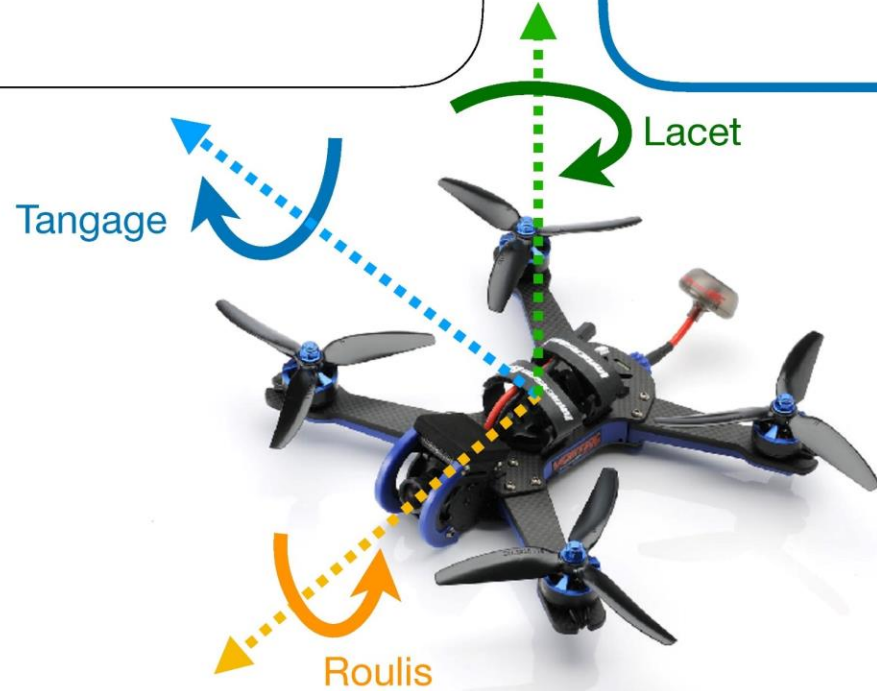
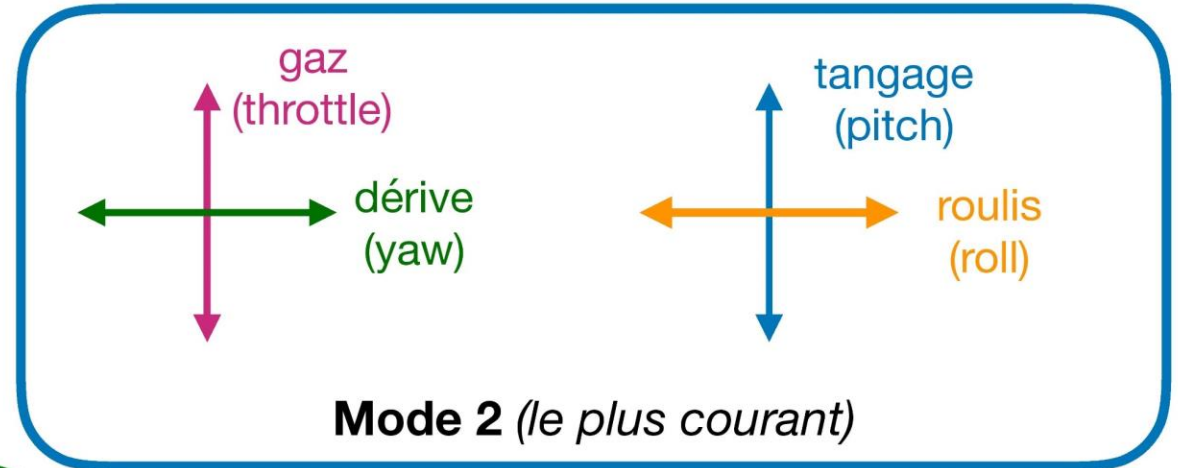
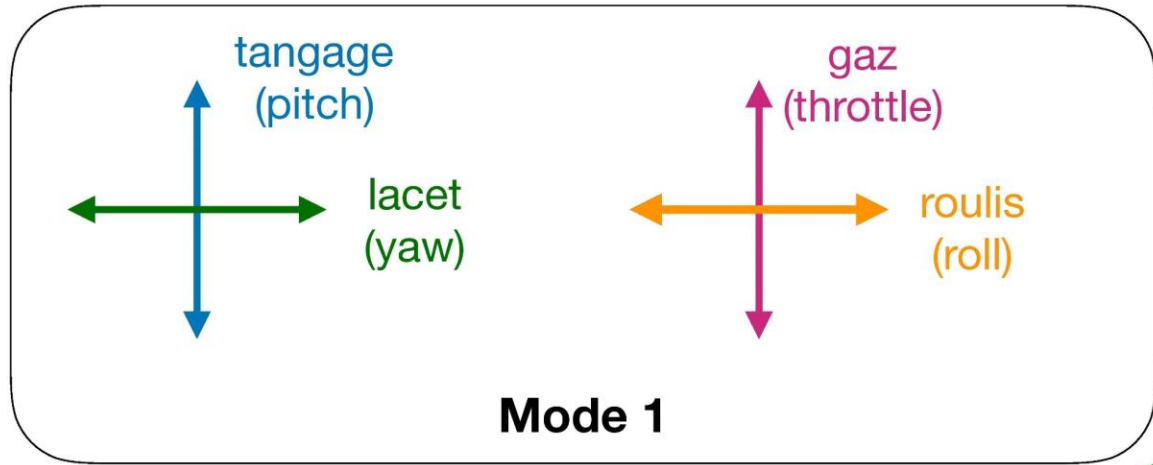


