# Projet ALPI

## Automatic Light Pollution Investigator

*Dossier d'avant-projet*

**Daniel PALETTI**

Maîtres de stage :

Michel BONAVITACOLA
Luc ANDRIVET

Référents scientifiques :

François COLAS
Sébastien VAUCLAIR

# SOMMAIRE


1. **Introduction** ..... 4
2. **Cahier des charges, définition préliminaire** ..... 4
   - 2.1. **Introduction** ..... 4
   - 2.2. **Détail du besoin** ..... 5
     - 2.2.1. **Environnement** ..... 5
     - 2.2.2. **Marche/Arrêt** ..... 5
     - 2.2.3. **Fréquence d'acquisition** ..... 6
     - 2.2.4. **Collecte des informations, transmission de données** ..... 6
     - 2.2.5. **Acquisitions** ..... 6
     - 2.2.6. **Résolution spatiale** ..... 6
   - 2.3. **Arbre fonctionnel et des produits** ..... 6
3. **Solutions techniques** ..... 8
   - 3.1. **Objectif Fish-eye** ..... 8
   - 3.2. **All Sky Camera de SBig** ..... 10
   - 3.3. **Système de surveillance des conditions météorologiques** ..... 10
   - 3.4. **Caméra CCD** ..... 13
   - 3.5. **Dôme de protection** ..... 13
   - 3.6. **Alimentation** ..... 15
     - 3.6.1. **Fonctionnement nominal** ..... 15
     - 3.6.2. **Fonctionnement en alimentation d'urgence** ..... 16
     - 3.6.3. **Fonctionnement en missions extérieures** ..... 16
   - 3.7. **Commande de différents éléments** ..... 17
   - 3.8. **Système mécanique de fermeture de la boîte** ..... 17
   - 3.9. **Synoptique récapitulatif** ..... 18
4. **Réalisation logicielle** ..... 19
   - 4.1. **Introduction** ..... 19
   - 4.2. **Structure générale** ..... 20
   - 4.3. **Installations logicielles préliminaires** ..... 20
   - 4.4. **Procédure de lancement** ..... 21
     - 4.5.1. **Avant de lancer le logiciel** ..... 21
     - 4.5.2. **Lancement de l'application** ..... 22

**4.5. Fichiers générés par ALPI Brain** ..... 25
**4.6.1. Fichiers Photo** ..... 25
**4.6.2. Fichier d'information image** ..... 25
**4.6.3. Le carnet de bord** ..... 26
**4.6.4. Le fichier état du système** ..... 26
**4.6. Algorithme** ..... 26
**4.7. Foire aux questions** ..... 27
**5. Tests prototype** ..... 27
**5.1. Introduction** ..... 27
**5.2. Schéma du montage** ..... 28
**5.3. Objectifs des missions et tests** ..... 28
**5.3.1. Tests logiciels** ..... 28
**5.3.2. Tests matériels** ..... 29
**5.4. Protocole opératoire** ..... 29
**6. Conclusion** ..... 30

# 1. Introduction

Ce rapport rend compte du travail que j'ai effectué durant deux mois pour réaliser une étude complète d'avant-projet en vue de la création d'un appareil de monitoring de la pollution lumineuse automatique que nous avons baptisé ALPI (Automatic Light Pollution Investigator). Ce travail a été effectué en vue de la création de cet appareil et doit servir de socle à sa réalisation. Outre l'étude théorique d'avant-projet, un prototype a été mis au point et a prouvé la faisabilité du projet.
L'étude suivante est composée de quatre parties : cahier des charges, solutions techniques, étude et réalisation logicielle, test prototype.

# 2. Cahier des charges, définition préliminaire

## 2.1. Introduction

Ce document a pour but de définir le cahier des charges d'ALPI (Automatic Light Pollution Investigator).
ALPI a pour but principal de permettre des mesures quantitatives de pollution lumineuse en vue de la création de la Réserve Internationale de Ciel Etoilé (RICE) du Pic du Midi. Voici donc les exigences minimales que devra remplir le système :

- « La zone centrale de la RICE (Réserve Internationale de Ciel Etoilé) doit avoir identifié les sources de pollution lumineuse à travers des calculs, des cartes, des photographies ou n'importe quelle autre méthode appropriée ET identifié **clairement** les menaces actuelles et futures sur la qualité du ciel. »

- « Une réduction d'environ 15% de la pollution lumineuse devra être mesurée/modélisée au zénith de la zone centrale en faisant des mesures avant et après les résultats d'une prise de conscience, une règlementation et/ou la modification des appareils d'éclairage. »

- « Un programme de mesure devra être maintenu par le coordinateur principal ou par n'importe quelle autre personne ou organisation privée pour suivre l'évolution de la pollution lumineuse dans la zone centrale de la RICE. »

*Extraits du règlement d'obtention du label « réserve de ciel étoilé », IDA, 2008*

Outre ces exigences générales, ALPI devra aussi remplir les fonctions suivantes :

- ALPI devra être autonome, c'est-à-dire fonctionner sur de longues périodes sans intervention humaine.

- ALPI devra être adapté aux conditions météorologiques du Pic du Midi (ce qui le rend de fait adapté à des conditions météorologiques plus clémentes).

- ALPI devra pouvoir mesurer la qualité du ciel et son évolution de façon quantitative. Il devra réaliser pour cela une analyse photométrique et spectroscopique du ciel étudié.

- ALPI doit être évolutif et adaptable à d'autres lieux que le Pic du Midi.

## 2.2. Détail du besoin

### 2.2.1. Environnement

***Environnement extérieur***

Afin de pouvoir décider de la mise en marche des acquisitions, ALPI a besoin de collecter les conditions atmosphériques suivantes :

- Pression ambiante
- Température ambiante
- Hygrométrie (et point de rosée)
- Couverture nuageuse
- Présence de précipitation
- Vitesse et direction du vent
- Champ magnétique/électrostatique (fermeture d'urgence)

La précision de ces mesures doit être juste suffisante pour décider la mise en marche ou l'arrêt des prises de vues.

***Environnement intérieur***

L'intérieur de l'enceinte dans laquelle se trouvent les instruments de mesure devra être régulé (maîtrisé) en température et en hygrométrie pour garantir le bon fonctionnement du matériel électronique et éviter la formation de buée sur le chemin optique.

### 2.2.2. Marche/Arrêt

***Plages de fonctionnement nominales***

Pour analyser correctement la pollution lumineuse, le ciel doit non seulement être dégagé, mais également non perturbé par des lumières naturelles.

ALPI fonctionnera donc uniquement après le crépuscule astronomique (c'est-à-dire quand le Soleil est plus bas que 18° sous l'horizon) et quand la Lune est absente du ciel (nous prendrons arbitrairement 10° en dessous de l'horizon).

Cette condition sur le Soleil implique des plages de prises de vue d'une durée comprise entre 3h50 et 11h40 (respectivement solstice d'été et d'hiver).

***Prise en compte des conditions météorologiques***

Si les conditions précédentes sont réunies, alors le système analysera les données météorologiques et environnementales listées au paragraphe précédent pour prendre la décision de marche/arrêt

***Débrayage humain***

Il doit être possible d'effectuer une mise en marche ou un arrêt forcé, manuellement et à distance.

Ce débrayage restera cependant subordonné aux conditions nécessaires à l'intégrité du matériel (par exemple : il ne sera pas possible de forcer l'allumage d'ALPI en cas de risque d'orage).

#### 2.2.3. Fréquence d'acquisition

ALPI devra réaliser une acquisition toutes les 15 minutes (assez long pour ne pas surcharger la mémoire inutilement, et assez court pour pouvoir faire un traitement statistique).

#### 2.2.4. Collecte des informations, transmission de données

L'utilisateur doit pouvoir connaître à distance l'état du système.
Compte tenu la taille des données acquises (images brutes), le système devra les stocker sur place (mémoire flash, disque dur, etc…). La capacité doit être suffisante pour stocker 1 mois de données.
Pour l'implantation au Pic du Midi, les images seront transférées vers la plaine via Internet si possible.

#### 2.2.5. Acquisitions

***Photométrie***

L'information photométrique sera issue d'images obtenues avec une caméra numérique, étalonnées avec un photomètre.

***Spectroscopie***

ALPI est essentiellement destiné à faire de la photométrie. Il devra cependant être capable d'identifier grossièrement l'origine spectrale des lumières émises vers le ciel (directement et indirectement). Pour cela, ALPI utilisera un jeu de filtres choisis selon la répartition spectrale habituelle des sources de lumière artificielle.

