

Nanosats et Exoplanètes



PI : Sylvestre Lacour

Equipe :

Vincent Lapeyrere

Salima Arroub

Lucien Gauchet

Guy Perrin

Guillermo Martin (IPAG)

Thierry Lemoult (contractor)

Philippe Trebuchet (LIP6)

Are we alone?



Deux ruptures technologiques

i) les cubesats

The screenshot shows the CubeSatShop.com website in a browser window. The browser's address bar displays "cubesatshop.com". The website header includes the site logo, navigation links for "Work", "Divers", "Geek", "Meudon", "Voila Actu", "Le Monde", "BBC NEWS", "TWiki", "Annuaire", "JudgeHype Wo... of Warcraft", "TorrentFreak", "Lesinrocks", and "programme_stable". The main navigation menu on the left lists categories such as "Home", "CubeSat Structures", "Communication Systems", "Power Systems", "Solar Panels", "Attitude Control Systems", "Antenna Systems", "On Board Computers", "Launch Adapters", "Support Equipment", "CubeSat Cameras", "CubeSat Kits and Buses", "Ground Stations", and "Training Simulator". Below this, there are links for "QB50", "QB50 & CubeSatShop", "QB50 Subsystems", "QB50 Challenges", "QB50 Satellites & Services", "Anticipated Products", "Custom Solutions", "FAQ", "Vendor Information", and "Events and Exhibits". The main content area features a "Categories" grid with 16 items: CubeSat Structures, Communication Systems, Power Systems, Solar Panels, Attitude Control Systems, Antenna Systems, Command & Data Handling, Cameras & Payloads, Launch Adapters, Support Equipment, CubeSat Kits and Buses, and Training Simulator. A "Your Systems or Products on CubeSatShop?" section is also present. On the right, there is a login section for "Cubesatshop" with fields for "Username" and "Password", a "Remember me" checkbox, and a "Login" button. Below the login section is a "Shop News" section with the headline "Unveiling the ISIS On Board Computer" and an image of a circuit board. A "Forgot your password?" and "Forgot your username?" link is also visible. At the bottom right, there is a section titled "Introducing 6U Structure" with an image of a 6U structure.

CubeSatShop.com | isinspace.nl | isilaunch.com

The one-stop-shop for all your CubeSat and nanosat systems...

Welcome to the CubeSatShop, the one stop webshop that offers a broad range of products for CubeSats and nanosatellites in general. The webshop offers standardized, off-the-shelf components and subsystems from a variety of manufacturers.

Categories

- CubeSat Structures
- Communication Systems
- Power Systems
- Solar Panels
- Attitude Control Systems
- Antenna Systems
- Command & Data Handling
- Cameras & Payloads
- Launch Adapters
- Support Equipment
- CubeSat Kits and Buses
- Training Simulator

Your Systems or Products on CubeSatShop?

ISIS
CubeSatShop.com is an ISIS initiative

Login to Cubesatshop

Username
Password
Remember me

[Forgot your password?](#)
[Forgot your username?](#)

Shop News

Unveiling the ISIS On Board Computer

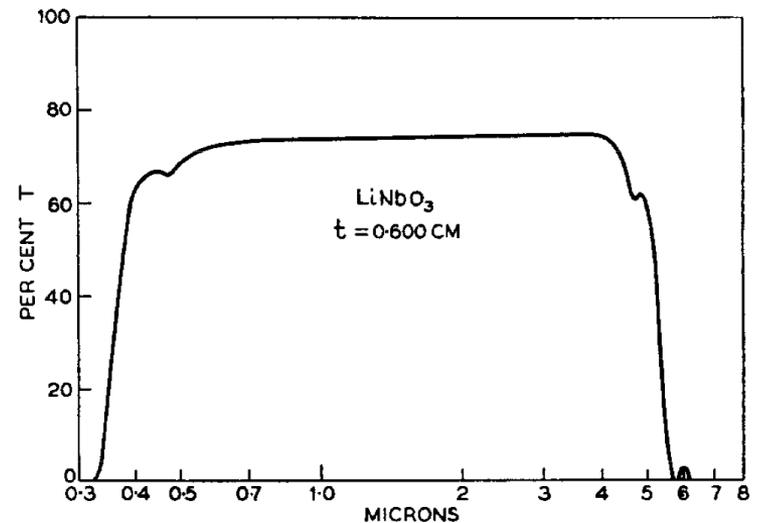
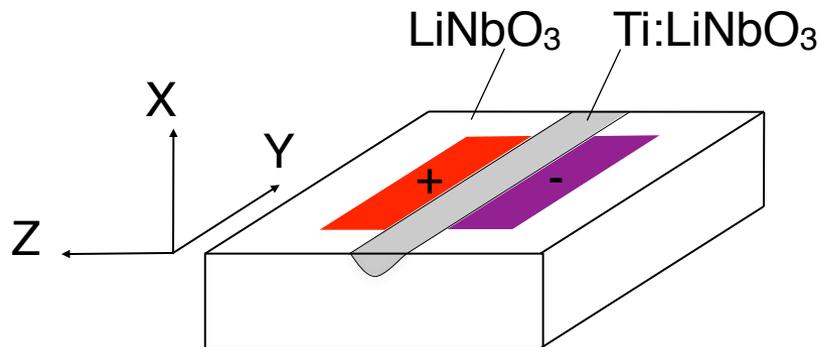
ISIS has now made available for you its new high performance On Board Computer, providing extra interface and flexibility to your mission thanks its innovative and customizable daughter board architecture. Find more info [here!](#)

Introducing 6U Structure

Deux ruptures technologiques

ii) l'optique intégrée active

- Transparent de 400nm à 5 μ m
- Electro-optic (contrôle de l'indice de réfraction par effet capacitif)
- Birefringent

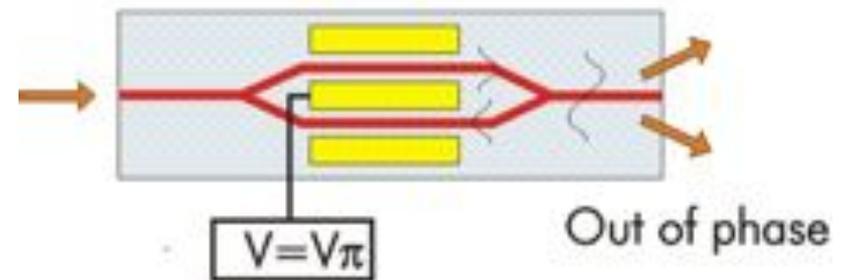
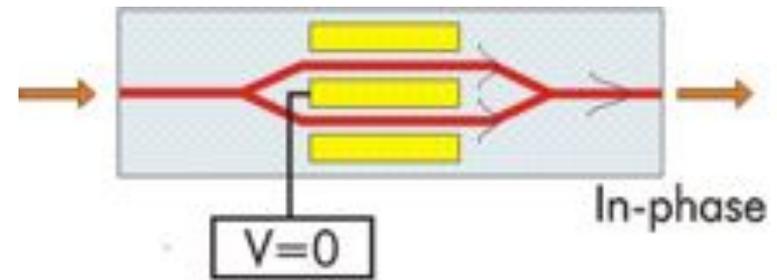
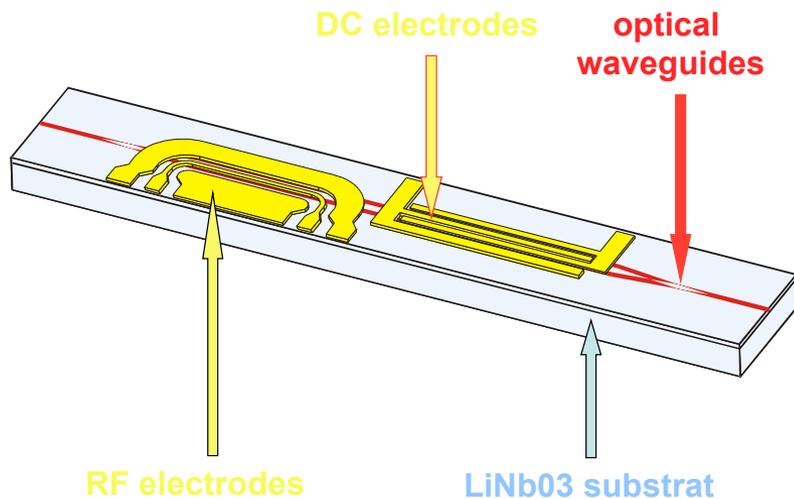


