METEOR

MESURE ET DÉTERMINATION D'UN SPECTRE UV DE MÉTÉORE PAR UN NANOSATELLITE

J.F. Mariscal[4], N. Rambaux[1,2], D. Galayko[3],
J. Vaubaillon[2], M. Birlan[2], F. Colas[2],
T. Fouchet[5], M.A. Breton[1]

1: University Pierre et Marie Curie– Paris 6,
2: IMCCE –Observatory of Paris
3: LIP6, University Pierre et Marie Curie– Paris 6,
4: LATMOS, Guyancourt

10/12/2014

4ème journée ESEP, Paris Jussieu

Plan

- Contexte
- Objectifs scientifiques
- Mission – Charge utile
- Volet pédagogique du projet

Contexte

- **Septembre 2013 : naissance du projet METEOR**
  - S'inscrit dans le programme JANUS porté par le CNES
  - Projet à forte valeur pédagogique

- **L'UPMC s'est associé au programme JANUS en 2013**
  - UPMC filière en physique et Ingénierie

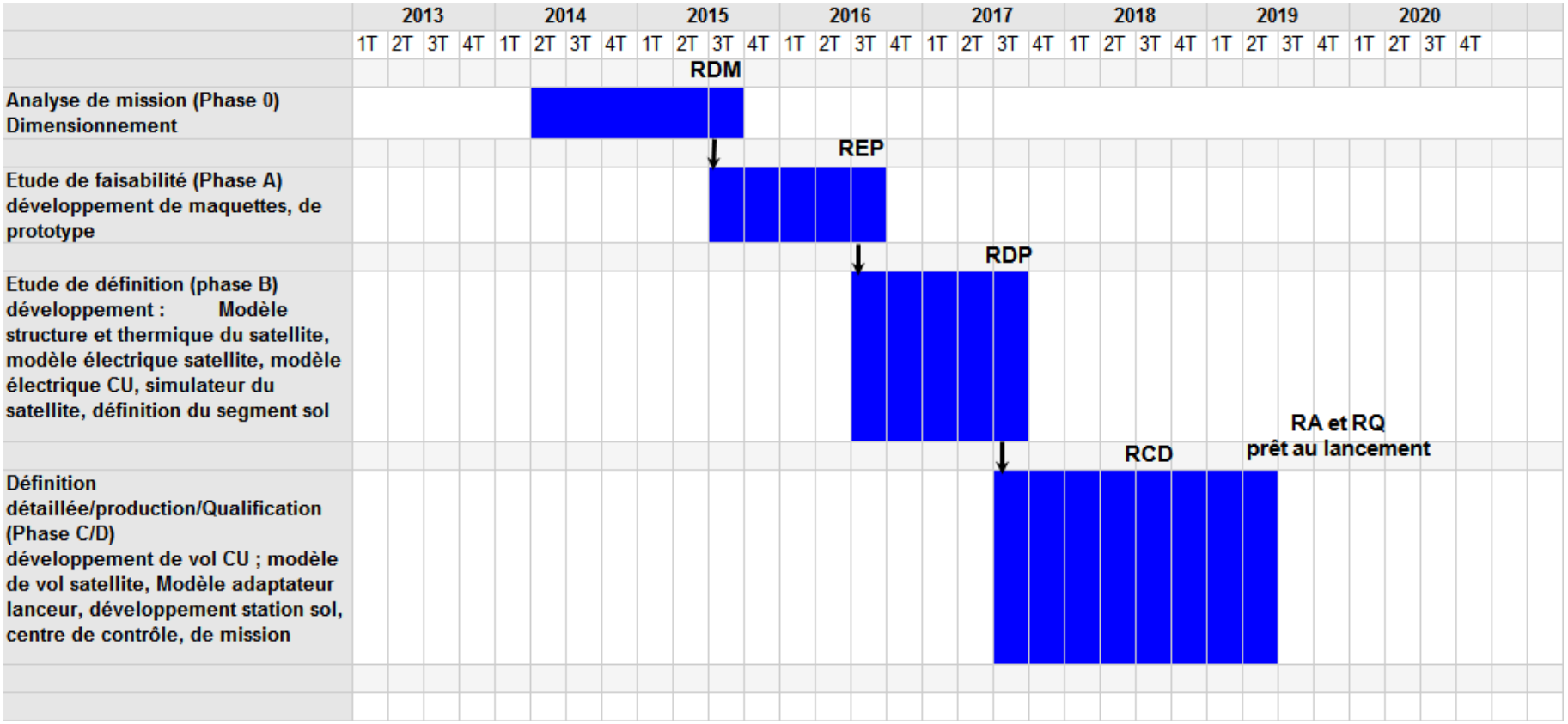
- **Mai 2014 : association IMCCE-LATMOS**
  - IMCCE : recherche sur les météores, météorites, astéroïdes (projet FRIPON)
  - LATMOS : optique UV, missions spatiales