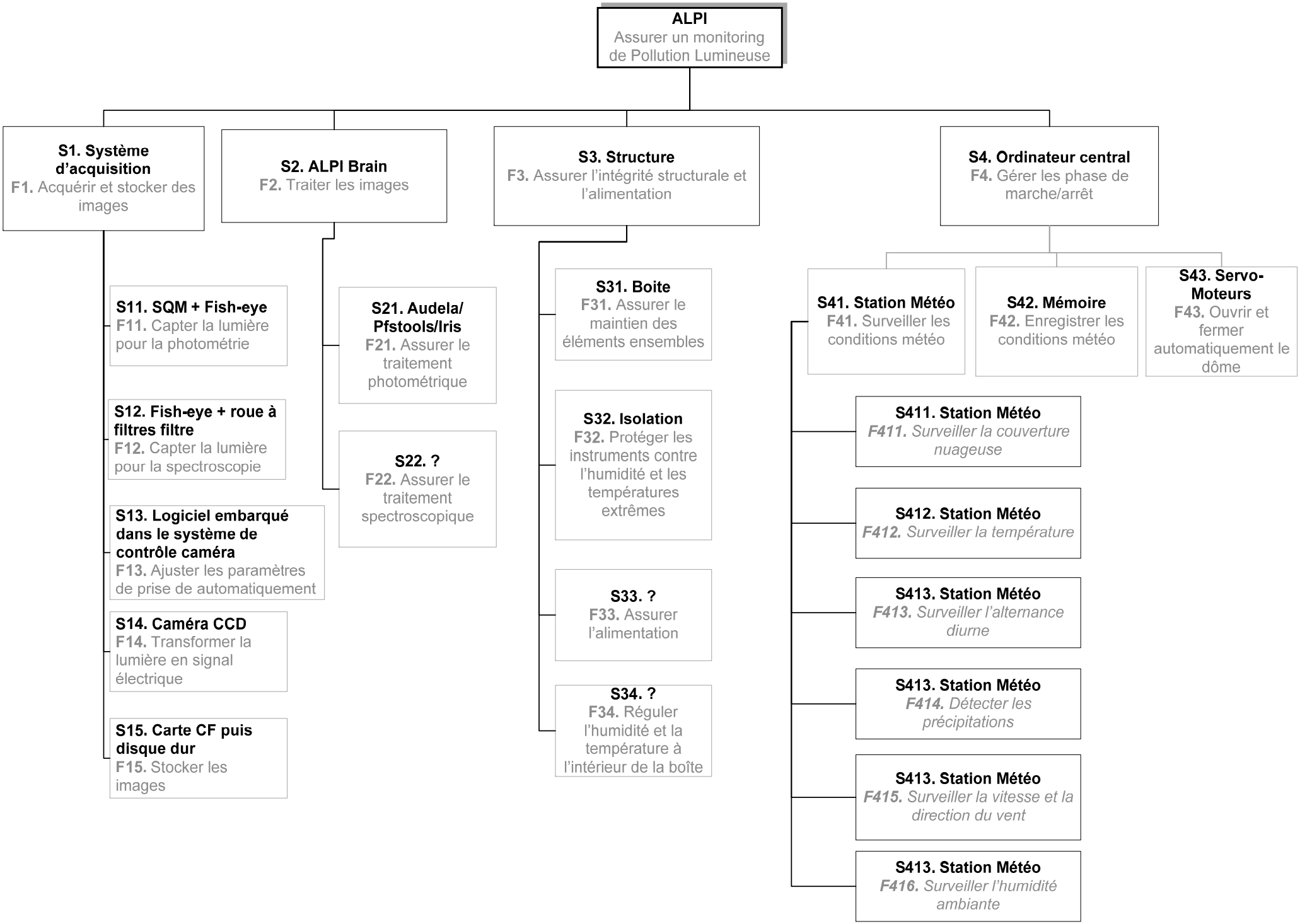
#### 2.2.6. Résolution spatiale

ALPI doit être capable de résoudre 100 m à 50 km (c'est-à-dire depuis le Pic du Midi : un stade un peu plus loin que Tarbes).

Un calcul rapide nous amène donc sur une image de 1500 pixels de diamètre environ.

### 2.3. Arbre fonctionnel et des produits

Cet arbre montre les principales fonctions qui devront être remplies par ALPI, et les produits que nous pouvons proposer pour y répondre (voir la partie « solutions techniques »).


ALPI
Assurer un monitoring de Pollution Lumineuse
S1. Système d'acquisition
F1. Acquérir et stocker des images
S2. ALPI Brain
F2. Traiter les images
S3. Structure
F3. Assurer l'intégrité structurale et l'alimentation
S4. Ordinateur central
F4. Gérer les phase de marche/arrêt
S11. SQM + Fish-eye
F11. Capter la lumière pour la photométrie
S12. Fish-eye + roue à filtres filtre
F12. Capter la lumière pour la spectroscopie
S13. Logiciel embarqué dans le système de contrôle caméra
F13. Ajuster les paramètres de prise de automatiquement
S14. Caméra CCD
F14. Transformer la lumière en signal électrique
S15. Carte CF puis disque dur
F15. Stocker les images
S21. Audela/ Pfstools/Iris
F21. Assurer le traitement photométrique
S22. ?
F22. Assurer le traitement spectroscopique
S31. Boite
F31. Assurer le maintien des éléments ensembles
S32. Isolation
F32. Protéger les instruments contre l'humidité et les températures extrêmes
S33. ?
F33. Assurer l'alimentation
S34. ?
F34. Réguler l'humidité et la température à l'intérieur de la boîte
S41. Station Météo
F41. Surveiller les conditions météo
S42. Mémoire
F42. Enregistrer les conditions météo
S43. Servo-Moteurs
F43. Ouvrir et fermer automatiquement le dôme
S411. Station Météo
F411. Surveiller la couverture nuageuse
S412. Station Météo
F412. Surveiller la température
S413. Station Météo
F413. Surveiller l'alternance diurne
S413. Station Météo
F414. Détecter les précipitations
S413. Station Météo
F415. Surveiller la vitesse et la direction du vent
S413. Station Météo
F416. Surveiller l'humidité ambiante

# 3. Solutions techniques

Cette partie rassemble les études comparatives qui ont été faites de façon à déterminer des produits possibles ou indispensables à la fabrication d'ALPI.

## 3.1. Objectif Fish-eye

Nous voulons disposer d'un système all-sky pour n'avoir à traiter qu'une image à chaque fois. L'avantage de cette méthode est la robustesse du système qui n'aura pas besoin de motorisation. Nous nous orienterons donc vers un objectif fich-eye *circulaire* de 180° d'ouverture minimum. Ceci réduit le champ d'investigation aux objectifs suivants :

| Marque | Nom | Angle couvert | Taille nécessaire de capteur | Adaptateur | Prix |
|---|---|---|---|---|---|
| Fujinon | FE185C046HA-1, FE185C057HA-1 et FE185C086HA-1 | 185° | de 4.6² mm à 8.6² mm | Monture C | 490$<br>490$<br>460$ |
| Sigma | 4,5mm F2.8 Fish Eye circulaire DC EX HSM | 180° | APS-C (22.2*14.8mm) (10.61mm) | Toutes marques | 950€ |
| Sigma | 8mm F3,5 Fish Eye Circulaire DG EX | 180° | 24*36 | Toutes marques | 950€ |
| Peleng | 8mm F/3,8 Fish-Eye | 180° | 24² mm | | 400€ |
| Sunex (lentille Nikon) | SuperFisheye Lens 5.6mm | 185° | 14.5² mm | Nikon, Canon | 800$ |

Le premier des objectifs Fujinon (046) est celui qui est utilisé dans le système All-Sky de SBig.
A plus de 2887m d'altitude, l'horizon se trouve à environ 1.7° sous le plan de l'horizontale. Pour que celui-ci se trouve dans le cercle image, il est donc nécessaire que l'angle de vue soit d'au moins 184°.
Seuls les objectifs Sunex et Fujinon répondent rigoureusement à ce critère. Cependant avec un objectif à 180°, les halos des villes à l'horizon (par exemple Toulouse vue du Pic du Midi) sont tout à fait visibles. Nous avons donc le choix entre tous les modèles ci-dessus.

Les images prises avec les objectifs Sunex et Fujinon ne semblent pas à la hauteur des objectifs Sigma ou Peleng au niveau des distorsions géométriques, aberrations chromatiques, mais surtout des images fantômes. Sur ce dernier point, les objectifs Sigma semblent mieux conçus que le Peleng.

Une solution pour obtenir un angle de vue plus important est d'utiliser un fish-eye diagonal sur un capteur plus grand que prévu. On obtient alors une portion d'image circulaire avec parfois des angles de vue allant jusqu'à près de 200° relativement exploitables. Cependant il faut, dans ce cas, scier le pare-soleil avec soins. Dans l'exemple suivant, le Nikkor a été traité de la sorte. En largeur, la taille du capteur limite l'image à environ 140° (source : michel.thoby.free.fr/).

Nikkor 10,5mm f/2,8

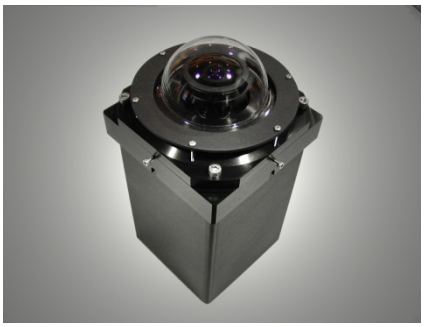
Sigma 8mm f/4

Enfin, à partir du Pic du Midi, si nous souhaitons observer la pollution lumineuse dans la plaine, la configuration avec uniquement un fish-eye ne convient plus. Il faut alors envisager un système mécanique permettant de basculer l'appareil vers l'horizon. Une autre solution serait d'utiliser un deuxième système d'acquisition (par exemple un fish-eye diagonal) dirigé vers la plaine.