Transmission LiNbO₃, from Nassau et al. 1966

Deux ruptures technologiques

ii) l'optique intégrée active

The Mach-Zehnder principle



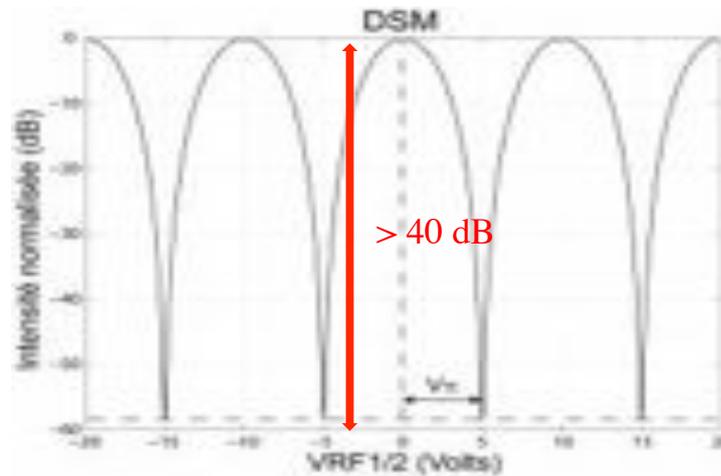
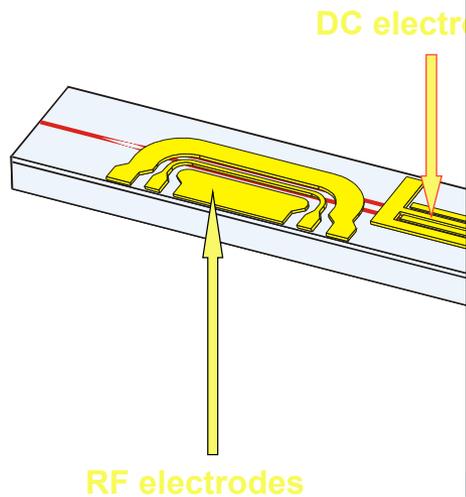
Deux ruptures technologiques

ii) l'optique intégrée active

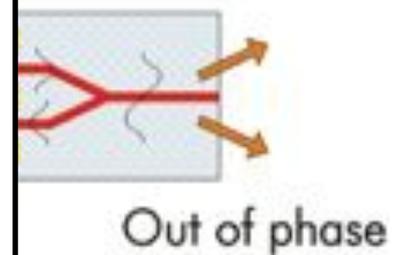
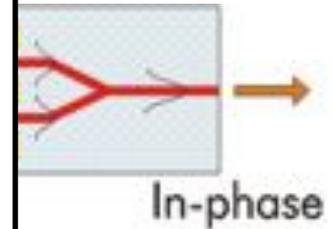
The M

- And it routinely work:
 - Telecom applications
 - Spatial applications

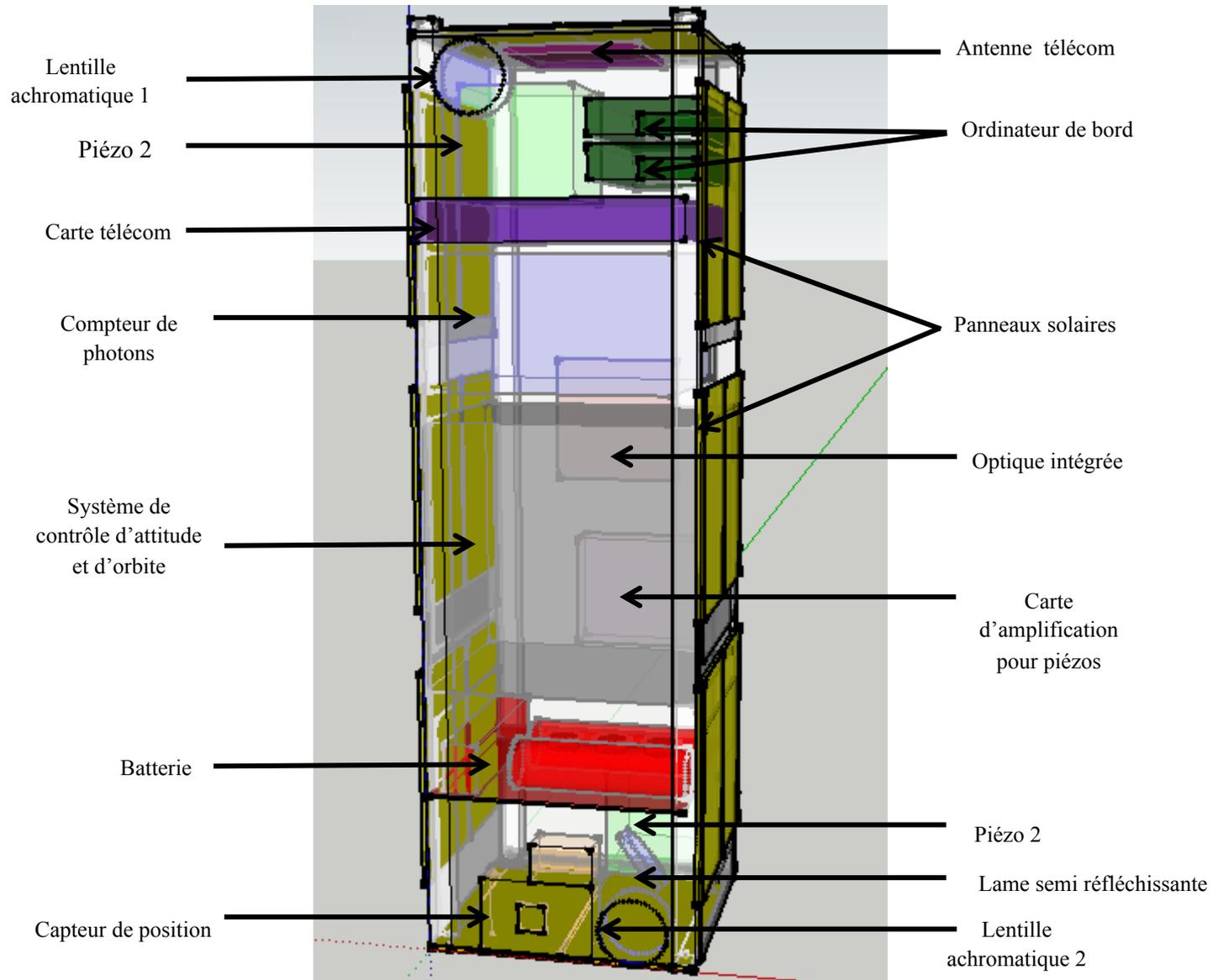
ple



↑ MXPE-LN-10 high extinction ratio modulator



Le concept FIRST-S



I. Objectif du projet FIRST-S



Déjà observée en thermique (NIR et IR), mais pas en diffusée (VIS).

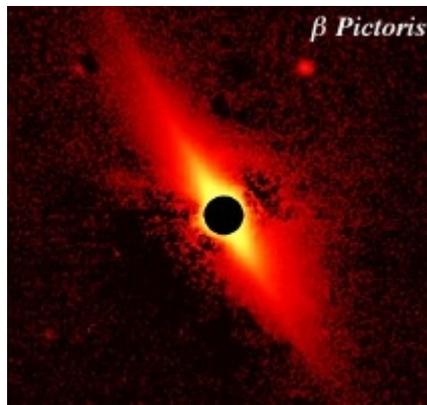
I. Objectif du projet FIRST-S

Intérêt de l'interférométrie spatiale:

- Contribution à la recherche d'exoplanètes à travers l'étude de la poussière exozodiacale.
- Forte brillance dépassant 100 fois l'émission réfléchie par la planète elle-même.



Lumière zodiacale

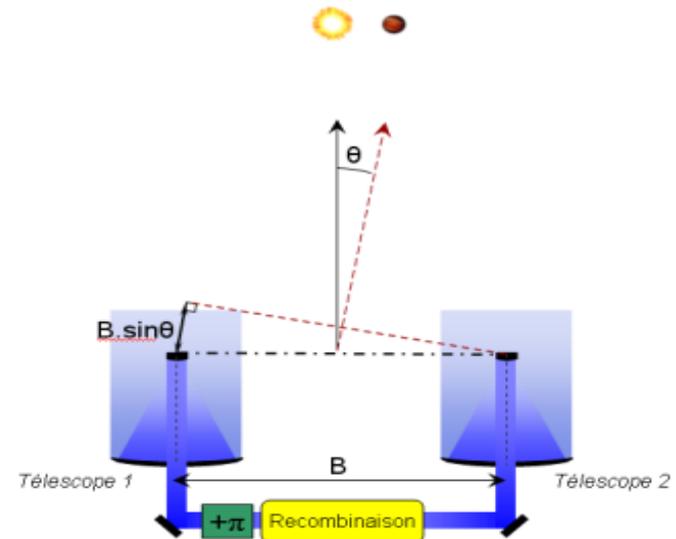


L'étoile est cachée par un masque => on peut observer les poussières existant autour.

Principe de l'interféromètre annulant en astronomie:

Faire interférer le signal recueilli par les deux télescopes de manière destructive.

- ⇒
- Annulation du flux de l'étoile pointée.
 - Possibilité de visualiser son environnement.