LE PROJET JANUS

Jeunes en
Apprentissage pour la réalisation de
Nanosatellites au sein des
Universités et des écoles de l'enseignement
Supérieur

Contexte

Calendrier prévisionnel



- Projet sur 5 ans
- Réunion Kick off courant janvier 2015

Plan

- Contexte
- Objectifs scientifiques
- Mission – Charge utile
- Volet pédagogique du projet

Définitions

Dans l'espace interplanétaire : **météoroïde**

- Petit corps du système solaire (entre 10µm et 10 m) issus de la désagrégation d'un astéroïde ou d'une comète.

Dans l'atmosphère terrestre : **bolide + météore**

- Phase 1 (300 km) : préchauffage dû à l'interaction avec l'atmosphère
- Phase 2 : fragmentation (T entre 500-900°K)
- Phase 3 : ablation (T = 2500°K)
  - Ionisation de l'air => génération d'un plasma (queue)
  - Météore = émission lumineuse (120/80 km, durée : 0.3s à 2s)

Au sol : **météorite**

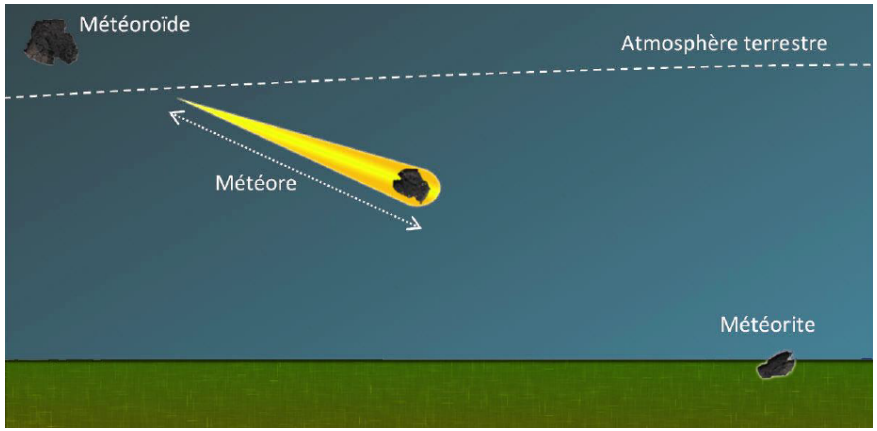


Schéma de l'entrée d'un météoroïde dans l'atmosphère terrestre.

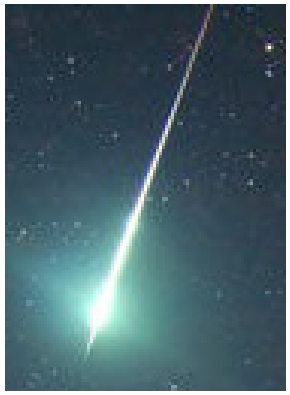


Image d'un bolide en 2008 par Howard Edin

Objectifs scientifiques

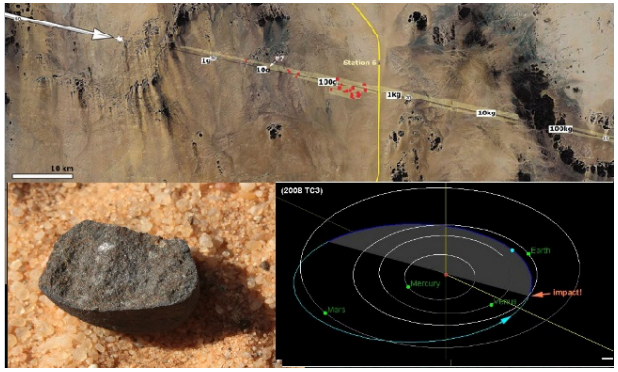
1. **Etude et caractérisation de la composition des météoroïdes pénétrant dans l'atmosphère terrestre par la détection d'espèce chimiques.**
   - Carbone (C) et Hydroxyde (OH)

     - Traceurs des conditions physico-chimiques de la nébuleuse solaire primordiale.