Ces questions ne se posent bien entendu que dans le cas d'un lieu d'observation élevé.

La solution retenue est donc la suivante : Objectif Sigma + système électromécanique robuste permettant de basculer l'ensemble caméra+objectif de quelques degrés pour avoir des images de la plaine.

### 3.2. All Sky Camera de SBig



www.sbig.com/sbwhtmls/online.htm

**Prix** :

2195 € avec objectif fish-eye

**Avantage** :

- Le système est intégré et prévu pour des conditions d'utilisation en extérieur.
- Le dôme est changeable
- Liaison sans fil possible
- Petit et léger

**Inconvénient :**

- N'est pas encore commercialisé (et ne le sera pas pour l'été)
- Ne fonctionne pas en dessous de -10°C (-20°C de stockage)
- Basse résolution de la camera
- Beaucoup d'images fantômes

Les inconvénients sont prohibitifs pour une utilisation au Pic du Midi et ne répondent pas au cahier des charges. Nous n'utiliserons donc pas ce système.

### 3.3. Système de surveillance des conditions météorologiques

Il existe dans le commerce trois systèmes permettant d'évaluer la couverture nuageuse :

- AAG Cloud Watcher

- Sentinel

- Boltwood Cloud Sensor II

Voici leurs fonctionnalités respectives :

| | Niveau du vent | Direction du vent | Détection nuages | Détecte pluie et neige | Dégivrage | Mesure de température | Mesure d'humidité | Mesure de pression | Mesures diurnes | | Tmin (°C) | Vent max (km/h) | Prix |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AAG Cloud Watcher | | | • | • | • | • | | | • | | -10 | | 295 € |
| Sentinel | • | • | • | • | • | • | • | | • | | ? | ? | 1 290 € |
| Boltwood Cloud Sensor II | • | • | • | • | • | • | • | | • | | ? | ? | 1 500 € |

A noter que AAG Cloud Watcher est prévu pour fonctionner de concert avec une station météo conventionnelle ce qui permet d'ajouter à ses fonctionnalités la mesure de l'hygrométrie et la mesure de pression (ainsi qu'un capteur de température supplémentaire pour l'intérieur de la boîte).

Parmi les stations météo dites professionnelles mesurant les paramètres définis dans le cahier des charges, la WMRS200 d'Oregon Scientific convient parfaitement à nos besoins et propose une interface sans fil spécialement dédiée à une utilisation sur PC.

WMRS200 (155€)

La WMRS200 est conçue pour une liaison PC uniquement et permet de connecter jusqu'à 10 sondes.

La combinaison AAG Cloud Watcher + WMRS200 reviens donc à 450 €.

Sentinel et Cloud Sensor sont deux systèmes très proches. Ils ne justifient pas intrinsèquement un tel prix. En effet, Cloud Watcher, muni d'une petite station météo en parallèle, a un coût largement moindre que les deux autres systèmes, pour des fonctionnalités identiques. A noter qu'AAG a fait des gros efforts pour offrir une suite logicielle gratuite permettant de bien intégrer les différents éléments (station météo et Cloud Watcher) ensemble. Le logiciel fourni avec Sentinel est également très bien conçu.

Comme Cloud Watcher ne semblait pas adapté aux températures hivernales du Pic du Midi, Jaime ALEMANY, de la société Lunatico Astronomia, nous a réalisé des tests. L'appareil à été placé dans un congélateur à -29°C pendant plus de 48h, et tout a résisté. En revanche, notons deux points négatifs du Cloud Watcher : la boite est en plastique (ce qui exclut une utilisation au Pic du Midi sans protection annexe à cause de la grêle) et seul le capteur de précipitation est réchauffé. Pour utiliser le Cloud Watcher dans ALPI, il faudrait donc changer sa boite d'origine pour une boîte en métal et prévoir une résistance chauffante pour dégager tout l'avant de la boîte.

Pour les tests (voir un peu plus bas le descriptif de l'expérience préliminaire), Shelyak Instruments, par l'intermédiaire d'Olivier THIZZY, ont eu la gentillesse de nous prêter un Sentinel. Hormis la girouette qui est totalement inadaptée à une utilisation au Pic du Midi, le matériel est de très bonne facture. Le module destiné à être placé en extérieur est protégé par une boîte métallique et semble tout à fait apte à résister aux conditions particulières de haute montagne. Par ailleurs, toute la face avant du module est réchauffée en cas d'intempéries ou de température trop basse (ce qui n'est pas le cas pour le Cloud Watcher). Pour une utilisation dans ALPI, il faudrait changer la girouette standard par une girouette sans partie mobile (par exemple une girouette à ultrasons). Le Cloud Sensor est doté d'une telle girouette…

Enfin, notons qu'il est possible de récupérer les données météorologiques de la station d'aérologie du Pic du Midi. Elle ne nous fournira cependant pas de données sur la couverture nuageuse (sauf à extrapoler à partir de l'ensoleillement), ni sur les précipitations. Cette solution n'est pas non plus souhaitable pour ce qui est de l'aspect transportabilité et autonomie d'ALPI.

En conclusion de cette partie, il est difficile de donner une solution idéale. Cloud Watcher, couplé à la station météo WMRS 200, est probablement la solution la moins onéreuse malgré les ajouts et transformations nécessaires.
Sentinel, quand à lui, est un système robuste et complètement intégré mais d'un coût très élevé (surtout si nous devons y ajouter une girouette à ultrasons).
Enfin, Cloud Sensor a l'avantage de disposer d'une girouette à ultrasons, par contre il faudrait s'assurer de la solidité du module extérieur.

## 3.4. Caméra CCD

Nous n'avons pas à proprement parler besoin d'une caméra couleur pour caractériser un niveau de pollution lumineuse. En revanche, nous avons besoin d'une roue à filtre pour effectuer l'analyse « spectrale » décrite dans le cahier des charges.

Par ailleurs une caméra CCD est préférable à un appareil photo réflex numérique pour deux raisons principales :

- La possibilité d'ajouter une roue à filtre facilement (s'il elle n'est pas déjà incluse)
- La réponse spectrale beaucoup plus linéaire d'une caméra CCD

Nous nous orienterons donc vers une caméra CCD noir et blanc dès que les budgets le permettront.

Les avis des utilisateurs de caméra CCD placent les caméras SBig tout à fait devant les marques concurrentes pour leurs qualités optroniques, mais également de service commercial. Nous choisirons donc une caméra SBig.

Le capteur doit faire au moins 1500 pixels de côté. Avec ces paramètres, il reste les caméras suivantes :

| Single Sensor and Industrial Cameras | Imaging Array | Pixel Size | CCD Size | Read Noise | Dark Current e/p/s at 0 C | Full Frame Download | Adaptive Optics Option | Filter Wheel Option |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ST-3200ME | 2184 x 1472 | 6.8u | 14.9 x 10 mm | 10 e- | 1 e- | 4 sec. | No | CFW10 |
| ST-10XMEI | 2184 x 1472 | 6.8u | 14.7 x 10 mm | 8.8 e- | 1 e- | 8 sec. | No | CFW9 / 10 |
| **Dual Sensor Camera Models** | **Imaging Array** | **Pixel Size** | **CCD Size** | **Read Noise** | **Dark Current e/p/s at 0 C** | **Full Frame Download** | **Adaptive Optics Option** | **Filter Wheel Option** |
| ST-10XME | 2184 x 1472 | 6.8u | 14.7 x 10 mm | 8.8 e- | 1 e- | 8 sec. | AO-8 | CFW9 / 10 |
| **Large Format Camera Models** | **Imaging Array** | **Pixel Size** | **CCD Size** | **Read Noise** | **Dark Current e/p/s at 0 C** | **Full Frame Download** | **Adaptive Optics Option** | **Filter Wheel Included** |
| STL-4020M | 2048 x 2048 | 7.4u | 15.2 x 15.2 mm | 7.9 e- | 0.07 e- | 10 sec. | AO-L | Internal |
| STL-6303E | 3060 x 2040 | 9u | 27.5 x 18.4 mm | 13.5 e- | 0.3 e- | 16 sec. | AO-L | Internal |
| STL-11000M | 4008 x 2672 | 9u | 36 x 24.7 mm | 13 e- | 0.5 e- | 26 sec. | AO-L | Internal |

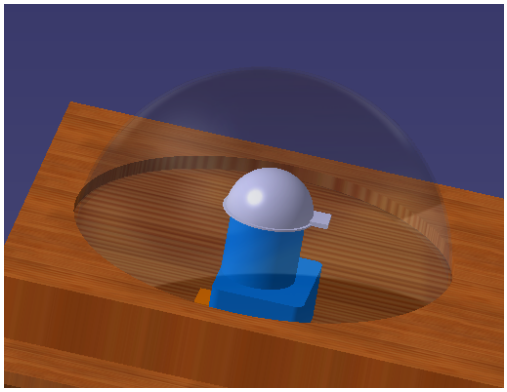
La camera STL-4020M convient parfaitement aux dimensions du cercle image de l'objectif Sigma 4.5 mm et comporte une roue à filtre intégrée.