## 2.3 Orientation

- **Roulis (Roll)** : rotation autour de l'axe traversant l'appareil dans son axe de vol  
-> tonneau droite / gauche
- **Tangage (Pitch)** : rotation autour de l'axe perpendiculaire à l'axe de vol  
-> avant / arrière
- **Lacet (Yaw)** : rotation autour de l'axe vertical  
-> rotation dans le plan horizontal
- **Gaz (Throttle)** : -> monter / descendre



# 2.4 Commandes / Modes



+ Mode 3  
+ Mode 4

1. Présentation

2. Définitions

3. Dimensionner et s'équiper

4. Réglementation



# 3.1 Puissance

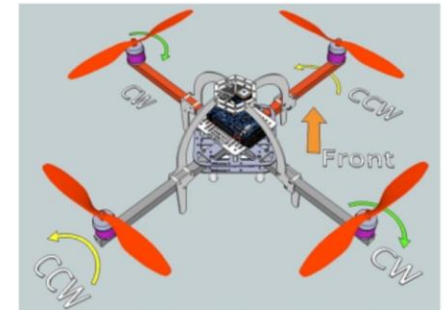
## • Moteur :

- DC Brushless ( $\neq$  brush) : moins bruyant et rapport poids/puissance plus élevé
- Cage tournante ( $\neq$  rotor interne) : boîtier extérieur avec aimants en rotation autour des bobines fixes au centre. Généralement doté de plus de couple
- Coefficient KV [tr/min/volt] : rapport vitesse / tension  
*ex : 2300 KV | 7,4V  $\Rightarrow$  14,8 V x 2300 tr/mn/V = 34 040 tr/mn*



## • Hélices :

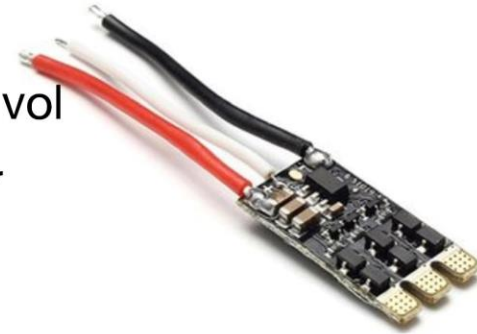
- Sens horaire / anti-horaire (CC / CCW)
- **Diamètre** et **Pas** (en pouces 1" = 25.4mm) : **5045** -> **ø5 inch** | **pas 4.5 pouces**
  - Pas élevé / diamètre petit  $\Rightarrow$  vitesse
  - Pas petit / diamètre élevé  $\Rightarrow$  traction
- Conversion nombre de pales :
  - 2 pales -> 3 pales  $\Rightarrow$  réduire 10% diamètre
  - 2 pales -> 4 pales  $\Rightarrow$  réduire 16% diamètre



# 3.1 Puissance

- **ESC (*Electronic Speed Controllers*) :**

- Contrôle de la vitesse du moteur en fonction du signal transmis par la carte de vol
- Prendre un ESC légèrement au dessus du courant max demandé par le moteur  
 ex : moteur 14A  $\Rightarrow$  choisir un ESC 20A pour éviter l'échauffement

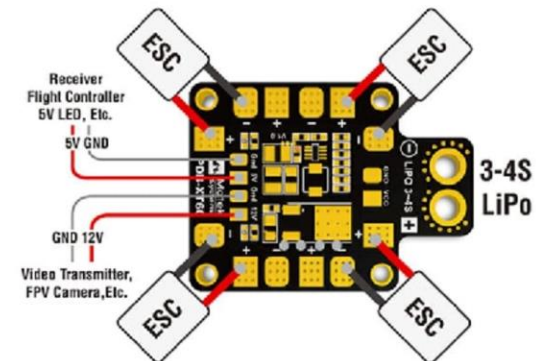


- **BEC (*Battery Eliminator Circuit*) :**

- Alimente l'électronique embarqué sur un modèle réduit (récepteur, servos...)
- Implémenté généralement sur l'ESC, il évite d'utiliser 2 batteries (1 propulsion & 1 réception)

- **PDB (*Power Distribution Board*) :**

- Alimente tous les composants du drone (surtout pour ceux de course)
- Remplace la fonction du BEC