Principe de l'interféromètre de Bracewell

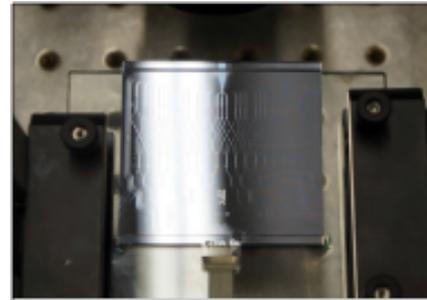
II. Présentation du projet FIRST-S

Nanosatellite:

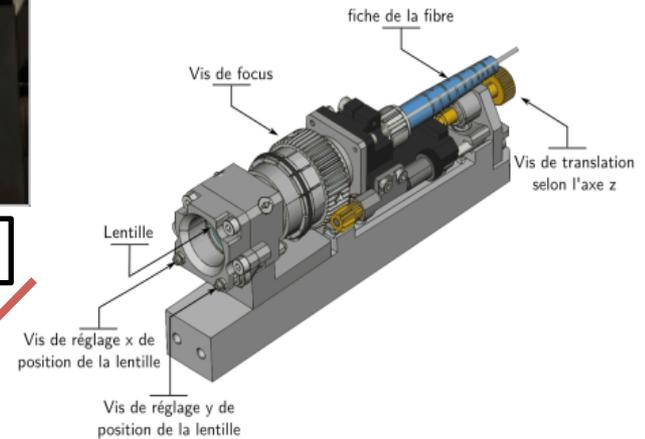
- Plateforme: Standard CubeSat de type 3U:
- Charge interféromètre, compteur de photons

But:

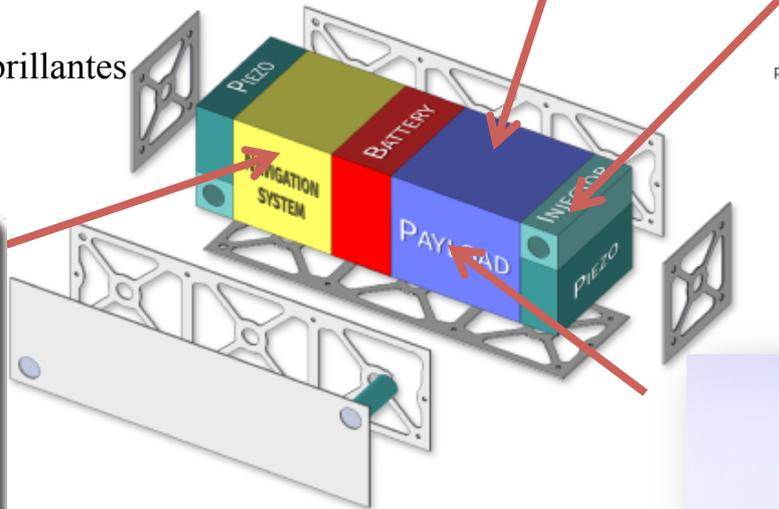
- Mesurer la quantité de lumière diffusée par la poussière exozodiacale des étoiles brillantes proches



Optique planeaire



Injecteur (lentille + fibre optique)



Système de contrôle d'attitude et d'orbite



Compteur de photons

III. Analyse mission: Lancement du nanosatellite

Lancement des nanosatellites:

- Il n'existe pas de lanceur spécifique pour les nanosatellites.
- Ils sont envoyés en piggy back sur une autre mission, puis mis sur orbite grâce à des déployeurs.
- Ils sont contraints à la même orbite que la charge utile principale.

Exemple de déployeurs:

- P-POD (Poly-Picosatellite Orbital Deployer)
- T-POD : (Tokyo Pico-satellite Orbital Deployer)
- X-POD : (eXperimental Push Out Deployer)
- FLYMATE de Novanano (société française située à Lyon)



III. Analyse mission: Orbite

Choix de l'orbite:

- La majorité des nanosatellites ont une orbite héliosynchrone avec un angle d'inclinaison supérieur à 90° .
- Le reste est lancé sur une orbite terrestre basse avec un angle d'inclinaison compris entre 30° et 60° .

Orbite héliosynchrone

- altitude : 700 km
- inclinaison: 98°
- orbite circulaire
- durée orbitale: 1h32 min

L'angle entre la direction du soleil et l'orbite reste constant.

Orbite terrestre basse:

- altitude: 300 km
- inclinaison: 45°
- orbite circulaire
- durée orbitale: 1h24 min

Avantage: favorise la désorbitation du satellite

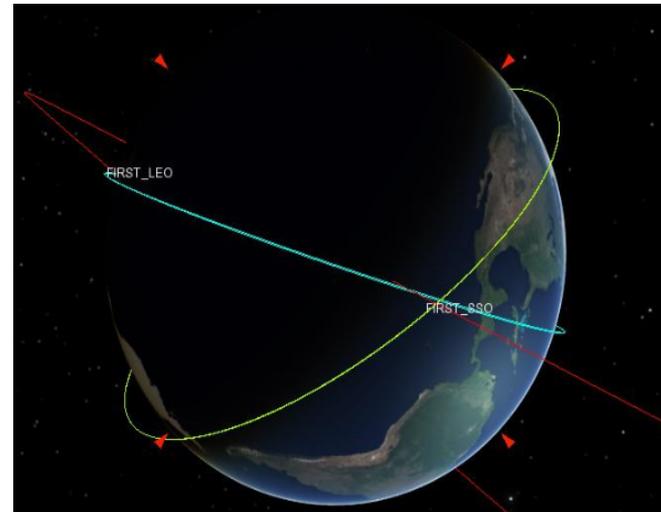
Simulation VTS

- date de début: 29/08/2015
- durée de la simulation : 1 jour
- pas de la simulation: 10 s

Simulation des deux orbites SSO et LEO



Simulation des deux orbites SSO et LEO avec orbite de la terre



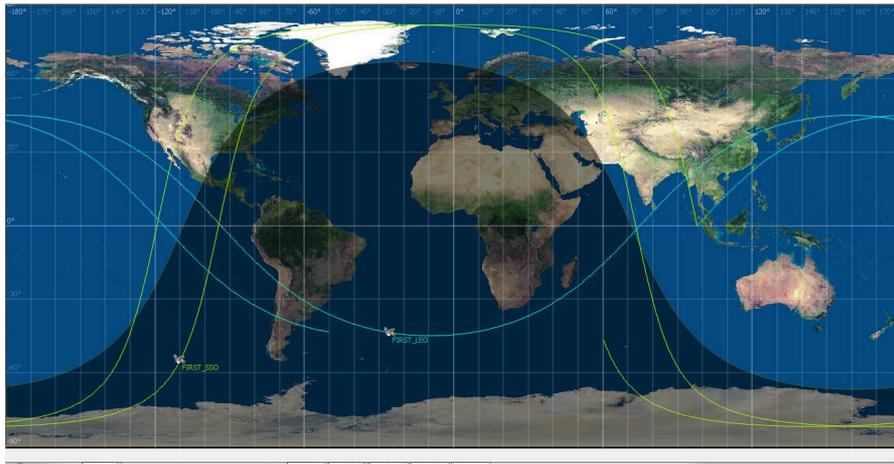
III. Analyse mission: Visibilité station

Visibilité station sol : station Paris-Meudon:

- Tableau des coordonnées de la station

Latitude	Longitude	Altitude
48°48'	2°14'	162m

Image représentant les deux orbites en 2D



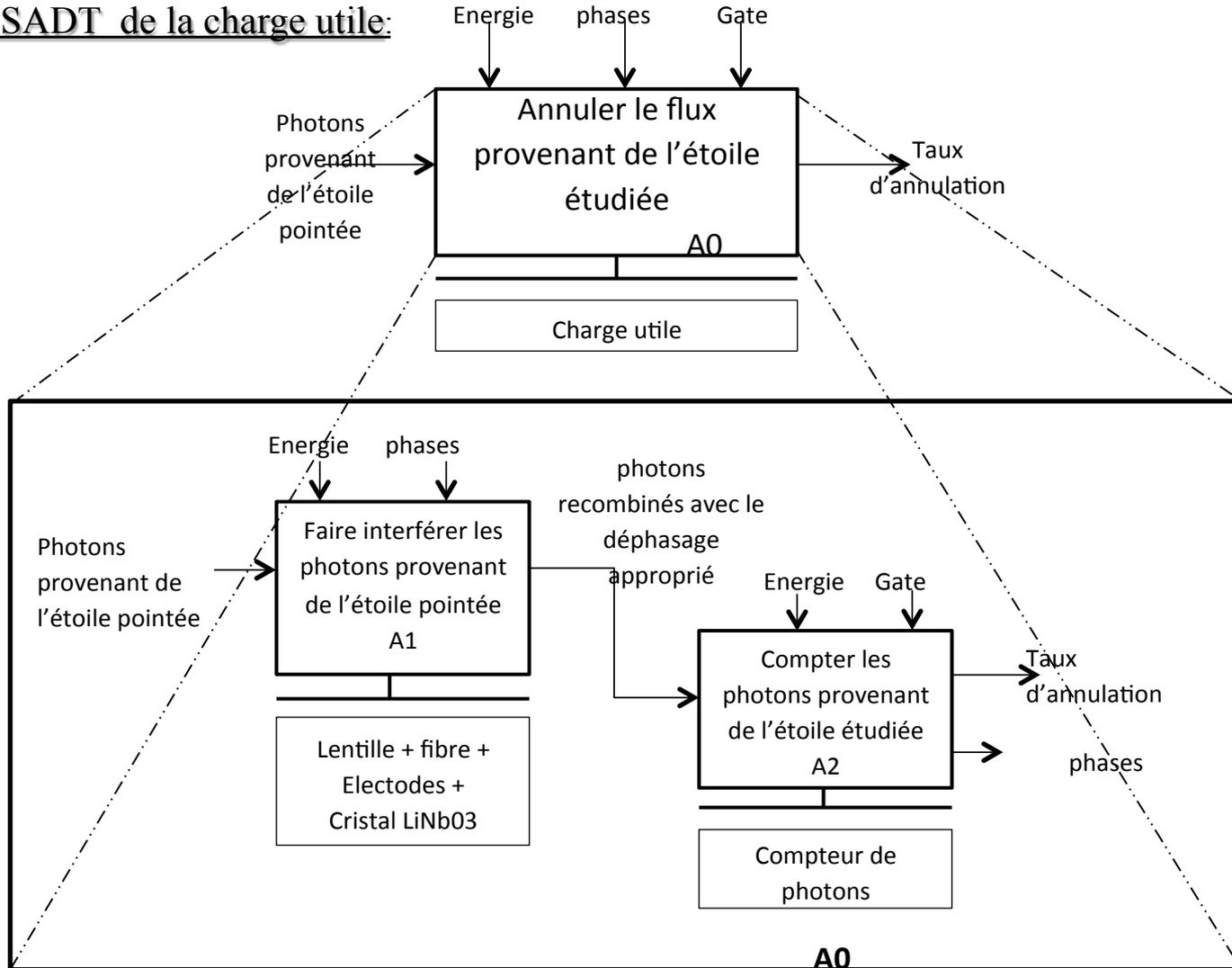
Simulation des temps de passage sur 1 jour (VTS):