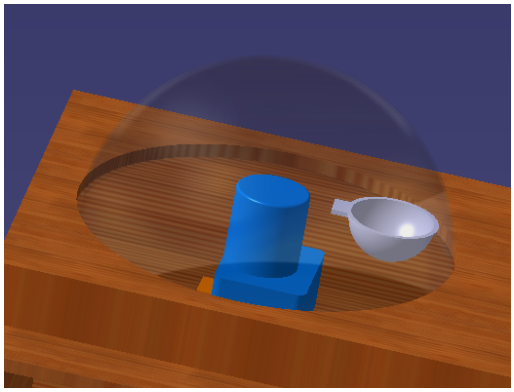
Nous choisirons donc la caméra STL-4020M à 5995€.

## 3.5. Dôme de protection

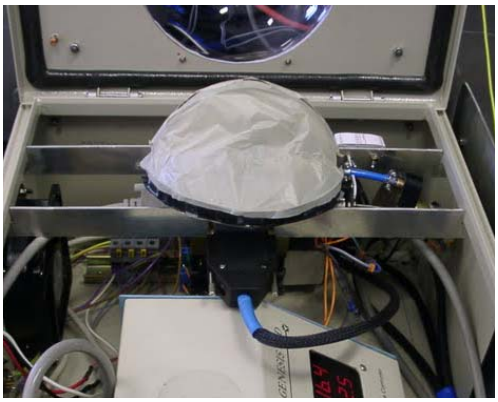
Un dôme en acrylique est moins cher, plus transparent, moins fragile et plus facile à se procurer qu'un dôme en verre. De part leur faible coût, il sera possible de le changer régulièrement selon l'état.

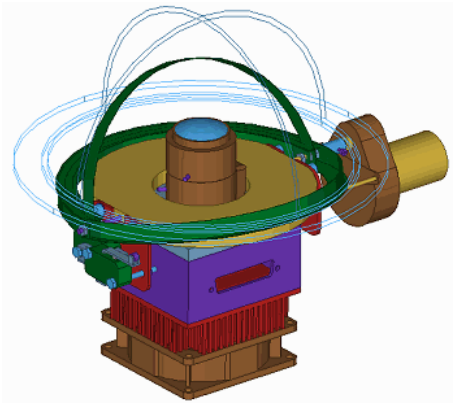
Si nous décidons d'automatiser le processus de flat, la meilleure solution que nous ayons imaginée pour prendre une photo uniforme est d'utiliser un servomoteur ou un petit moteur couplé à une coupelle opaque comme le montre la simulation ci après.





Si nous nous contentons en revanche d'effectuer les flats à la main de façon épisodique, nous n'avons plus besoin d'une coupelle rigide et lisse automatisée (nous pouvons la tenir à la main pendant le flat). Par contre il est impératif, même dans ce cas, de prévoir un cache automatique pour éviter d'exposer l'objectif au Soleil la journée, pour limiter le dépôt de poussières sur l'objectif, et pour effectuer les dark assez facilement. Une solution est d'utiliser un système similaire à celui inventé par Sylvain RONDI et construit pour l'instrument MASCOT installé au VLT.





Dans ce dernier cas, un dôme de diamètre légèrement supérieur à celui de l'objectif est suffisant. Par contre, dans le premier cas, un dôme de diamètre environ trois fois supérieur à celui de l'objectif est nécessaire, car l'objectif doit être sur le même axe optique que le dôme pour éviter des distorsions d'image.

Pour déterminer le diamètre nécessaire du dôme, il faut également envisager le mouvement d'inclinaison de l'objectif. En effet, au Pic du Midi, pour pouvoir prendre des photos de la plaine, il est nécessaire d'incliner l'appareil photo d'une quinzaine de degrés. Il ne faut pas que le dôme gêne l'objectif dans ce mouvement. Cette condition n'est pas réellement déterminante à moins de choisir un dôme particulièrement ajusté.

L'objectif Sigma fait environ 8 cm de diamètre.

Nous choisirons donc un dôme en acrylique de 14 pouces environ dans le premier cas (flats automatisés) et de 8 pouces environ dans le second.

Pour éviter la formation de buée à l'intérieur ou à l'extérieur du dôme, celui-ci sera, le cas échéant, chauffé à sa base par une résistance chauffante. La nécessité d'une résistance chauffante sera déterminée à postériori lors de test.

## 3.6. Alimentation

Le tableau suivant récapitule les besoins énergétiques des principaux organes d'ALPI. Il devra être complété de façon rigoureuse, afin de dimensionner correctement les appareils d'alimentation.
La colonne A max indique la consommation électrique maximale des appareils, alors que la colonne A indique leur consommation minimale. La même distinction doit être faite entre les colonnes P nécessaire et P embarquée.

| Système | A max | A | Tension recommandée (V) | Tension admise (V) | Rendement | P nécessaire (W) | P embarquée (W) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AAG CoudWatcher | 0.4 | 0.4 | 15.0 | 13 à 18 | 0.8 | 7.2 | 7.2 |
| Netbook | 1.4 | 0.4 | 19.0 | 19.0 | 0.8 | 30.9 | 8.8 |
| Caméra | 3.0 | 0.8 | 12.0 | 10 à 18 | 0.8 | 43.2 | 11.5 |
| Moteur CC | 0.5 | 0.5 | 12.0 | | 0.8 | 7.2 | 7.2 |
| SQM | 0.3 | 0.3 | 6.0 | 5 à 6 | 0.8 | 2.2 | 2.2 |

Plusieurs modes de fonctionnements sont à distinguer. En découlent plusieurs modes d'alimentation.

### 3.6.1. Fonctionnement nominal

Description :

Le fonctionnement est dit nominal lorsqu'ALPI est au Pic du Midi, et que l'alimentation via le réseau électrique est possible.
L'alimentation secteur du Pic du Midi est utilisée par un onduleur-chargeur pour maintenir la charge d'une batterie de secours (voir le mode de fonctionnement d'urgence ci-dessous). L'onduleur recrée une tension sinusoïdale exploitable par les transformateurs de chaque sous-système. Nous risquons de perdre beaucoup d'énergie dans le rendement de chaque « étage » de ce système d'alimentation, notamment à cause de l'utilisation de l'onduleur, puis de transformateurs. Ce mode d'alimentation pourra donc être à nouveau débattu dans les phases de développement d'ALPI en gardant à l'esprit que :

- tous les appareils fonctionnent sur des tensions continues différentes
- une alimentation de secours autonome (batterie) doit être prévue

Nous pourrions, par exemple, concevoir un système d'alimentation qui n'utiliserait l'onduleur que lorsque ceci est nécessaire (coupure de courant) et qui utiliserait directement la tension secteur le reste du temps.

Phases de fonctionnement :

Le fonctionnement se fera sensiblement selon le programme suivant (puissances et durées d'utilisation indicatives) :

| Phase | Description | Elements allumés | Durée max (mn) | Puissance max (W) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | Fonctionnement continu | Netbook | 660 | 30 |
| | | CloudWatcher | 660 | 7.2 |
| | | Station météo | 660 | 0 |
| 1 | Déneigement | Toit chauffant | 5 | 500 |
| 2 | Ouverture du toit | Moteur CC | 1 | 10 |
| 3 | Flat field | APN | 660 | |
| 4 | Prises de vue Zenith | Servo-Moteur | 0.5 | |
| | | SQM | 660 | 6 |
| | | Ventilateur | 660 | |
| 5 | Prises de vue Plaine | Servo-Moteur | 0.5 | |
| | | SQM | 660 | |
| | | Ventilateur | 660 | |
| | | Bobine (bascule) | 120 | |
| 6 | Fermeture intempéries | Moteur CC | 1 | 10 |

### 3.6.2. Fonctionnement en alimentation d'urgence

Description :

Ce mode de fonctionnement intervient lorsque qu'ALPI est au Pic du Midi et qu'une alerte foudre est déclenchée.
Il est alors nécessaire de se déconnecter physiquement de l'alimentation secteur du Pic du Midi. La commutation est réalisée à l'aide d'un micro-rupteur, et l'alimentation est alors assurée par une batterie embarquée suivie d'un onduleur.

Phases de fonctionnement :

Dans ce mode de fonctionnement, seuls la station météo et l'ordinateur doivent être alimentés. Le système entre dans une phase d'hibernation dans l'attente de la fin de l'alerte météo et des intempéries. Lorsque la fin de cette phase est déclarée, l'alimentation reprend le cycle décrit au paragraphe précédent.

### 3.6.3. Fonctionnement en missions extérieures

Description :

Ce mode de fonctionnement concerne les missions ailleurs qu'au Pic du Midi. Les modalités exactes de fonctionnement devront être déterminées par la suite, mais se rapprocheront probablement fortement de celles du prototype.
Dans ce cas, ALPI sera utilisé lors de missions où quelqu'un pourra intervenir en cas d'intempéries violentes. On part également du principe que la mission n'a lieu que s'il ne neige pas.

Phases de fonctionnement :

Si ALPI est utilisé lors d'une mission où il est possible de se brancher sur le secteur, le fonctionnement peut être identique au fonctionnement nominal selon l'ampérage disponible, ou légèrement dégradé en limitant la puissance de la résistance chauffante du toit.