# 3.1 Puissance

- **Batterie :**

- **LiPo** (Lithium Polymère) : capacité élevé pour faible poids et bonne décharge | 4.2V / élément
- **LiHV** (LiPo High Voltage) (**interdit en compétition**) : plus légère, voltage plus élevé | 4.35V / élément
- **Capacité** (mAh) : plus la capacité est élevée, plus le vol est long mais plus la batterie est lourde !
- Taux de décharge en **C** : rapport courant de décharge max / capacité  
*ex : 4 esc à 20A, batterie 1300 mAh -> nombre de C ?*  
 $C > 4 \cdot 20 / 1,3 = 61,53 \Rightarrow 65C \text{ minimum}$
- Charge : uniquement avec un chargeur LiPo à 1C (*ex: 1.3 A pour une batterie 1300mAh*)
- Attention à la charge et au stockage ! Les LiPo peuvent s'enflammer !  
[Plus d'info : https://robopoly.epfl.ch/infrastructures/lipo](https://robopoly.epfl.ch/infrastructures/lipo)



# 3.2 Carte de vol

- Composé de : accéléromètres, gyroscopes, IMU, (compas, baromètre, gps)

Mode	Niveau	Gyroscope	Accéléromètre	Baromètre	Compas	GPS	Assistance
<b>GPS + BARO</b>	★	x	x		x	x	Maintien position + altitude
<b>BARO</b>	★★	x	x	x	x		Maintien de l'altitude
<b>MAG</b>	★★	x	x		x		Manitien du cap
<b>ANGLE</b>	★★★	x	x				Maintien d'un niveau stable
<b>HORIZON</b>	★★★★	x	x				Maintien de niveau et pilotage rapide
<b>ACCRO</b>	★★★★★	x					Contrôles rapides, pas de remise à plat

- Les plus performantes pour le racing : [BetaflightF4](#), [RevoltF4](#)
- Pour professionnels : [DJI N3](#)
- D'autres cartes de vol connues : Naze32, CC3D

# 3.3 Radio-commande

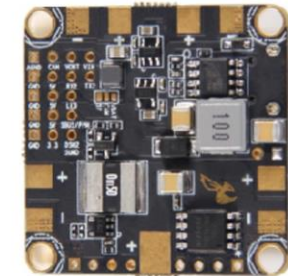
- **Protocoles de communication**



**TX protocol**  
(TX - RX)



**RX protocol**  
(RX - FC)



- D8 / D16 / LR12 (Frsky)
- DSM / DSM2 / DSMX (Spektrum)
- DSM2 (Spektrum)
- DSMX (Spektrum)
- AFHDS / AFHDS 2A (Flysky)
- A-FHSS (Hitec)
- FASST (Futaba)

- PWM (universal)
- PPM (universal)
- PCM (universal)
- SBUS (Futaba, Frsky)
- IBUS (Flysky)
- XBUS (JR)
- MSP (Multiwii)

# 3.4 Vol en Immersion FPV

- Intégration sur tout type de modèles (avions, quadcoptères...)
- Rediffusion en temps réel de l'image sur le masque du pilote





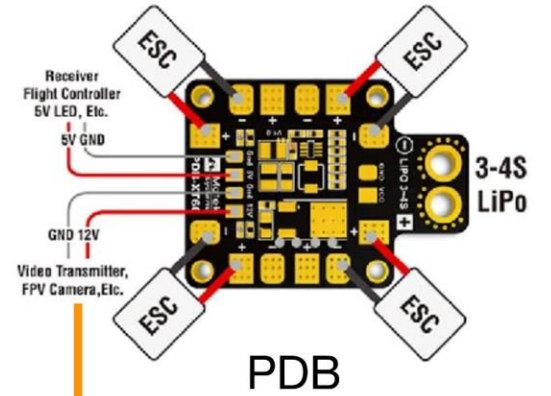
# 3.4 Vol en Immersion FPV



Masque FPV



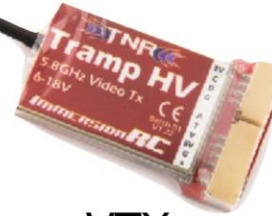
## DRONE



Antenne  
5.8 Ghz



VTX



Connectique

Caméra PAL / NTSC



# 3.5 Où acheter

## En Suisse

- Livraison en 24h / 48h
- +++ cher
- [fpvracing](#), [rc-tech](#) ....
- Bientôt Aéropoly (vente de kit, spare)

## En Europe

- Chez des amis en France !
- + cher | livraison en 48 heures
- [fpv4drone](#), [studiosport](#), [hobbyking EU](#)  
...

## En Chine

- Attention à la douane !
- - - cher | 3 semaines de délais
- [bangood](#), [aliexpress](#) ....