- Pour l'orbite héliosynchrone:
 - Temps de visibilité maximal par jour: 13 min 83''
 - Temps de visibilité minimal par jour: 2 min 33''
 - Nombre de passages par jour: 7
- Pour l'orbite terrestre basse:
 - Temps de visibilité maximal par jour: 9 min
 - Temps de visibilité minimal par jour: 4 min
 - Nombre de passages par jour: 5

Conclusion: Temps de visibilité plus long pour l'orbite SSO => quantité de données reçues importantes : 1 Mo pour les visibilités maximales pour un transfert de 9600 bits/s.

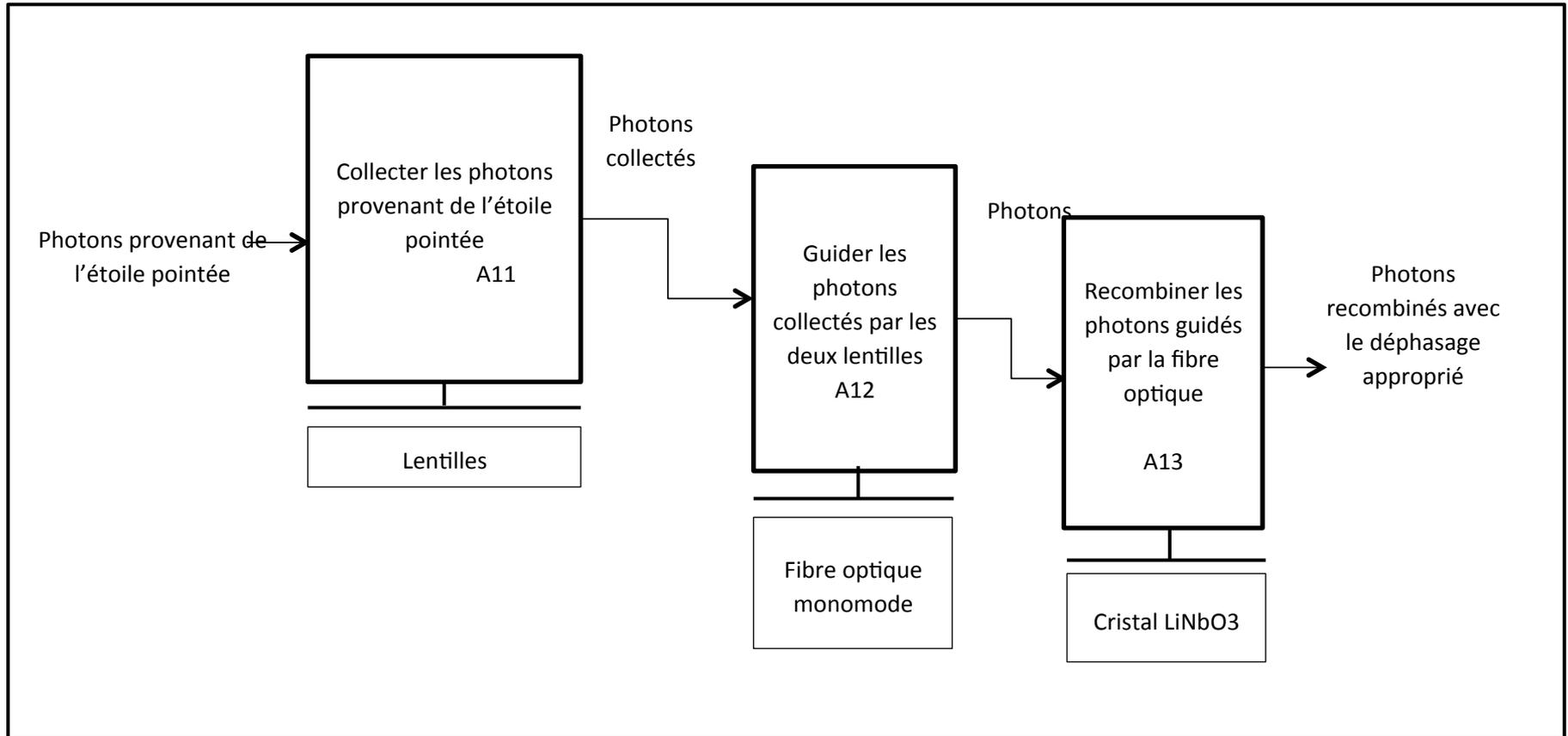
IV. Analyse fonctionnelle de la charge utile

Diagramme SADT de la charge utile:



IV. Analyse fonctionnelle de la charge utile

Développement de la fonction: faire interférer les photons provenant de l'étoile pointée

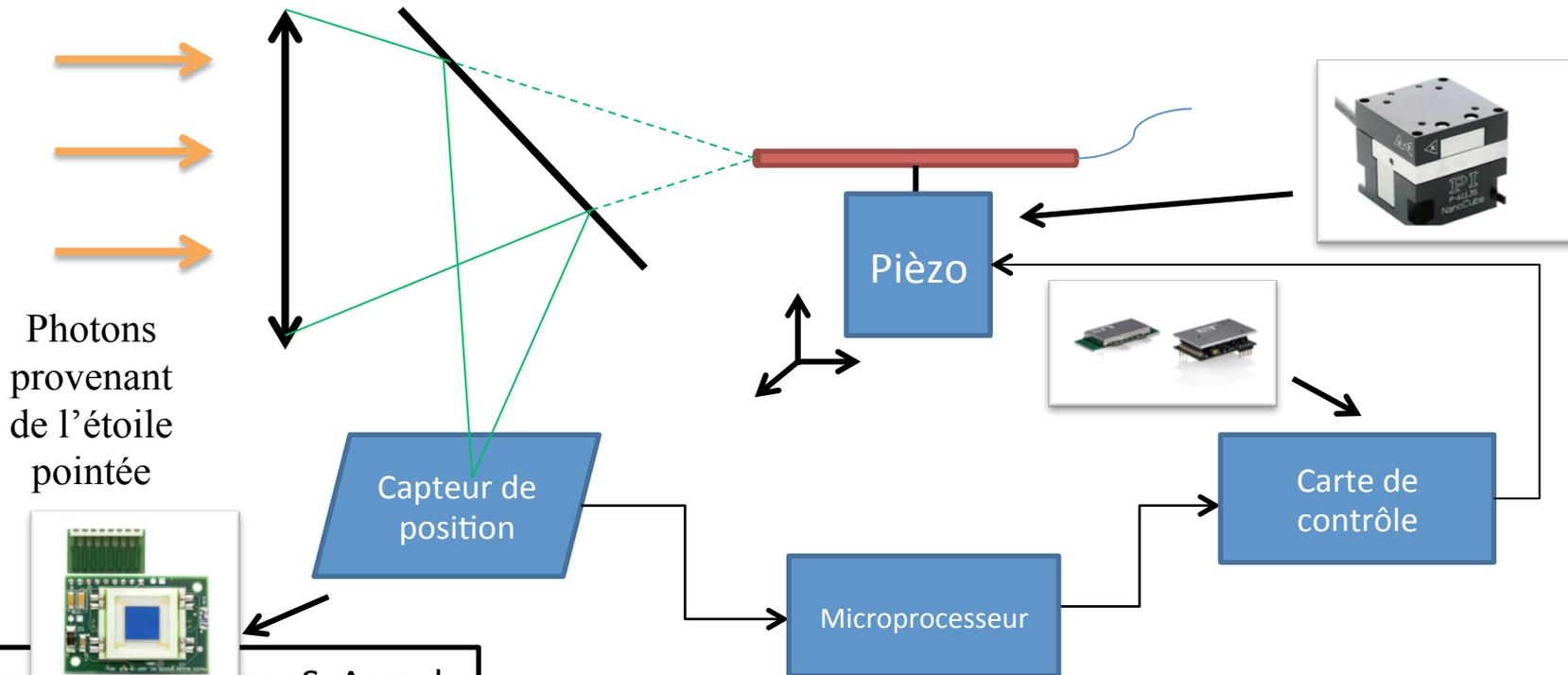


IV. Analyse fonctionnelle de la charge utile: Pointage

- Nécessité d'avoir une précision de pointage de $0,01^\circ$.
- Systèmes de contrôle d'attitude et d'orbite existant pointent avec une précision de $0,1^\circ$.