Pour une utilisation en totale autonomie, les missions seront nécessairement assez limitées en temps (2 à 3 jours maximum). Il est alors possible d'envisager un mode de fonctionnement très différent du mode de fonctionnement nominal et qui serait optimisé pour économiser l'énergie disponible (par exemple en prenant des photos moins régulièrement). C'est notamment en vue de ce mode de fonctionnement que nous avons choisi d'utiliser un Netbook à la place d'un ordinateur portable classique. Il parait évident que les sous-systèmes gourmands en énergie ne pourront alors pas être utilisés (chauffage su toit par exemple).

## 3.7. Commande de différents éléments

Pour commander les marche-arrêt des différents éléments à partir de l'ordinateur, des interfaces électroniques sont nécessaires. Des modules de commande USB, les Phidget, répondant parfaitement à nos besoins et bon marché peuvent s'acheter par exemple chez Gotronic. Ces interfaces se programment par exemple en JAVA, et pourraient être complètement intégrés au programme de contrôle général. La structure proposée est la suivante :

- Une carte comportant 8 entrées et 8 sorties logiques est connectée à l'ordinateur.

- Des cartes comportant chacune 2 relais de puissance sont connectées à la première carte de façon à commander l'alimentation des différents organes d'ALPI.

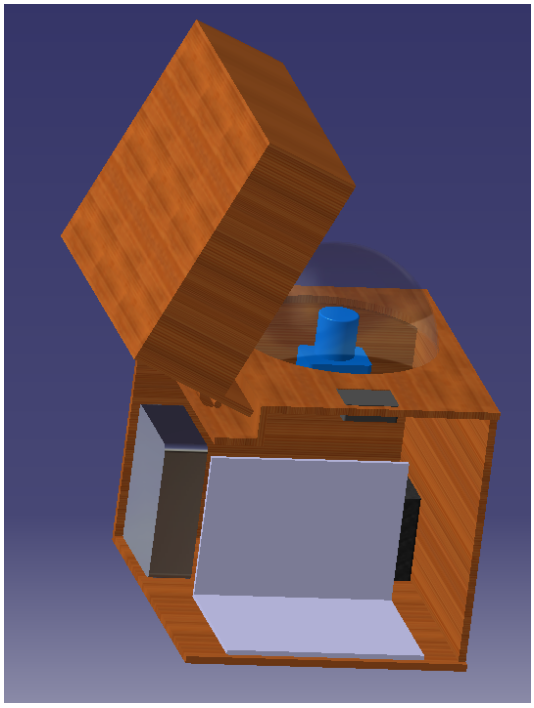
## 3.8. Système mécanique de fermeture de la boîte

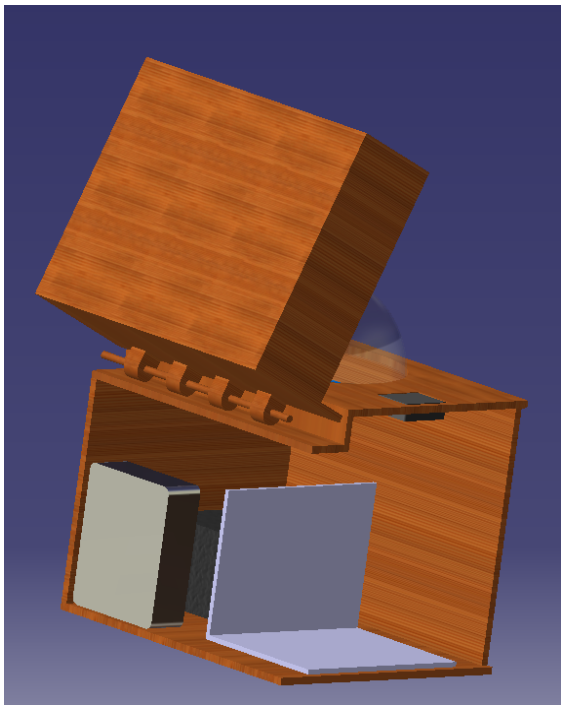
Aucune solution idéale n'a encore été déterminée. Nous avons réfléchi à beaucoup de concepts en veillant à respecter les conditions d'utilisation :
- En position ouverte, le couvercle ne doit pas obstruer le champ de vue de 180°
- Le couvercle doit pouvoir être ouvert, même en cas de vent modéré
- Le système mécanique doit être très fiable

Des possibilités envisagées, les suivantes pourraient (au moins partiellement convenir) :

- Couvercle sur charnière

Le principal inconvénient de ce principe est le risque d'engouffrement du vent dans le couvercle, lors de l'ouverture ou de la fermeture. Pour améliorer cette solution, nous pourrions envisager un système de câble de rappel pour limiter les risques, mais cette solution ne parait pas viable pour une utilisation au Pic du Midi.





- Platine de prise de vue motorisée verticalement

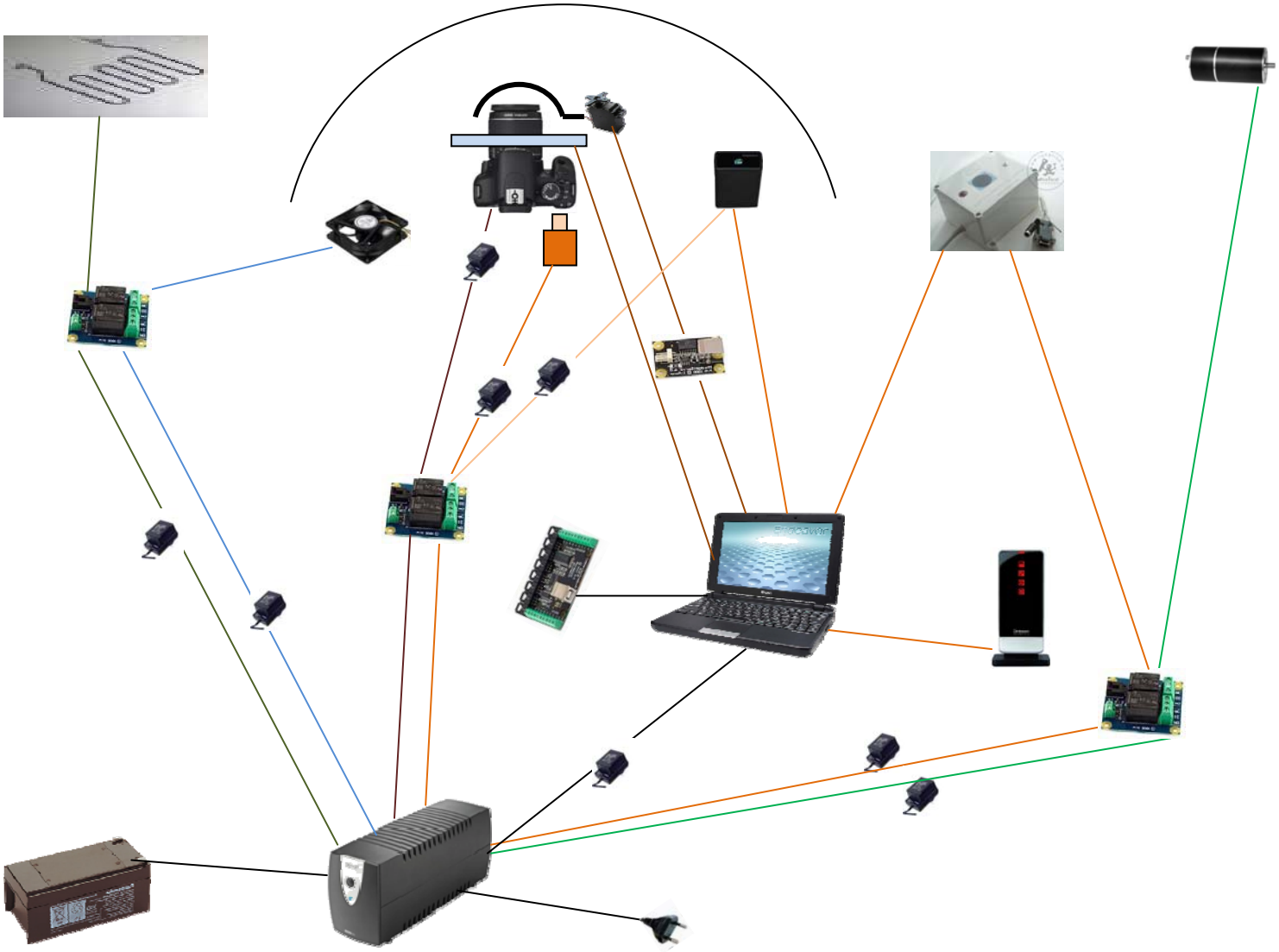
Il s'agirait de rendre indépendant le système {caméra numérique + Dôme + SQM} et de le motoriser verticalement. Ainsi, cet ensemble pourrait être relevé ou abaissé. En position basse, un couvercle plan motorisé horizontalement (par un vérin électrique par exemple) pourrait alors venir recouvrir le tout pour le protéger des intempéries.