# 3.6 Exemples avancés

- [Intel's 500 Drone Light Show | Intel](#)
- [Elios | Flyability](#)
- [The eBee Plus Drone | Sensefly](#)
- [DJI MG-1S Agricultural Wonder Drone | DJI](#)



**1. Présentation**

**2. Définitions**

**3. Dimensionner et s'équiper**

**4. Réglementation**



# 4.1 Réglementation en Suisse

## Admis sans autorisation



Télépilotage de multicoptères d'un poids total de moins de 30 kg pour autant que le pilote maintienne un contact visuel direct avec l'appareil



Multicoptère exploité sur des aérodromes pour aéromodélisme ou participant officiellement à une manifestation aéronautique



Evolution de multicoptères en plein air et dans les zones résidentielles à l'écart de rassemblements de personnes (concentration de plus de 24 personnes). Respecter la sphère privée et les réserves naturelles ! -> Voir carte

-> [Carte des espaces avec restriction](#)

## Admis uniquement avec autorisation



Multicoptère piloté à l'aide de lunettes vidéo sans qu'un deuxième télépilote conserve le multicoptère dans son champ de vision



Multicoptères d'un poids total supérieur à 30 kg



Evolutions de multicoptères à moins de 100 m d'un rassemblement de personnes en plein air, sauf dans le cadre d'une manifestation aéronautique publique ou sur une base d'aéromodélisme



Exploitation de drones à moins de 5 km d'un aérodrome ou drones volant à une hauteur de plus de 150 m dans une zone de contrôle. Une autorisation du chef d'aérodrome ou du contrôle aérien est requise. -> Voir carte



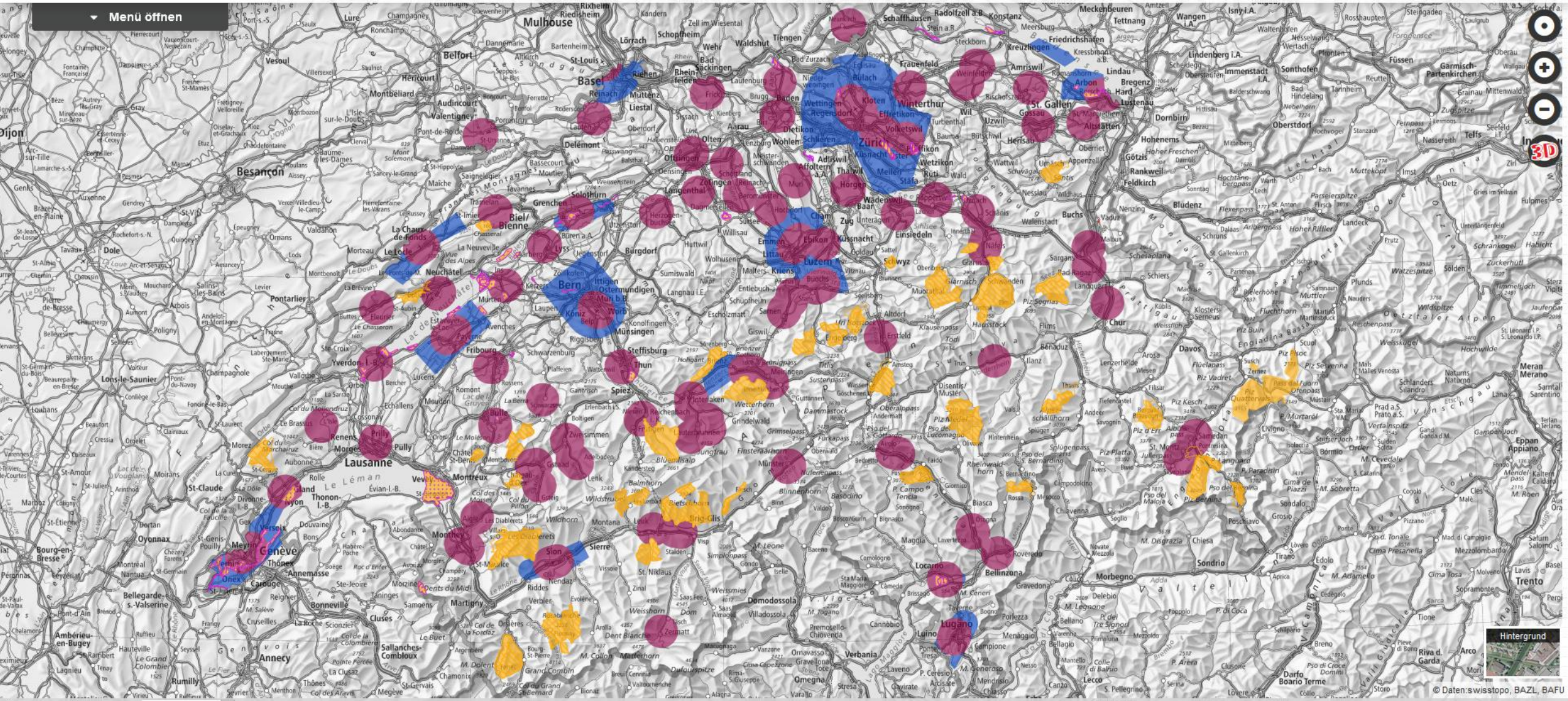
Observer les restrictions cantonales ou communales de même que les zones temporairement fermées à la circulation aérienne (p. ex. pendant la tenue du WEF à Davos).