Solutions apportées:

- Fixer les fibres optiques sur des systèmes piézos à trois axes.
- Utiliser un capteur de position permettant la localisation précise de l'étoile.

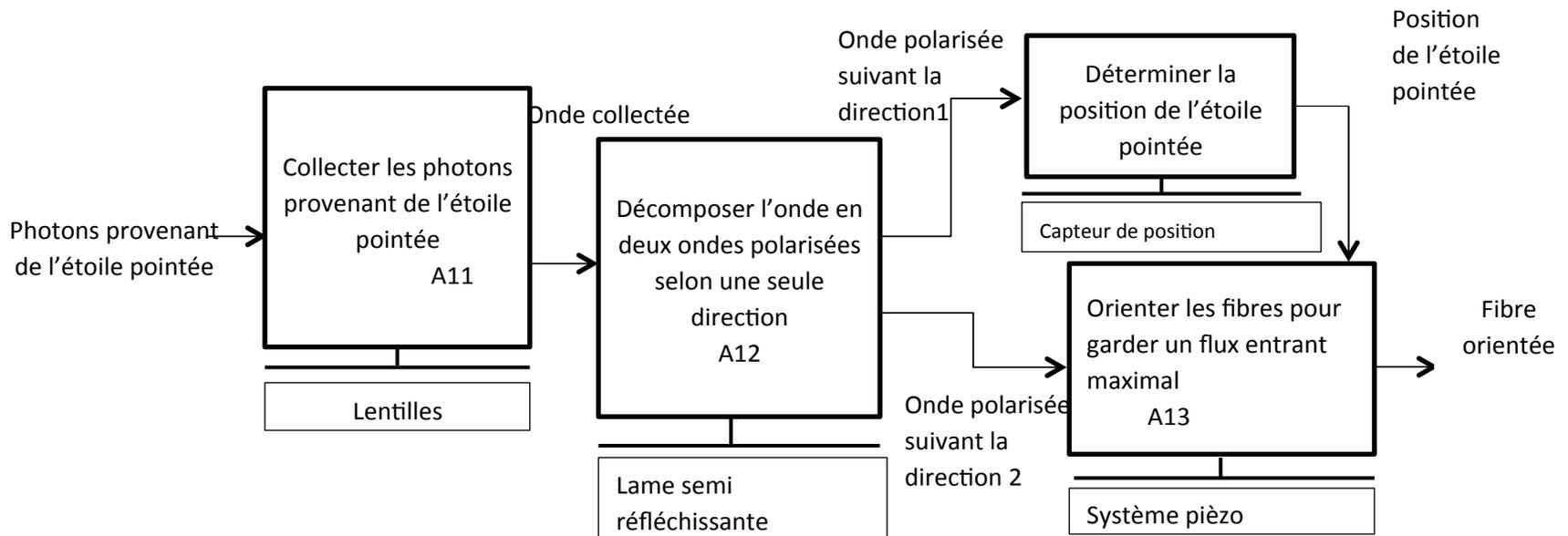


IV. Analyse fonctionnelle de la charge utile: Pointage

- Nécessité d'avoir une précision de pointage de $0,01^\circ$.
- Système de contrôle d'attitude et d'orbite existant pointent avec une précision de $0,1^\circ$.

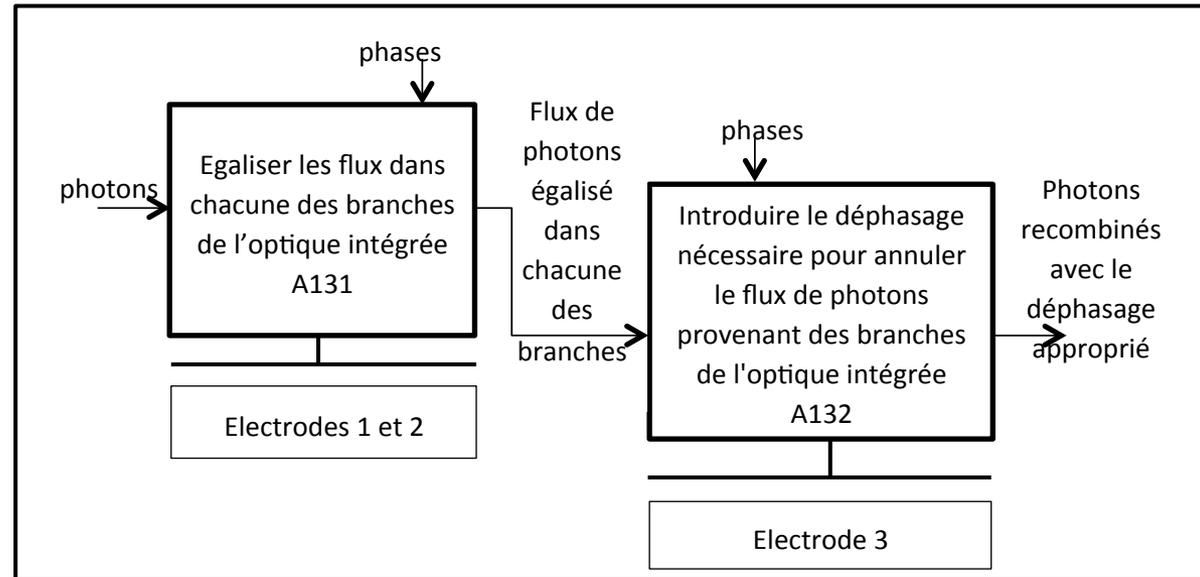
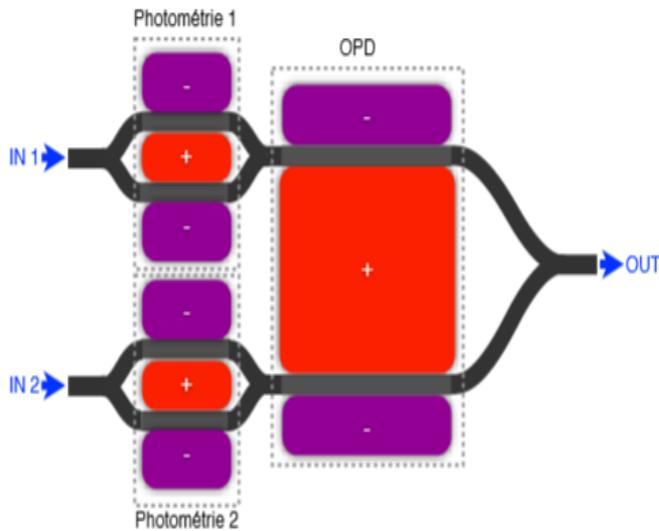
Solution apportée:

- Fixer les fibres optiques sur des systèmes piézos à trois axes.
- Utiliser un capteur de position permettant la localisation précise de l'étoile.