- Boîte complète placée sur rails

La boîte serait placée sur des rails. La boite serait alors acheminée vers un abri de protection en cas d'intempéries et sortie via les rails lors des phases de prise de vue. Il faudrait veiller à placer l'abri assez loin (10 à 15 mètres) de la boîte lors de prises de vue pour que celui-ci n'obstrue pas un horizon. Nous pourrions, par exemple, placer l'abri en direction d'un horizon de toute façon bouché par une coupole ou autre.

## 3.9. Synoptique récapitulatif

Le schéma suivant représente l'intégration des différents systèmes composant ALPI. Cette représentation est faite pour le cas où l'ordinateur est embarqué dans la boite d'ALPI. Quelques modifications doivent y être apportées si nous souhaitons placer l'ordinateur à l'extérieur de la boîte.



# 4. Réalisation logicielle

## 4.1. Introduction

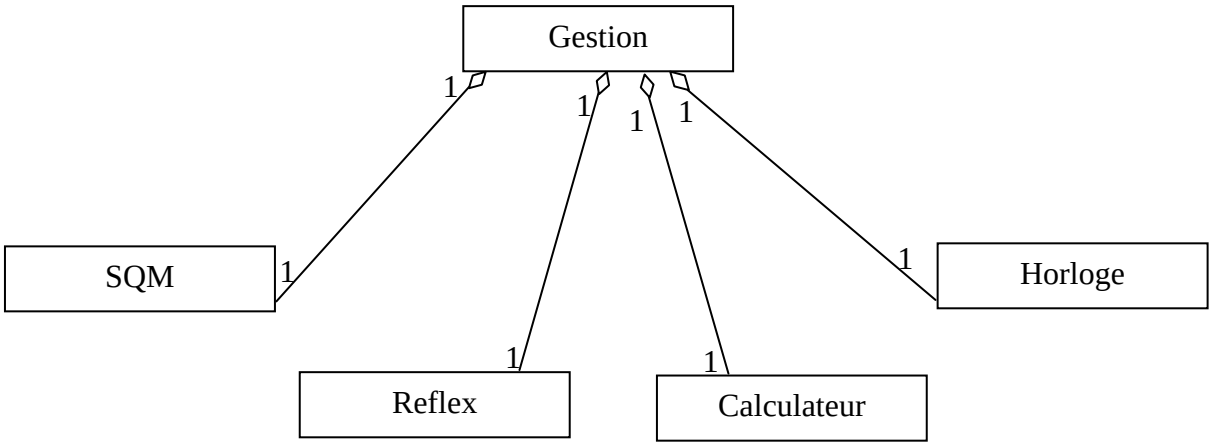
J'ai choisi de coder le logiciel en JAVA pour la transportabilité de ce langage. La version actuelle ne permet que de faire fonctionner ensemble un appareil photo numérique Canon EOS 350D, Sentinel et le SQM. Par la suite, le logiciel gérera également les mises sous tension et les actionneurs.
Le transfert des images vers un serveur FTP n'est pas encore possible mais le code est prêt. De la même façon, certains paramètres ont été rentrés en dur dans le code en attendant des versions futures du logiciel et l'implantation d'ALPI au Pic du Midi.

## 4.2. Structure générale

La simplicité de la structure du logiciel ne justifie pas réellement une description formalisée, par exemple en UML. La description suivante, ainsi que la documentation associée au code, devrait suffire.

La méthode Main crée une instance de la classe Boite3. Cette classe est chargée d'afficher et gérer la première boite d'IHM qui apparaît lors du lancement du logiciel. Lorsque tous les champs ont été remplis, une instance de la classe FenetreTests est générée. Cette classe est chargée d'afficher la seconde boite d'IHM (fenêtre de tests).
Lors du clic sur le bouton « Démarrer », une instance de la classe Gestion est créée. Cette classe est la classe centrale du logiciel. C'est elle qui comporte les méthodes de traitement de l'information et qui gère les uniques objets des classes Reflex, SQM, Horloge et Calculateur créés.
La classe Réflex représente l'appareil photo numérique et contient toutes les méthodes nécessaires au déclenchement des poses et au traitement des fichiers générés.
La classe SQM représente le SQM et contient toutes les méthodes nécessaires à la communication avec le SQM et le rapatriement des mesures.
La classe Horloge sert à générer toutes les grandeurs temporelles utiles au programme comme la date, le jour julien, le tems sidéral etc…
La classe Calculateur sert à calculer toutes les grandeurs de mécanique céleste nécessaires au programme, comme la position de la Lune et du Soleil dans le Ciel.

Voici un diagramme de classes succinct :




## 4.3. Installations logicielles préliminaires

La procédure qui suit ne convient que pour Windows. Le logiciel n'est pas prévu pour fonctionner sur d'autres plateformes.

<u>Pour ALPI Brain :</u>

- *Facultatif : Décompressez l'archive dans laquelle se trouvent le logiciel et les fichiers d'installation*

- Copiez le fichier win32com.dll dans C:\WINDOWS\system32

Pour Sentinel :

- Installez le logiciel Sky Monitor de commande de Sentinel

Pour l'appareil photo numérique :

- Installez les logiciels de contrôle de votre appareil photo numérique (en particulier ceux qui permettent de transférer les photos automatiquement et en direct vers votre ordinateur)

## 4.4. Procédure de lancement

### 4.5.1. Avant de lancer le logiciel

Effectuez tous les branchements nécessaires au bon fonctionnement de Sentinel.

Lancez l'application Sky Monitor et paramétrez-le pour que les acquisitions se fassent toutes les 20 secondes.

Attendez quelques minutes pour que Sentinel collecte quelques données et les actualise correctement.

Allumez et branchez le SQM au PC.

Allumez et branchez l'APN au PC via le câble USB.

Branchez le câble série de déclenchement des poses. (si des poses se déclenchent spontanément, débranchez puis rebranchez le câble).

Lancez EOS Utility si ce n'est pas fait, puis cliquez sur Paramètres d'appareil photo / prise de vue à distance

Configurez EOS Capture qui vient de se lancer de façon à ce qu'il envoie les photos vers votreDossierCourant\Prise_de_vue.

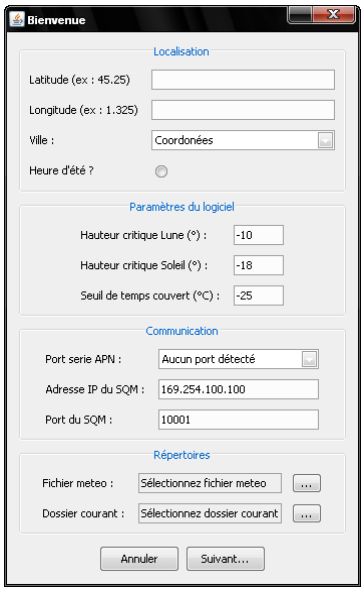
« votreDossierCourant » est un dossier de votre choix dans lequel seront stockées toutes les informations collectées par Alpi_Brain et les photos.

*Important : Vos images peuvent porter n'importe quel nom générique tant que ce nom contient IMG (en majuscule).*

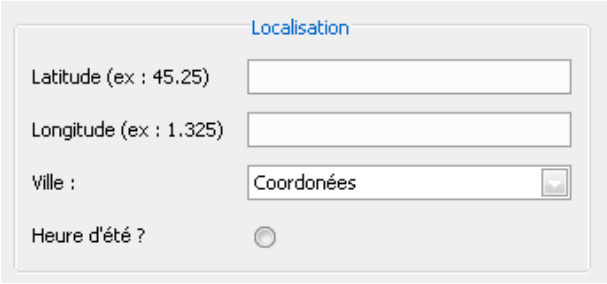
Pour vérifier que les photos sont envoyées au bon endroit et nommées de la façon que vous avez décidée, vous pouvez déclencher une pose à la main puis supprimer manuellement l'image de test ainsi prise.

### 4.5.2. Lancement de l'application

a) Double-cliquez sur Alpi_Brain.jar. La fenêtre suivante apparaît, vous devez en renseigner tous les champs (voir le détail ci-après) :




b) Aide pour bien renseigner les différents panneaux



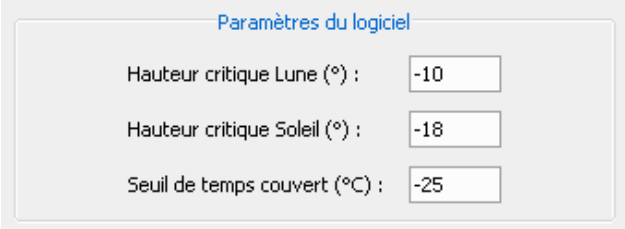

Vous avez le choix, pour remplir ce panneau, entre renseigner les coordonnées manuellement ou sélectionner un lieu prédéfini dans le menu déroulant.

Pour ajouter un lieu prédéfini ou en supprimer un, veuillez vous rapporter à la foire aux questions à la fin de ce document

Cochez la case Heure d'été si c'est l'été !