Ort suchen oder Karte hinzufügen:

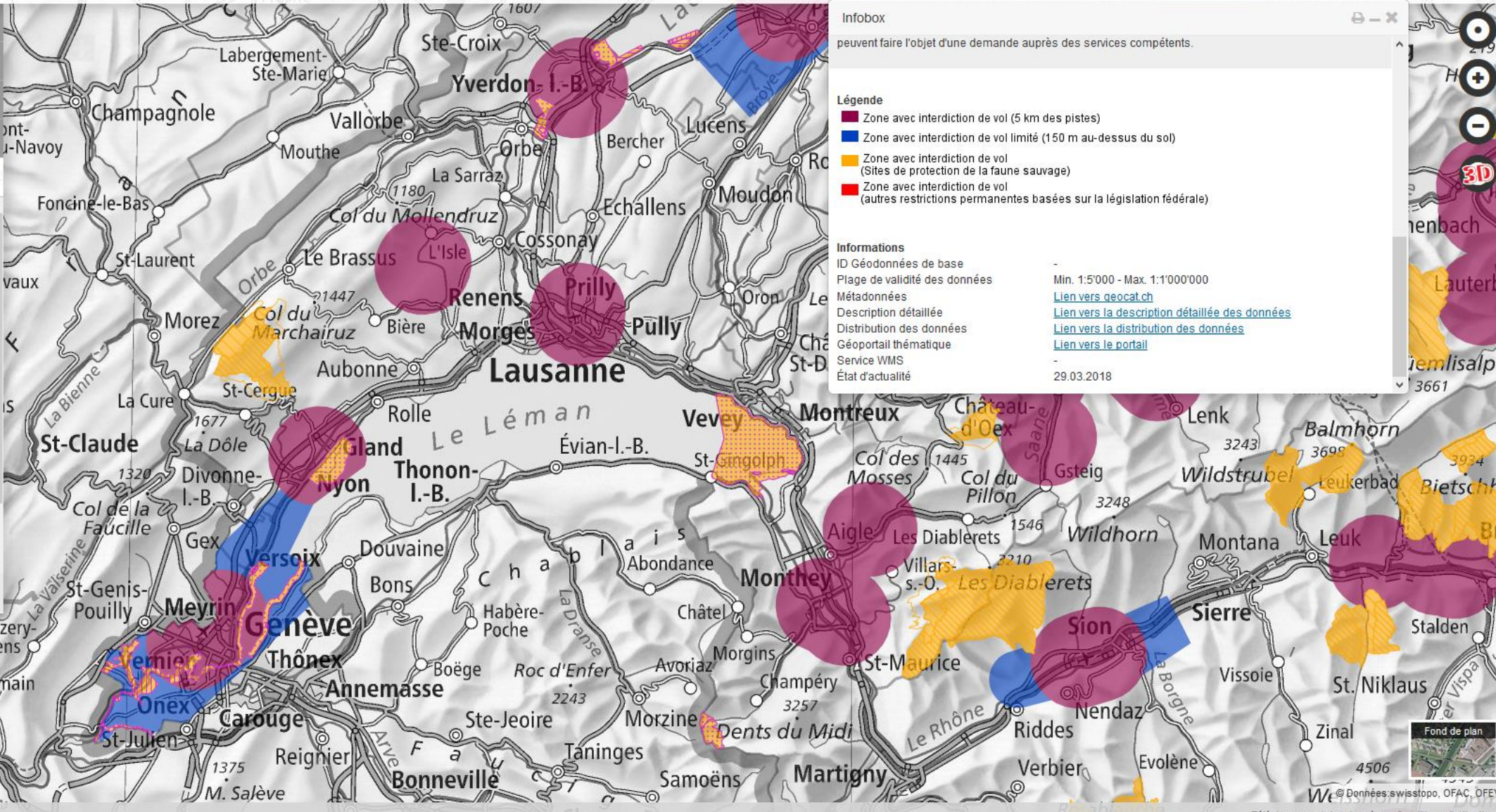
Menu öffnen





Rechercher un lieu ou ajouter une carte :  
par ex. Bundesplatz 1 Bern, 46.7 7.5, Carte du bruit ...

- Partager
- Imprimer
- Dessiner & Mesurer sur la carte
- Outils avancés
- Aviation** Changer thème
- Publ. des obstacles aéronautiques
- Obstacles à la navigation aérienne**
- Terrains d'atterrissage
- Zones protégées
- Espaces aériens / Restrictions
- Espaces aériens - CTR
- Espaces aériens - TMA
- Espaces aériens - FIZ
- Espaces aériens - CTA
- Espaces aériens - FIR
- Restrictions pour drones**
- Cartes aéronautiques
- Cartes affichées



**Infobox**

peuvent faire l'objet d'une demande auprès des services compétents.