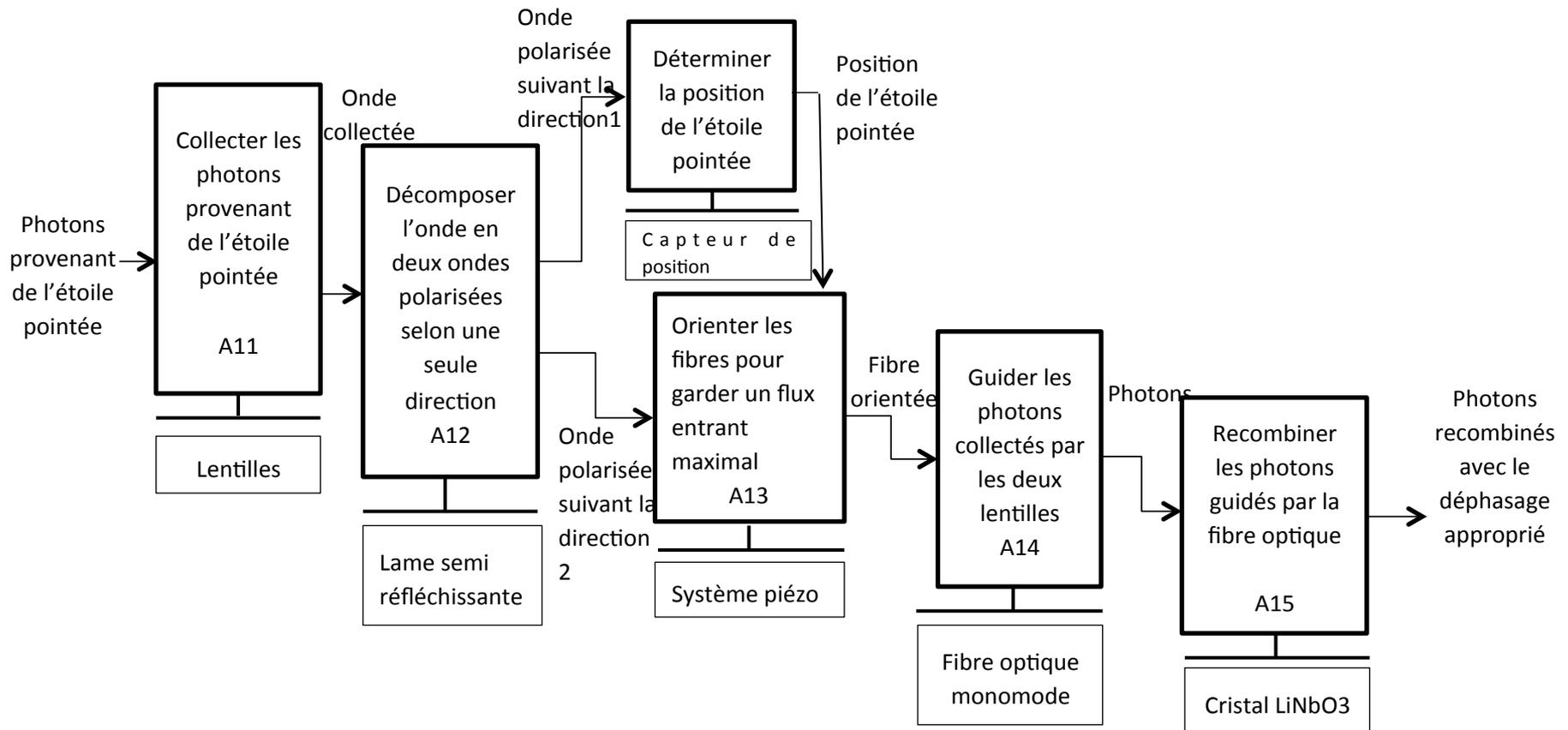
IV. Analyse fonctionnelle de la charge utile: recombineur

Développement de la fonction: Recombiner les photons guidés par la fibre optique



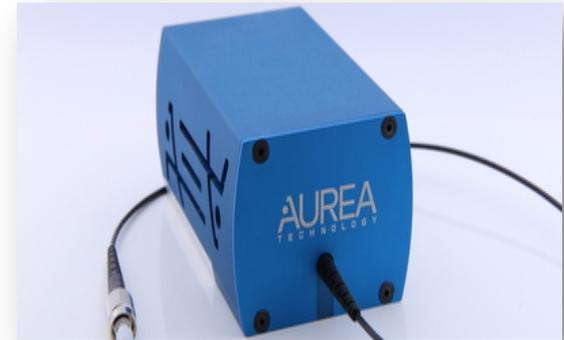
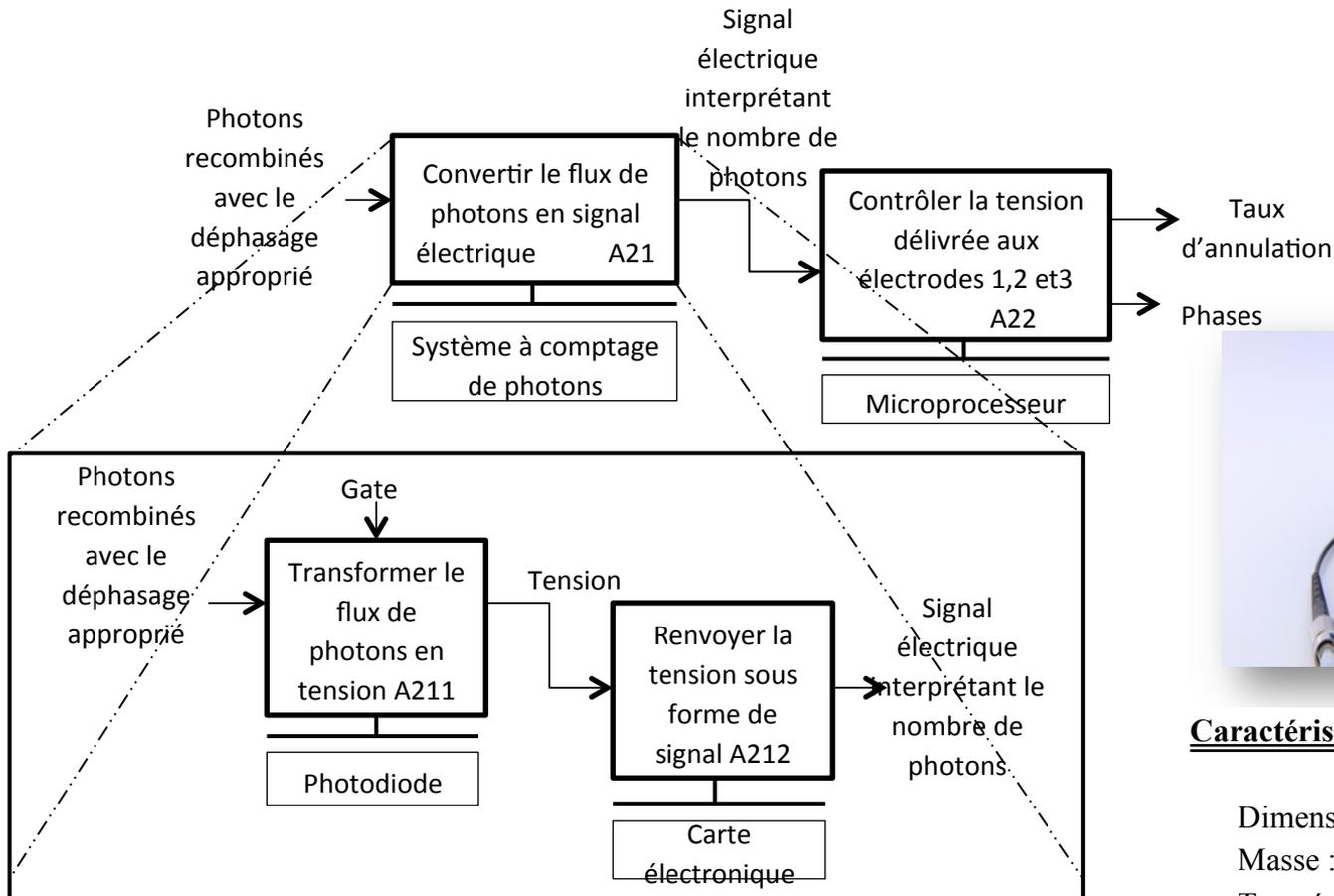
IV. Analyse fonctionnelle de la charge utile

Développement de la fonction: faire interférer les photons provenant de l'étoile pointée



IV. Analyse fonctionnelle de la charge utile: Compteur de photons

Développement de la fonction: compter les photons provenant de l'étoile pointée



Caractéristiques:

Dimensions : 110mm x 65mm x 50 mm
Masse : 500g (possibilité de réduire à 300g)
Température de fonctionnement : 10°C à 30°C
Température de stockage : -40°C à 65°C
Puissance consommée : 5w

V. Dimensionnement plateforme: Bilan énergétique

Consommation énergétique totale:

composant	Température de fonctionnement	Consommation énergétique
Batterie	-20°C à 60°C	0.25W
Ordinateur de bord	-40°C à 85°C	1 W x2
Système de contrôle d'attitude et d'orbite	-40°C à 80°C	5.4W
Capteur de position	0°C à 70°C	0.375W
Carte piézos	5°C à 50°C	8W
Compteur de photons	10°C à 30°C	5W
Antenne télécom	-----	2W
Transmission vers terre	-20°C à 50°C	1.7W
Réception avec terre	-20°C à 50°C	0.2W
Nanosatellite	-20°C et 70°C	24,925W

Conclusion: La batterie fournit 30W max => contrainte de puissance respectée.