*Remarque : Si vous sélectionnez un lieu dans le menu déroulant, ce que vous entrez dans les champs Longitude et Latitude est ignoré.*

---

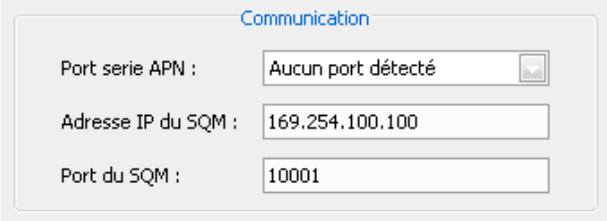



Ce panneau permet de définir les paramètres physiques utilisés par le logiciel.

Quand la hauteur du Soleil et/ou de la Lune est en dessous des valeurs choisies, des photos peuvent être prises, sinon non.

Le seuil de temps couvert est la température du ciel en dessus de laquelle on considère qu'il y a des nuages.

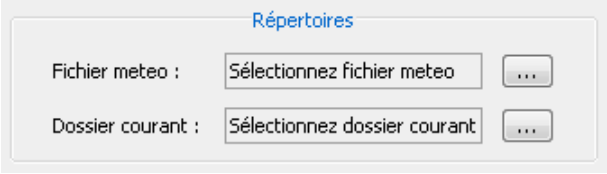
---




Ce panneau vous permet de sélectionner le port série qui sera utilisé pour commander le déclenchement des poses à l'appareil photo numérique. Les ports utilisés par d'autres logiciels ne vous sont pas proposés.

Vous devez ensuite renseigner les deux lignes concernant les coordonnées du SQM (adresse IP et port de communication).

*Remarque : Il est conseillé d'attribuer une adresse IP fixe au SQM. Pour cela utilisez un logiciel comme Device Installer de Lantronix.*
*Dans le cas contraire, vous pouvez utiliser ce même logiciel pour savoir quelle adresse IP a été attribuée automatiquement à votre SQM.*




Ce panneau vous permet de sélectionner l'emplacement du fichier texte météo (infodata.txt pour Sentinel) et de sélectionner le dossier où seront enregistrées toutes les données de fonctionnement d'ALPI ainsi que les photos.

Votre dossier doit à cette étape déjà comporter un sous dossier nommé Prise_de_vue.

c) Lorsque tous les champs ont bien été renseignés, cliquez sur « Suivant ». Si tous les champs ont été remplis correctement, la fenêtre de test s'ouvre.

Si tous les tests ont été effectués avec succès, vous avez la possibilité de lancer le logiciel en cliquant sur « Démarrer », sinon vous ne pouvez que revenir en arrière en cliquant sur « Retours ».

Détail du fonctionnement des tests :

**Test des répertoires**

Ce test vérifie si l'arborescence du dossier courant est correcte. Il vous propose, le cas échéant, de créer le sous dossier Prise_de_vue, mais si c'est le cas, vous aurez une erreur lors du test de fonctionnement de l'APN.

Pour éviter cela, veuillez configurer correctement l'emplacement où les photos sont envoyées automatiquement par EOS capture.

**Test du fichier météo**

Ce test va lire le fichier météo. Une erreur peut être renvoyée dans les cas suivants :

- Vous vous êtes trompé de fichier. Veuillez sélectionner le fichier généré automatiquement par Sentinel.

- Un capteur fondamental est en panne. Les capteurs fondamentaux sont les capteurs de pluie et de nuage.
  Dans ce cas, veuillez redémarrer Sentinel et attendre quelques instants pour voir si les capteurs sont réellement en pane. Si c'est le cas, il vous faut les remplacer.

- Le fichier météo n'a pas été mis à jour. Il peut y avoir plusieurs raisons à cela :

  - Sentinel a été débranché et rebranché (à ce moment-là, la date est réinitialisée au 1 Janvier 2000). Dans ce cas, relancez le logiciel du Sentinel *après* avoir alimenté Sentinel.
  - La mise à jour du fichier infodata.txt n'est pas assez rapide. Dans ce cas, paramétrez le logiciel du Sentinel de façon à rafraichir les données toutes les 20 secondes.
  - Vous n'avez pas démarré Sentinel depuis assez de temps. Dans ce cas, laissez-lui le temps d'actualiser ses données !

**Test de communication SQM**

Ce test vérifie que le SQM répond bien. Si une erreur est renvoyée :

- Vérifiez que le SQM est bien alimenté et branché au port Ethernet de votre PC
- Vérifiez les adresses IP et le port du SQM

**Test de fonctionnement de l'APN**

Ce test vérifie toute la chaîne de prise de vue : une photo est déclenchée, envoyée vers le dossier de prise de vue, son nom est modifié et enfin la photo est supprimée.

Les causes pour qu'une erreur soit renvoyée peuvent être multiples. Dans ce cas, vérifiez les points suivants :

- Vérifiez que votre appareil photo est sous tension et/ou correctement alimenté

- Vérifiez que votre câble *série* déclenche les prises de vue. Si ce n'est pas le cas, débranchez le et rebranchez-le. Notez que l'appareil photo doit être relié au PC par deux câbles distincts : le câble série de déclenchement et le câble USB de rapatriement des photos.
- Vérifiez que le logiciel de transfert automatique des images est allumé. Attention, EOS capture se ferme automatiquement dès qu'on éteint l'appareil photo.
- Vérifiez que le fichier créé par l'appareil photo contient bien dans son nom les lettres IMG, sinon modifiez les paramètres d'EOS capture.
- Vérifiez que le dossier d'envoie des photos est bien : votreDossierCourant\Prise_de_vue.

## 4.5. Fichiers générés par ALPI Brain

ALPI Brain génère plusieurs types de fichiers, en plus de s'occuper de la gestion des fichiers photos. Détaillons chaque type de fichiers :

### 4.6.1. Fichiers Photo

Lorsqu'une photo est prise par l'appareil photo numérique, elle est automatiquement transférée vers votreDossierCourant\Prise_de_vue. Elle porte alors un nom générique que vous pouvez configurer à votre guise à l'aide d'EOS capture. Il faut absolument que ce nom comporte IMG.
Une fois que la photo a été envoyée vers le dossier de prises de vues, elle est automatiquement renommée en : Image_n_typeDePriseDeVue.CR2 où n représente le numéro de l'image (une image est constituée d'une pose, un dark et un offset).

### 4.6.2. Fichier d'information image

Pour chaque image, un fichier info_image_n.txt est automatiquement créé. Dans ce fichier, vous trouverez toutes les informations utiles au traitement d'image (mesure SQM, pression etc…). Si un capteur est défectueux, sa valeur par défaut est renvoyée :

**Valeurs par défauts des paramètres**

Alerte foudre = true
Soleil Levé = true
Intempérie détectées = true
Lune levée = true
Nuages détectés = true
Débrayage humain = false

Tous les paramètres physiques = 999

Hauteur critique Lune = -10
Hauteur critique Soleil = -18

Remarque : Normalement il ne peut y avoir qu'un fichier image IMG à la fois dans le dossier cible des photos. Cependant, si vous avez pris des photos manuellement, ou que des photos ont été prises de façon intempestive lors du branchement de la prise de commande de

l'appareil photo, il se peut que plusieurs fichiers IMG s'y trouvent. Dans ce cas, lors du renommage automatique des photos, un fichier IMG (pas nécessairement le premier dans l'ordre alphabétique) sera transformé et les autres écrasés. Une erreur est alors inscrite dans le carnet de bord. Veillez donc bien à toujours renommer les photos que vous prenez volontairement à la main en supprimant IMG de leur nom.

#### 4.6.3. Le carnet de bord

Le carnet de bord est un fichier nommé carnet_de_bord_aaaammjj.txt où aaaammjj est la date. Un nouveau carnet de bord est généré automatiquement chaque jour et recense toutes les informations utiles et les erreurs générées tout au long de la journée. Ces fichiers sont stockés à la racine de votre dossier courant.

#### 4.6.4. Le fichier état du système

Le fichier etatDuSysteme.txt qui se trouve pour l'instant à la racine de votre dossier courant et qui sera envoyé sur un serveur FTP dans le futur est un fichier mis à jour en temps réel. Il vous informe de la valeur courante des principales variables du système. Ce fichier est mis à jour toutes les 10 secondes au minimum.

### 4.6. Algorithme

Une fois que le logiciel a été correctement configuré et lancé, le processus général démarre et tourne en boucle. Voici l'algorithme utilisé :

Actualisation des données environnementales

```
si(SoleilLeve = true ou alerteFoudre = true ou intemperiesDetectees = true)
{
      fermer ALPI si ce n'est pas déjà le cas
}
sinon et si(debrayageVolontaire = true)
{
      lancerSequencePhoto1();
}
sinon et si (nuagesDetectes = true ou LuneLevee = true)
{
      fermer ALPI
}
sinon
{
      lancerSequencePhoto2();
}
```

Les séquences photo 1 et 2 sont similaires mais ne s'interrompent pas à la même condition. Pour que la séquence 1 (fonctionnement en mode débrayé) s'interrompe, il faut que le Soleil soit trop haut ou que des intempéries arrivent ou qu'une alerte foudre soit déclenchée. Pour interrompre la séquence 2 (mode de fonctionnement normal), la présence de nuage ou la présence de la Lune s'ajoutent aux conditions précédentes.