     - Etude de l'apport de matériaux prébiotiques extraterrestres sur Terre.
   - Fer (Fe)

     - Etalonnage des mesures effectuées depuis le sol.

2. **Détermination de la trajectoire des météoroïdes**
   - Remonter à l'origine du corps parent (Rudawska et al. 2012)
   - Combiner observations spatiales et observations sols (projet Fripon)



(Asteroid 2008 TC3 and meteorite Almahata Sitta, Jenniskens)

Objectifs scientifiques

Objectifs scientifiques	Type de mesure	Instrumentation
Etude de la composition des météoroïdes	Mesure du spectre UV du météore C : 248 nm OH : 305 nm	Spectromètre UV
Etalonnages des mesures au sol	Mesure de la raie spectrale du Fer (380 nm)	Spectromètre UV
Etude de la dynamique des météores	Mesure de trajectoire Mesure de vitesse	Caméra visible
Observation de la fragmentation	Mesure de magnitude	Caméra visible
Déterminer le flux de météores	Comptage des événements	Caméra visible

Avantages de mesurer depuis l'espace :

- pas de contrainte météo;
- pas d'atténuation atmosphérique;
- large couverture d'observation;
- accès au domaine UV.

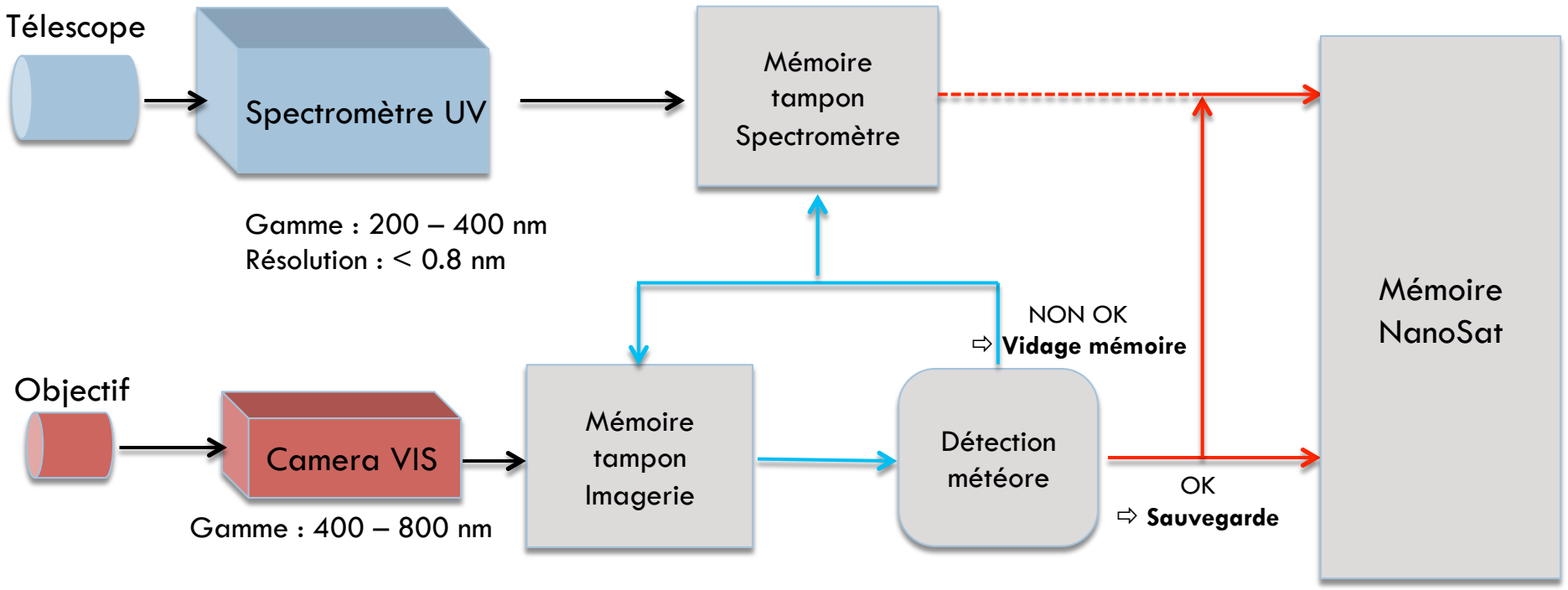
Plan

- Contexte
- Objectifs scientifiques
- Mission – Charge utile
- Volet pédagogique du projet