V. Dimensionnement plateforme: Consommation du mode recharge batterie

Temps de visibilité du soleil:

- Orbite SSO : Temps de visibilité = 65 min
- Orbite LEO: Temps de visibilité = 54 min

Tableau des composants fonctionnant dans ce mode et la puissance consommée par chacun

Composants	Puissance consommée
Batterie	0.25W
Ordinateur de bord	2W
Système de contrôle d'attitude et d'orbite	1W (fonctionnement dégradé)
Puissance totale	3.25W

Tableau représentant un bilan énergétique pour ce mode

Energie accumulée par période	7.8 Wh
Energie totale consommée en recharge	5.135Wh
Energie accumulée avec fonctionnement des composants essentiels	2.665Wh
Temps de fonctionnement pour tous les composants par période	8 min

Conclusion: Temps de fonctionnement réduit => solutions: - Utiliser des panneaux solaires déployables et orientables
- Changer quelques composants

V. Dimensionnement plateforme: Masse du nanosatellite

Logiciel utilisé:

- IDM CIC, extension d'Excel développée par le CNES
- Sketch up, logiciel de modélisation 3D

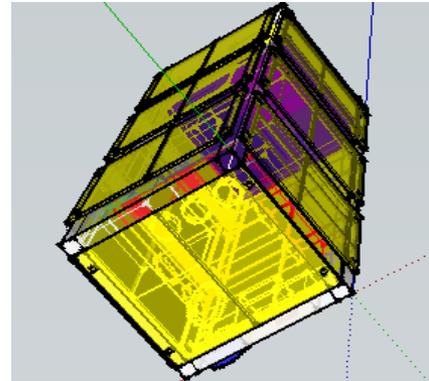
Tableau de masse totale du nanosatellite:

	Masse [kg]	Masse avec marge [kg]
Plateforme	2,6535	3,1842
Charge utile	1,04	1,248
Masse nanosatellite	3,6935	4,4322

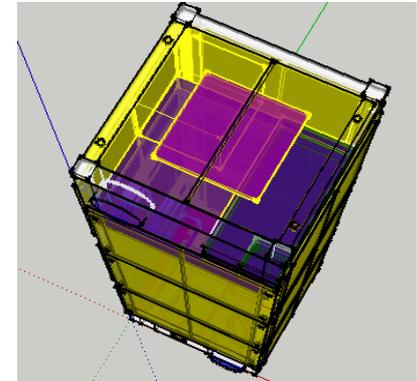
Extrait du tableau rempli sur IDM CIC:

Composant	X	Y	Z	R1	R2	R3	Masse [Kg]	Masse avec marge
Structure Externe	0	0	0	Rx - Ry - Rz	0	0	0,6	0,72
ADACS	0	80	100	Rx - Ry - Rz	90	360	0,907	1,0884
Batterie	0	0	60	Rx - Ry - Rz	0	0	0,1995	0,2394
Panneau Face 1	0	8,75	-2,15	Rx - Ry - Rz	0	0	0,059	0,0708

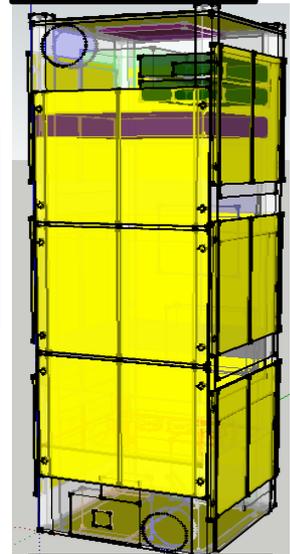
Plusieurs vues du nanosatellite agencé:



Vue de dessous



Vue de dessus



Vue de face

Conclusion:

Masse dépasse légèrement 4 kg =>

- Changer quelques composants
- Augmenter volume CubeSat

VI. Conclusion

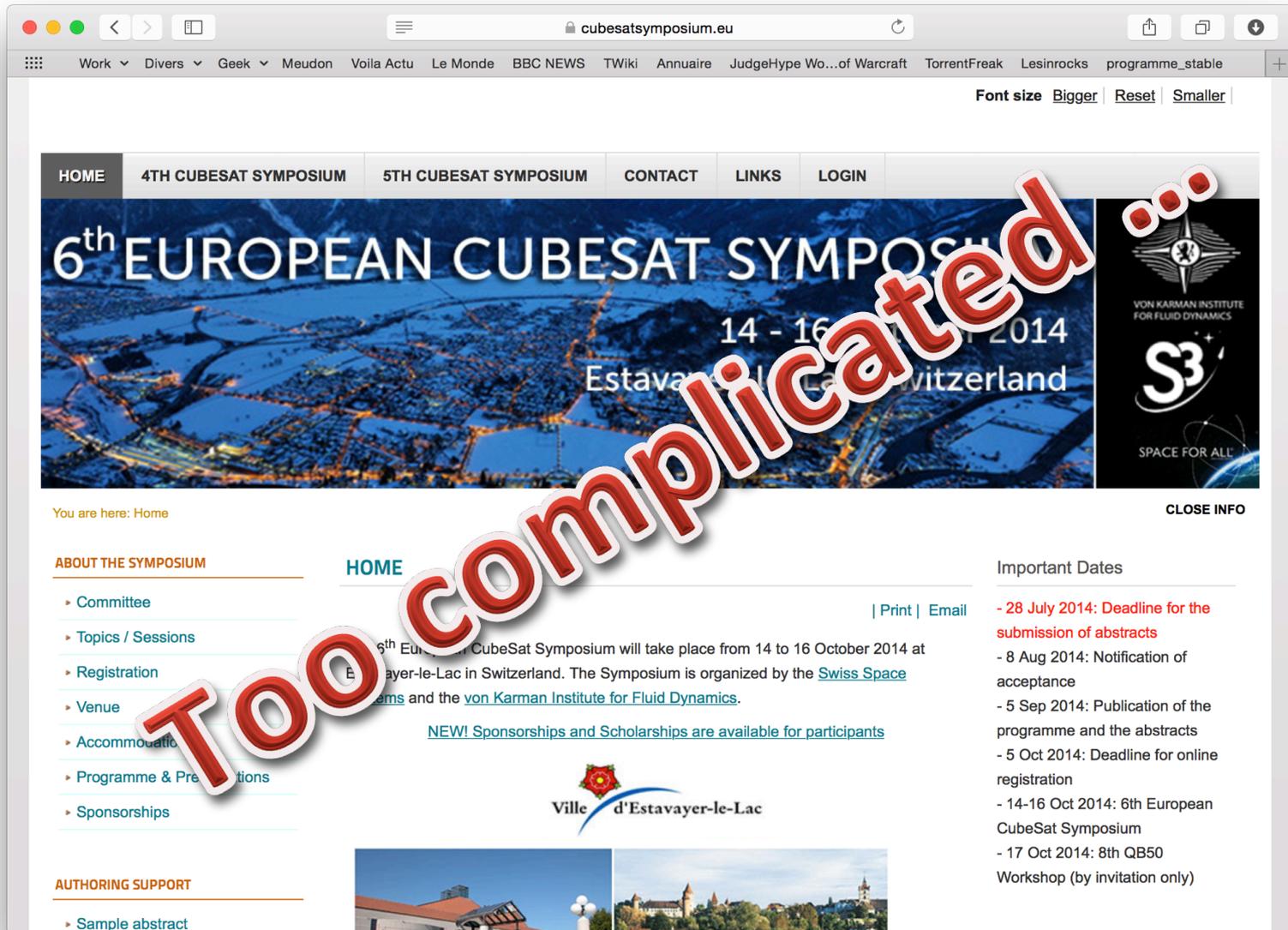
The screenshot shows a web browser window with the URL cubesatsymposium.eu. The browser's address bar and tabs are visible at the top. The website's navigation menu includes [HOME](#), [4TH CUBESAT SYMPOSIUM](#), [5TH CUBESAT SYMPOSIUM](#), [CONTACT](#), [LINKS](#), and [LOGIN](#). The main banner features a night-time satellite view of a city with the text: **6th EUROPEAN CUBESAT SYMPOSIUM**, **14 - 16 October 2014**, and **Estavayer-le-Lac, Switzerland**. To the right of the banner is the logo for the Von Karman Institute for Fluid Dynamics, featuring a compass rose and the text "VON KARMAN INSTITUTE FOR FLUID DYNAMICS", "S3+", and "SPACE FOR ALL".

Below the banner, the breadcrumb "You are here: Home" is displayed. The page is divided into three columns:

- ABOUT THE SYMPOSIUM**: A vertical list of links: [Committee](#), [Topics / Sessions](#), [Registration](#), [Venue](#), [Accommodation](#), [Programme & Presentations](#), and [Sponsorships](#).
- HOME**: The main content area. It includes a "Print | Email" link, a paragraph stating: "The 6th European CubeSat Symposium will take place from 14 to 16 October 2014 at Estavayer-le-Lac in Switzerland. The Symposium is organized by the [Swiss Space Systems](#) and the [von Karman Institute for Fluid Dynamics](#)." Below this is a link: [NEW! Sponsorships and Scholarships are available for participants](#). At the bottom of this section is the logo for "Ville d'Estavayer-le-Lac" and two small photographs of the town.
- Important Dates**: A list of key dates:
 - 28 July 2014: **Deadline for the submission of abstracts**
 - 8 Aug 2014: Notification of acceptance
 - 5 Sep 2014: Publication of the programme and the abstracts
 - 5 Oct 2014: Deadline for online registration
 - 14-16 Oct 2014: 6th European CubeSat Symposium
 - 17 Oct 2014: 8th QB50 Workshop (by invitation only)

At the bottom left, there is a section for **AUTHORING SUPPORT** with a link to [Sample abstract](#). A "CLOSE INFO" button is located in the top right corner of the main content area.