**Légende**

- Zone avec interdiction de vol (5 km des pistes)
- Zone avec interdiction de vol limité (150 m au-dessus du sol)
- Zone avec interdiction de vol (Sites de protection de la faune sauvage)
- Zone avec interdiction de vol (autres restrictions permanentes basées sur la législation fédérale)

**Informations**

ID Géodonnées de base	-
Plage de validité des données	Min. 1:5'000 - Max. 1:1'000'000
Métadonnées	<a href="#">Lien vers geocat.ch</a>
Description détaillée	<a href="#">Lien vers la description détaillée des données</a>
Distribution des données	<a href="#">Lien vers la distribution des données</a>
Géoportail thématique	<a href="#">Lien vers le portail</a>
Service WMS	-
État d'actualité	29.03.2018



- Partager
- Imprimer
- Dessiner & Mesurer sur la carte
- Outils avancés
- Aviation Changer thème
  - Publ. des obstacles aéronautiques
  - Obstacles à la navigation aérienne
  - Terrains d'atterrissage
  - Zones protégées
  - Espaces aériens / Restrictions
    - Espaces aériens - CTR
    - Espaces aériens - TMA
    - Espaces aériens - FIZ
    - Espaces aériens - CTA
    - Espaces aériens - FIR
  - Restrictions pour drones
  - Cartes aéronautiques
  - Cartes affichées

Fermer menu

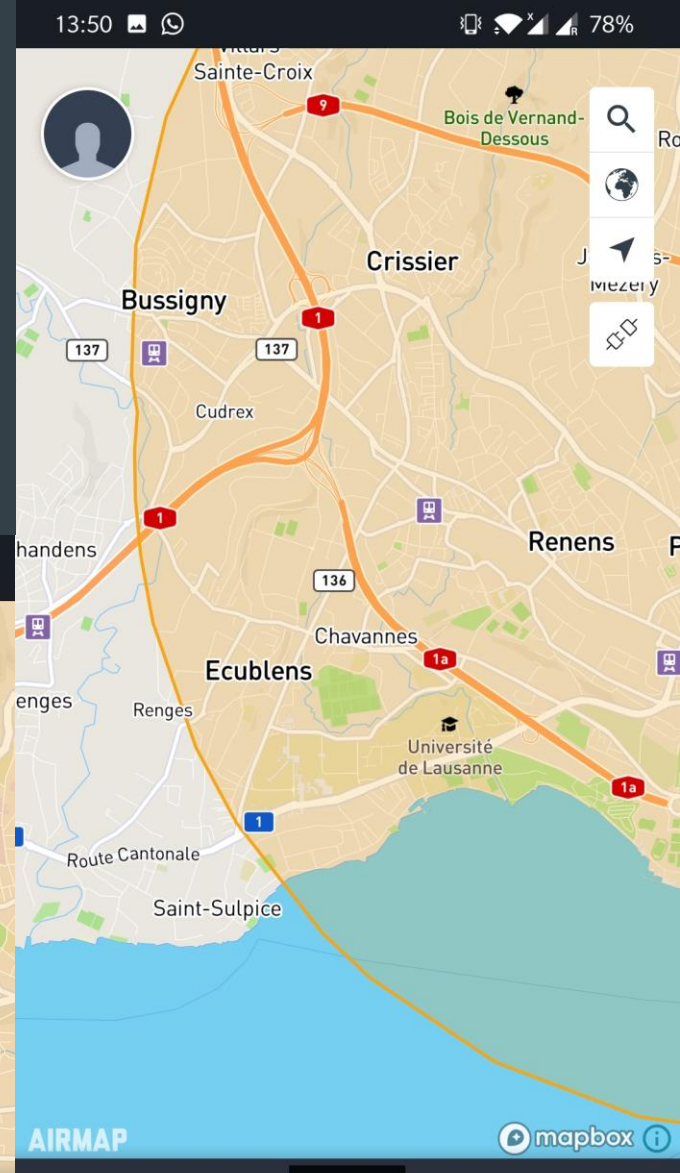
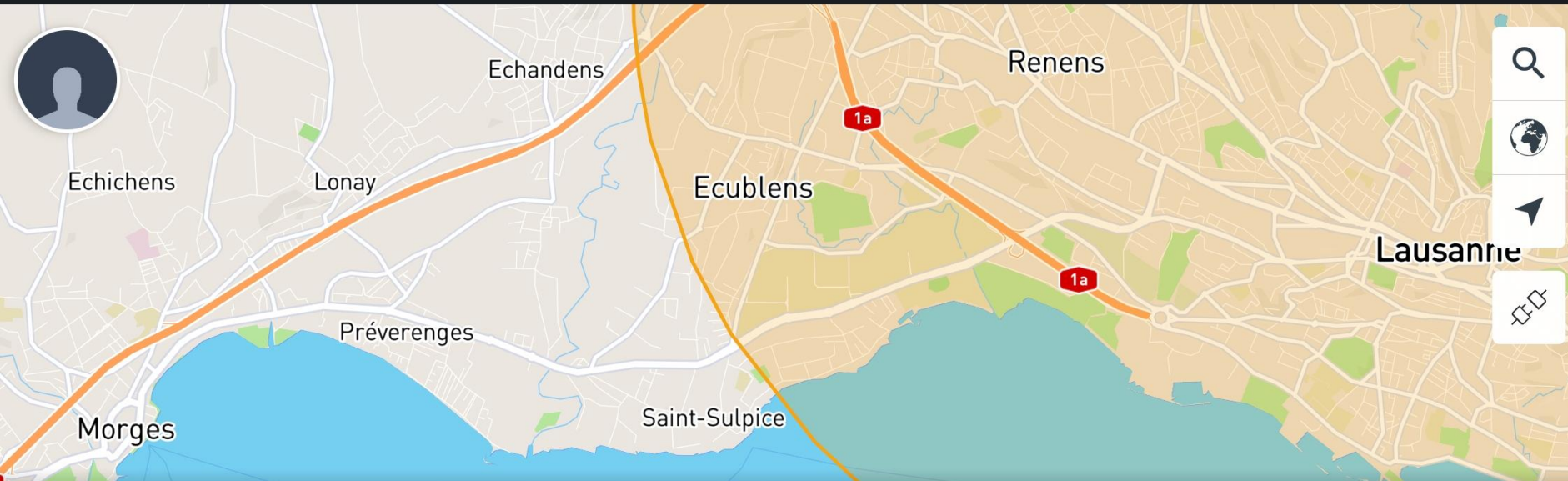