Vue d'artiste d'un CubSat

Philosophie instrumentale

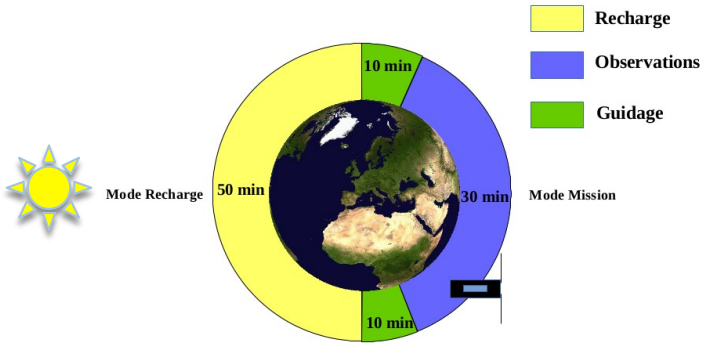
Base : CubSat 3U



- Fonctionnement en continu durant les périodes d'observation.
- Système de sauvegarde des données lors de la détection de météore.

Analyse de mission

- Orbite envisagée
  - Type : héliosynchrone, quasi circulaire (excentricité = 0.002)
  - Altitude : 500 – 600 km
  - Inclinaison : 98.7°
  - Passage au-dessus de la France
- Durée de mission : 1 an
- Régimes d'observations
  - Face nuit
  - Pointage au limbe et/ou nadir



Scénario d'observation

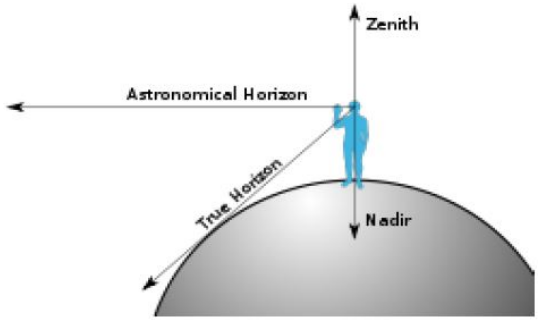
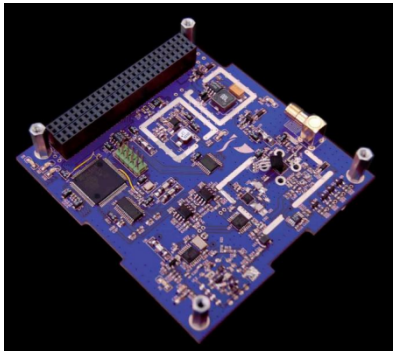


Schéma des différents types de pointage

Simulation avec Celestlab (CNES) de l'orbitographie (2 étudiants)
Contrainte sur la visibilité au sol (4 étudiants)
→Visualisation sur VTS par 2 étudiants de L3 (prévu en 2015).

Défis techniques

- Contraintes dimensionnelles/énergie (CubSat 3U)
- Spectrométrie UV + imagerie (partir de systèmes existants)
- Résolution spectrale < 1 nm
- Analyse de sources ponctuelles et sporadiques (~comptage de photons)
- Optimisation du SNR
- Large champ de vue (TBD)
- Stockage et télémétrie
- Contrôle d'altitude et de pointage (ADCS control system)



(Clyde space)

(ADCS, Lappa)

Plan

- Contexte
- Objectifs scientifiques
- Mission – Charge utile
- Volet pédagogique du projet

Objectifs

- **Promouvoir le domaine du spatial aux sein des universités et grandes écoles françaises.**

- **Associer les étudiants aux réalisations et aux études nécessaires pour atteindre les objectifs scientifiques et technologiques.**