Chaque séquence fait tourner en boucle le scénario suivant :

1) Sous-séquence 1
2) Repos pendant 10 min
3) Sous-séquence 2
4) Repos pendant 10 min
5) Sous-séquence 3
6) Sous-séquence 4
7) Repos pendant 5 min

Sachant que chaque sous-séquence est composée de :

- 1 Pose de 150 secondes
- 1 Dark de 150 secondes
- 1 Offset

## 4.7. Foire aux questions

### *4.7.1. Comment modifier la liste des lieux disponibles dans le panneau de localisation ?*

Cliquez avec le bouton droit sur Alpi_Brain.jar. Ouvrez-le comme si vous ouvriez une archive quelconque. A la racine de l'archive se trouve le fichier villesFrancaise.txt. Ouvrez-le et modifiez son contenu.
Attention la syntaxe est la suivante (pour chaque ligne) :

nomDuLieu + espace + latitude + espace + longitude

Attention :

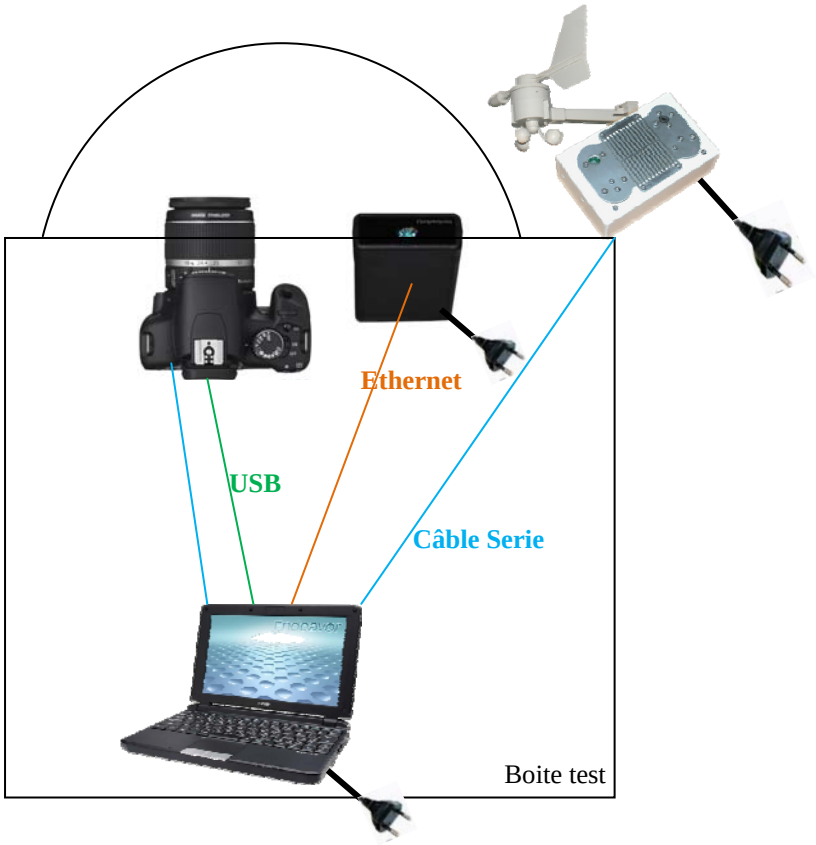
- Veiller à ne mettre qu'**un** espace entre chaque champ.
- Le nom du lieu ne doit pas contenir d'espace. Par exemple n'écrivez pas « Pic du Midi » mais « Pic_du_midi »
- La latitude est positive au Nord et la longitude vers l'Est.
- Pour les chiffres, vous pouvez mettre autant de chiffres significatifs que vous le souhaitez

# 5. Tests prototype

## 5.1. Introduction

Cette première expérience vise principalement à valider le bon fonctionnement des éléments suivants ensemble : appareil photo numérique, SQM, station météo (Sentinel pour le test), ordinateur avec logiciel de contrôle. L'expérience servira également à tester un certain nombre de principes mécaniques et de fabrication pour les futures versions d'ALPI.
Cette première version n'est pas destinée à fonctionner de façon complètement autonome et nécessitera la présence d'un opérateur au moins une fois par jour.

## 5.2. Schéma du montage




## 5.3. Objectifs des missions et tests

### 5.3.1. Tests logiciels

Le montage servira à vérifier que le logiciel de contrôle global d'ALPI est fonctionnel dans sa première version. Cette version comprend les fonctionnalités suivantes :

- Collecte des informations en provenance de Sentinel et du SQM
- Gestion des phases Marche/Arrêt en fonction des données collectées
- Rapatriement des photos selon une syntaxe prédéfinie

La variable « risque de foudre » n'est pas mise à jour dans cette version logicielle. Elle est fixée sur false.
De la même façon, la variable « débrayage humain » est fixée sur false.

Si les conditions de prise de vue sont réunies, la routine suivante est suivie en boucle:

1) Séquence 1
2) Repos pendant 10 min
3) Séquence 2
4) Repos pendant 10 min
5) Séquence 3
6) Séquence 4
7) Repos pendant 5 min

Sachant que chaque séquence est composée de :

- 1 Pose de 150 secondes
- 1 Dark de 150 secondes
- 1 Offset

### 5.3.2. Tests matériels

Cette première version d'ALPI sera constituée d'une boîte étanche munie d'un dôme en acrylique. Aucune batterie n'est embarquée, la boîte devra donc être branchée sur le secteur. L'ordinateur sera logé dans un tiroir à la base de la boîte.

Aucun système de protection (capot ou autre) n'est prévu pour cette version. Ainsi, la boîte pourra être laissée en extérieur, même sous la pluie, mais ne supportera, ni la grêle, ni la neige.

Dans un premier temps la ventilation de la boîte est rudimentaire, et évoluera selon les besoins. Ainsi, aucun système de lutte contre la buée n'est initialement prévu, mais il sera possible d'en ajouter un.

Aucun capuchon de protection automatisé de l'objectif n'est prévu dans cette version (il pourra cependant être rajouté a posteriori). Il faudra donc veiller à ne pas laisser la boite exposée au Soleil (ou la protéger chaque matin) sous peine de voir les optiques s'abîmer prématurément. Par voie de conséquence, il faudra également faire les Flats et les Darks à la main chaque nuit. Les offsets devront également être réalisés à la main car l'électronique du câble de commande de l'appareil photo ne permet pas de temps de pose trop courts. Des fichiers nommés dark ou offset seront malgré tout générés par ALPI Brain. Ne pas en tenir compte (les fichiers nommés dark seront en réalité des images classique).

La gestion de l'alimentation des différents instruments de mesure n'est pas prévue dans cette première version et devra être effectuée à la main.

## 5.4. Protocole opératoire

Attention : ne jamais éteindre l'ordinateur et ne jamais éteindre le processus Alpi Brain même le jour, ou alors suivre la procédure 0) à chaque lancement.

Le premier soir :

0) Mettre en place l'installation et lancer ALPI Brain en suivant la procédure décrite dans l'aide.

Ensuite, à partir du lendemain matin, effectuer chaque jour les opérations suivantes :

Le matin :

1) Couper l'alimentation de Sentinel
2) Couper l'alimentation du SQM
3) Mettre l'APN sur OFF
4) Retirer les batteries de l'appareil photo et les mettre à charger

5) Eteindre le logiciel du Sentinel
6) Couvrir l'objectif et le SQM

Le soir :

1) Découvrir l'installation
2) Alimenter Sentinel
3) Alimenter le SQM
4) Remettre les batteries de l'APN en place
5) Mettre l'APN sur ON (si des poses se déclenchent toutes seule, débrancher et rebrancher le câble série et supprimer à la main les photos prises)
6) Lancer EOS utility puis EOS control
7) Lancer le logiciel de Sentinel et s'assurer de son bon fonctionnement

# 6. Conclusion

Grâce à cette étude d'avant-projet et la réalisation du prototype, nous avons démontré la faisabilité du projet ALPI. Nous avons également posé les bases de la réalisation d'ALPI et sélectionné la quasi-totalité des sous-systèmes. Cet appareil apportera indéniablement des éléments quantitatifs et qualitatifs du niveau de pollution lumineuse là où il sera installé. Ce projet est très souhaitable, si ce n'est indispensable, pour la création de la Réserve Internationale de Ciel Etoilé du Pic du Midi. Au-delà, il pourra être exploité pour fournir des éléments physiques pour la caractérisation des niveaux de pollution lumineuse et affiner les cartes existantes. Les résultats obtenus dans le cadre du test prototype vont d'ores et déjà dans ce sens, et nous pouvons raisonnablement attendre de meilleurs résultats grâce au système final.

# BIBLIOGRAPHIE

**AUBE M. 2007,** Light Pollution Modeling and detection in a heterogeneous environment

**CRAINE E.M et International Dark-sky Association 2007,** Preliminary experiments using a digital camera to measure commercial light sources

**International Dark-sky Association 2007,** Mont-Megantic area international dark sky reserve, nomination package.

**International Dark-sky Association et traduction de LE GUE A. 2007,** Programme réserve internationale de ciel étoilé

**RONDI S. 2002,** Design and integration of an all-sky cloud detection system, MASCOT Project

**ZOTTI G. 2007,** Measuring Light Pollution with a calibrated High Dynamic Range all-sky image acquisition system