# AIRMAP

13:49

77%



AIRMAP

mapbox

Ecublens, Vaud  
46°31'3" N 6°33'57" E  
8°C | 4 m/s

Chavannes-près-Renens, Vaud  
46°31'43" N 6°34'15" E  
8°C | 4 m/s

Récréatifs

Règles requises

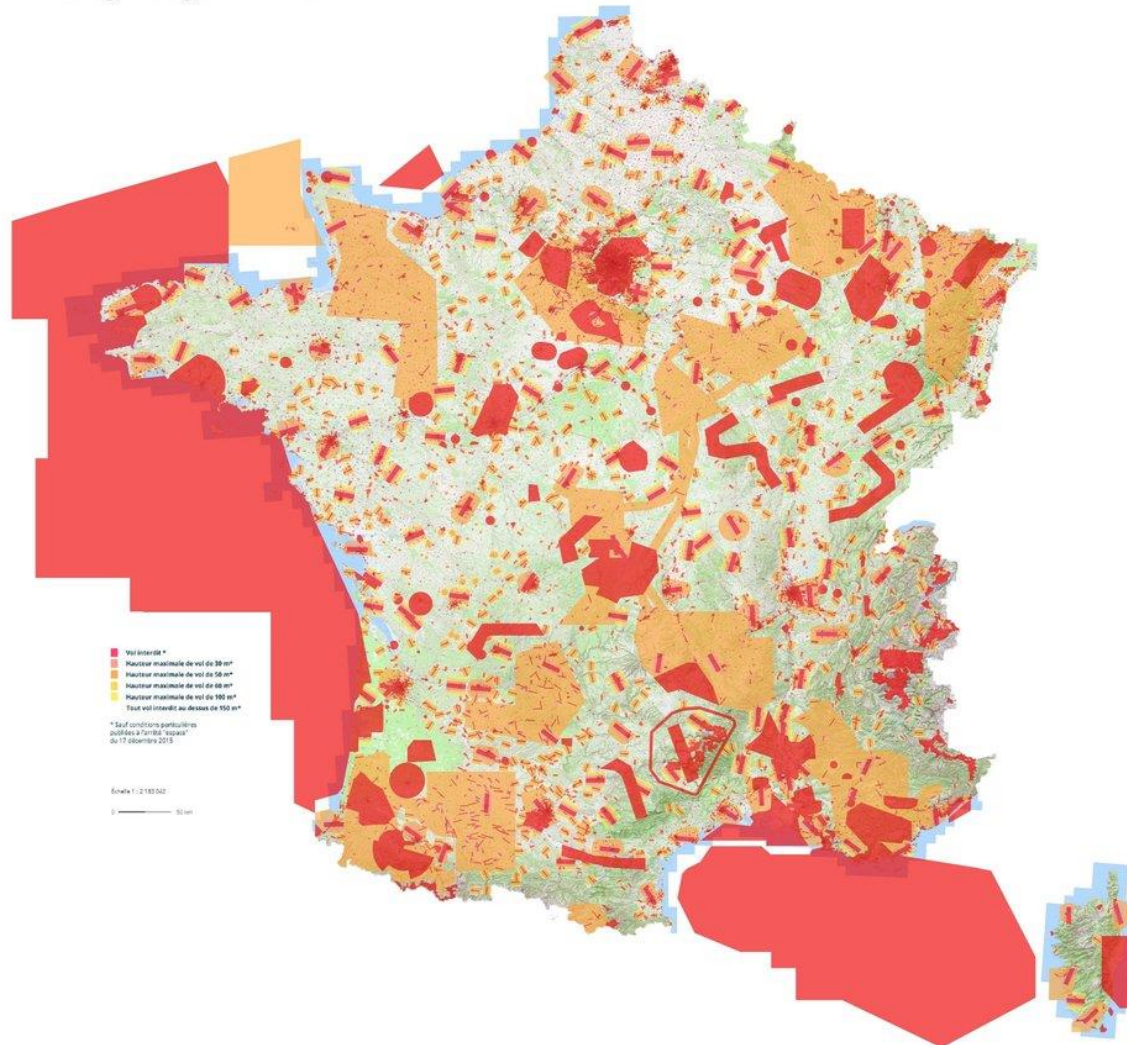
Récréatifs

Règles requises



# 4.2 Réglementation en France

## Restrictions pour l'usage des drones de loisir Drone usage regulations



AIRFRANCE

### Conditions de transport des piles et batteries au lithium

Les piles et batteries au lithium sont potentiellement dangereuses lorsqu'elles sont transportées sans précautions. Le risque principal est l'embrasement, causé par un choc, un problème d'assemblage ou une forte augmentation de la température.