Bilan - Perspectives

Année	Nb Etudiants	Durée	Thème	Contexte	Formation
2013	1	50h	Bibliographie	UE projet	L1 CMI
2013	1	30h	Meteor	Projet	M2 OSAE
2013	1		Bilan electronique	Stage	L3 CMI
2013	5		Bilan Radiofréquences	UE projet	M2 Syscom
2013	2	8h	Panneaux solaires	UE bibliographie	M1 CMI
2013	1		Bilan thermique	Stage	L3 CMI
2013	1	30h	Meteor	Projet	M2 OSAE
2013	1	30h	Circus	Projet	M2 OSAE
2013	1		Contrôle d'attitude	Temps libre	L3 CMI
2013	2	8h	Contrôle d'attitude	UE bibliographie + temps libre	M2 CMI
2014	1	50h	Bibliographie	UE projet	L1 CMI
2014	1	3.5 mois	Meteor	Stage	M1 PF
2014	1	6 mois	Meteor	Temps libre	L3 PF (TBC)
2015	2	30h	Système télécommunication	UE projet	TBD
2015	2	30h	contrôle d'attitude	UE projet	M2 OSAE
2015	2	1 mois	Etalonnage spectromètre	Stage	L3 PF (TBC)
2015	2	1 mois	Orbito VTS	Stage	L3 PF

17 étudiants de L1 à M2 sur 1,5 an

OSAE : Outils et Systèmes de l'Astronomie et de l'Espace
CMI : Cursus de Master en Ingénierie
PF : Physique Fondamentale
Syscom : Systèmes Communicants

Phase 0

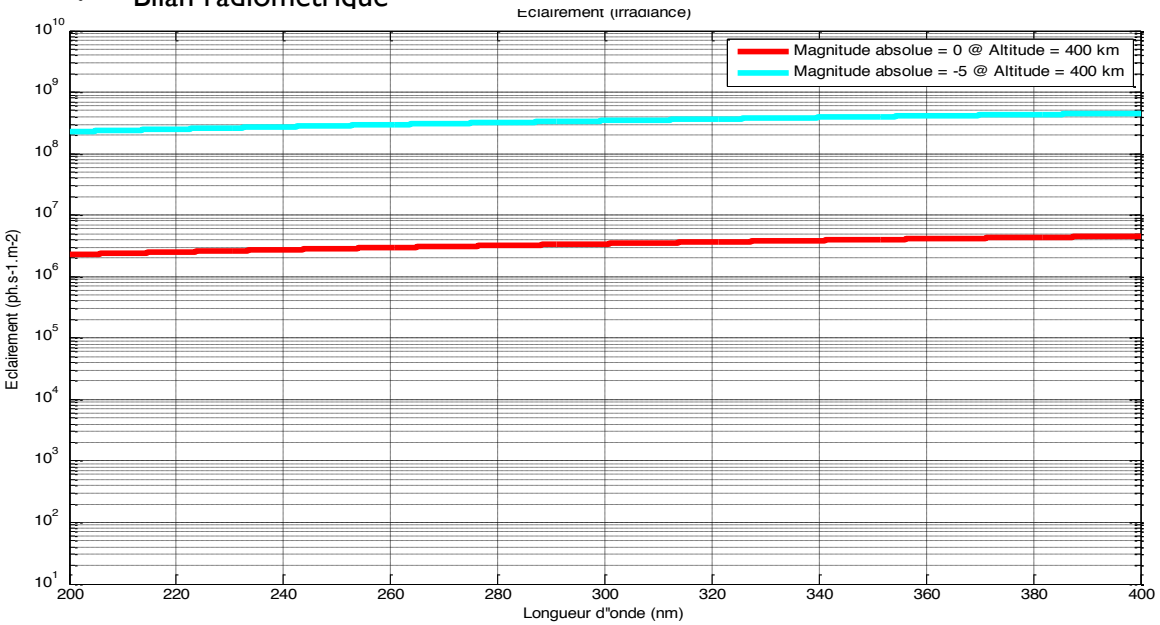
- **Stage 2014 – 1 étudiant M1 Physique (3 mois)**

1 - Etude et identification du besoin scientifique

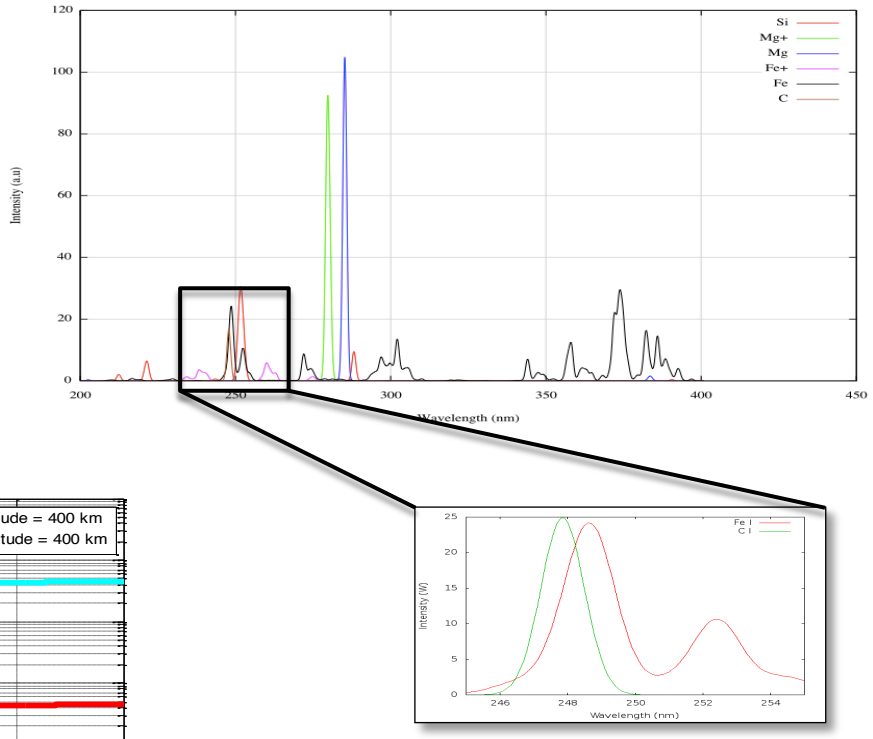
- Etude bibliographique (prise de connaissance de l'existant)
- Construction de spectres synthétiques
- Identification des raies spectrales d'intérêt

2 - Evaluation des contraintes – Cahier des charges fonctionnel

- Contraintes dimensionnelles
- Bilan radiométrique



Irradiance fonction de la longueur d'onde



Spectre synthétique contenant les éléments chimiques trouvés par Jenniskens et. al(2002) ainsi que le Carbone neutre
Les raies spectrales sont données via la base de données Kurucz d'Harvard.

Phase 0

3 - Evaluation des concepts instrumentaux possibles

- Traduire le besoin scientifique en faisabilité technique (Vs contraintes)
- Interaction avec les spécialistes du domaine
- Comparaison et sélection d'un spectromètre UV existant (*Ocean optics Maya 2000 pro*)

Dimensions	149x100x47 mm
Poids	1.2 kg
Gamme spectrale	200-400 nm
Résolution	< 1 nm
Dynamique	15000:1

Caractéristiques du spectromètre Maya 2000 Pro

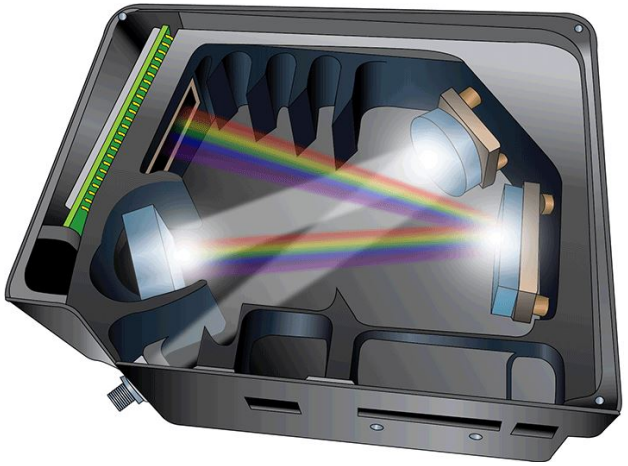


Schéma optique du spectromètre Maya 2000 Pro

Stage 2015 à venir – 2 étudiants (1 mois)

1 – Validation de la faisabilité instrumentale (spectromètre)

- Mise en place d'une procédure de test/validation du spectromètre
- Tests et étalonnages (radiométriques/spectraux) du spectromètre
- Tests fonctionnels (compatibilité environnement spatial)

Conclusion

- Phase 0 du projet pratiquement achevée.
- Phase A prête à être lancée (mi 2015)

- Forte implication des étudiants (passée et à venir)

- Enthousiasme grandissant auprès de la communauté scientifique
  - Présentations au WG de l'ESA Atmospheric Entry le 22 mai 2014
  - Présentations à la conférence International *Conference Meteor* en 18-21 septembre 2014
  - Mise en place de collaborations internationales (Institute for Plasmas and Nuclear Fusion)

- Singularité et originalité de la mission
  - Seules deux mesures de météores depuis l'espace en UV

- Challenges technologiques (spectrométrie UV + imageur + CubSat 3U)