Les conditions de transport des appareils électroniques et de leurs batteries de rechange varient selon :

- l'énergie en watt/heures (Wh), pour les batteries au lithium ionique, lithium polymère, lithium Iron phosphate (LifePO4), etc.,
- la quantité en grammes (g) de lithium pour les batteries au lithium métal, alliage au lithium, etc.

Appareils électroniques portables (liste non exhaustive)	Énergie (Wh) / Quantité (g)	Configuration	Bagage cabine	Bagage enregistré en soute
Appareils destinés à un usage personnel : concentrateurs d'oxygène personnels (POC), caméscopes, appareils photo, téléphones mobiles, ordinateurs portables, tablettes, drones, outillages électroportatifs...	≤100 Wh ≤ 2 g	Batteries contenues dans un appareil	OUI	OUI
		Batteries supplémentaires de rechange* (y compris les chargeurs externes de type Power Bank)	OUI Quantité limitée à une utilisation personnelle	NON
Appareils médicaux et autres appareils : défibrillateurs externes automatiques (DEA), nébuliseurs, appareils de ventilation en pression positive continue (CPAP), caméras vidéo, drones, outillages électroportatifs...	>100 Wh et ≤160 Wh > 2 g et ≤ 8 g	Batteries contenues dans un appareil	OUI	OUI
		Batteries supplémentaires de rechange* (y compris les chargeurs externes de type Power Bank)	OUI 2 par personne maximum	NON
Outillages électroportatifs, moyens de locomotion électrique... et leurs batteries de rechange.	>160 Wh > 8 g	INTERDITS EN BAGAGE TRANSPORT FRET UNIQUEMENT		

\* Les bornes des batteries supplémentaires de rechange, transportées dans les bagages en cabine, doivent être protégées des courts-circuits. Elles doivent être isolées avec de l'adhésif et placées dans des sacs plastiques individuels, dans leur emballage d'origine, ou dans une enveloppe de type Li-Po Guard.

**Fauteuils roulants et autres moyens de déplacement (à l'usage des passagers à mobilité réduite) alimentés par des batteries au lithium :**  
Les batteries démontables dont l'énergie est supérieure à 300 Wh ne sont pas acceptées à bord.

**Note :**  
L'énergie en watt-heures, requise par la réglementation, peut ne pas être indiquée sur la batterie. Il vous appartient alors de la déterminer. Elle peut être calculée de la manière suivante à partir du voltage (V) et de l'ampérage (Ah) :  
Energie (Wh) = 2 V x 0,5 Ah = 1 Wh.

# Drone > 800 grammes

Mollard Julien

DÉCONNEXION



Accueil



Mon compte



Mes aéronefs



Mon activité professionnelle

## ENREGISTRER UN AÉRONEF

### Enregistrer un aéronef

L'aéronef possède déjà un numéro d'enregistrement

Oui  Non



Liste de modèles prédéfinis\*

Entrez les 1ères lettres du constructeur ou du modèle (ou choisir 'Autre')

Numéro de série



Plage de masse\*



#### Équipements

L'aéronef est équipé d'un capteur d'image\*

Oui  Non



L'aéronef est équipé d'un pilote automatique\*

Oui  Non



En enregistrant cet aéronef, j'atteste en être (ou en représenter) le propriétaire et reconnais être dûment informé des obligations réglementaires attachées à son usage. J'atteste en outre la sincérité des informations déclarées et reconnais être informé que toute fausse déclaration peut être punie par la loi. Je reconnais également être informé que les informations déclarées pourront être utilisées à des fins d'enquêtes judiciaires, administratives ou de renseignement.

RETOUR

VALIDER

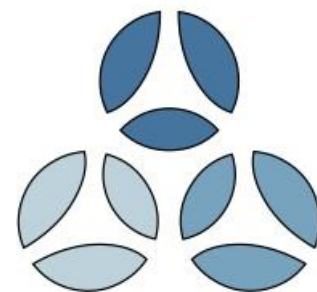


## 4.2 Réglementation à l'EPFL

- Accord passé avec l'aérodrome de la Blécherette pour des vol < 50m
- Responsabilité civile > 1'000'000 CHF pour les drones > 500 g
- Contact visuel
- [Formulaire de demande d'autorisation DSPPS](#)
- ! Vols interdit à Lausanne !



# Ils nous soutiennent :



agepoly

skyguide



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE



**Merci !**