VI. Conclusion



The screenshot shows a web browser window with the URL cubesatsymposium.eu. The browser's address bar and tabs are visible at the top. The website's navigation menu includes links for HOME, 4TH CUBESAT SYMPOSIUM, 5TH CUBESAT SYMPOSIUM, CONTACT, LINKS, and LOGIN. The main banner features the text "6th EUROPEAN CUBESAT SYMPOSIUM" and "14 - 16 October 2014 Estavaner-le-Lac Switzerland". To the right of the banner is the logo for the Von Karman Institute for Fluid Dynamics, featuring a stylized 'S3+' and the tagline "SPACE FOR ALL". Below the banner, the page is divided into several sections: "ABOUT THE SYMPOSIUM" with a list of links (Committee, Topics / Sessions, Registration, Venue, Accommodation, Programme & Presentations, Sponsorships), "HOME" with a paragraph of text and a "NEW! Sponsorships and Scholarships are available for participants" link, and "Important Dates" with a list of key dates and events. At the bottom, there is a section for "AUTHORING SUPPORT" with a link to "Sample abstract" and two small images of buildings.

Font size [Bigger](#) | [Reset](#) | [Smaller](#)

HOME 4TH CUBESAT SYMPOSIUM 5TH CUBESAT SYMPOSIUM CONTACT LINKS LOGIN

6th EUROPEAN CUBESAT SYMPOSIUM

14 - 16 October 2014
Estavaner-le-Lac Switzerland

VON KARMAN INSTITUTE
FOR FLUID DYNAMICS
S3+
SPACE FOR ALL

You are here: [Home](#) [CLOSE INFO](#)

ABOUT THE SYMPOSIUM

- Committee
- Topics / Sessions
- Registration
- Venue
- Accommodation
- Programme & Presentations
- Sponsorships

HOME

The 6th European CubeSat Symposium will take place from 14 to 16 October 2014 at Estavaner-le-Lac in Switzerland. The Symposium is organized by the [Swiss Space Systems](#) and the [von Karman Institute for Fluid Dynamics](#).

[NEW! Sponsorships and Scholarships are available for participants](#)

[Print](#) | [Email](#)

Important Dates

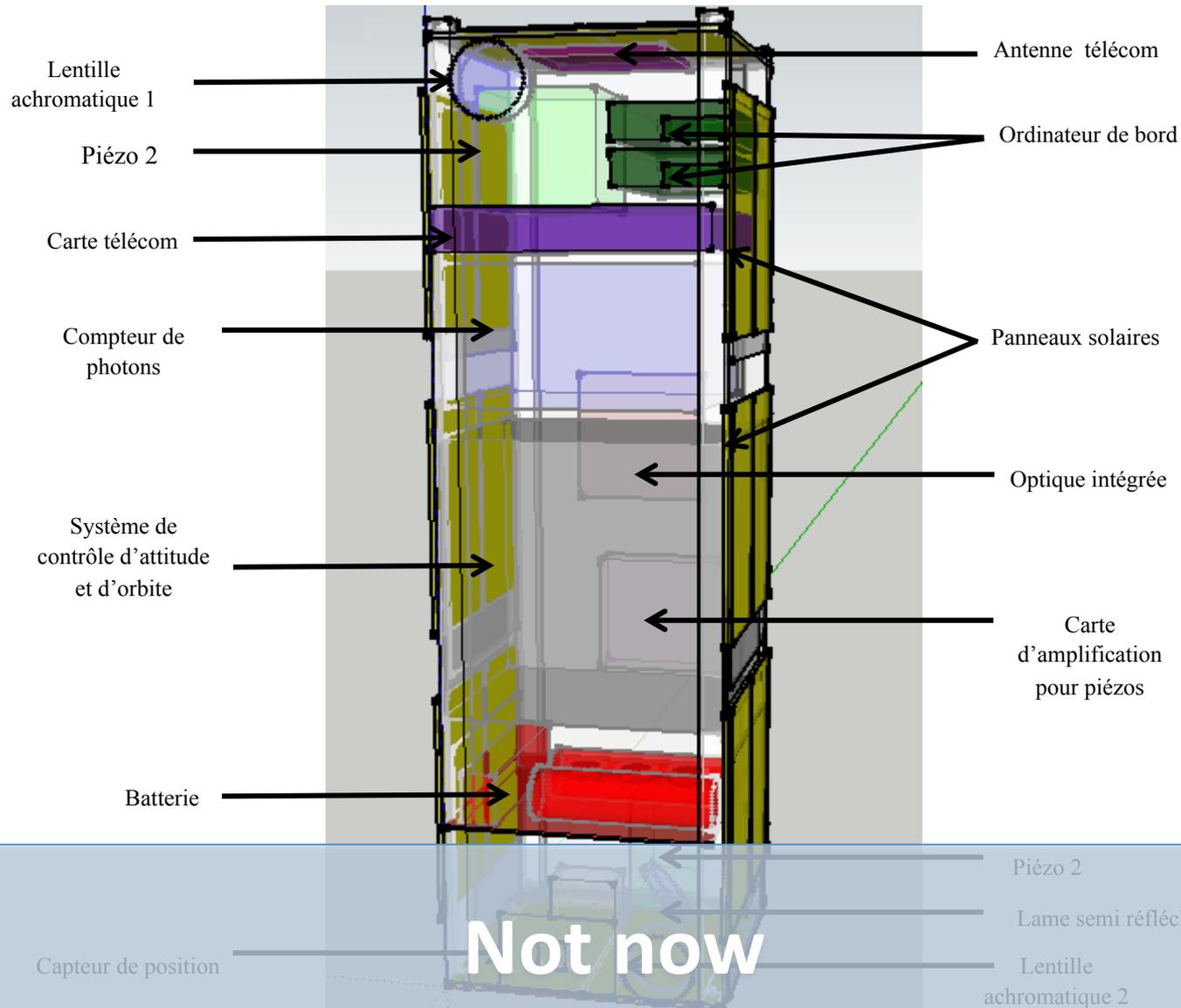
- 28 July 2014: **Deadline for the submission of abstracts**
- 8 Aug 2014: Notification of acceptance
- 5 Sep 2014: Publication of the programme and the abstracts
- 5 Oct 2014: Deadline for online registration
- 14-16 Oct 2014: 6th European CubeSat Symposium
- 17 Oct 2014: 8th QB50 Workshop (by invitation only)

AUTHORING SUPPORT

- Sample abstract

Ville d'Estavaner-le-Lac

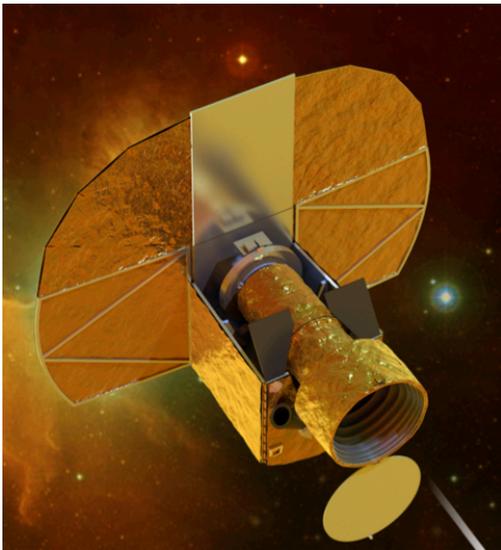
Le concept FIRST-P(hotométrie)



Objectifs du projet FIRST-P

Intérêt de la photométrie

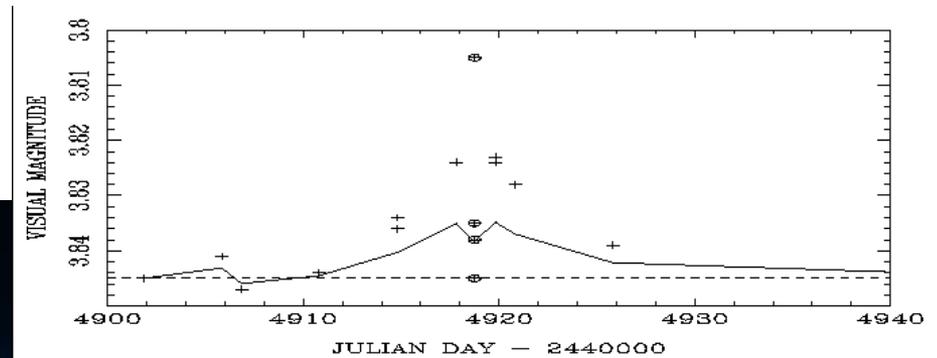
- Mesure de l'amplitude des transits
- Mesure de la masse et densité des planètes observées par vitesse radiale



Un concurrent direct: CHEOPS

But: observer le transit de Beta Pictoris b en 2017

- Planète estimée à $1.5R_{\text{Jup}}$
- Étoile estimée à $1.8R_{\text{Sun}}$
- Rapport de contraste: 1/100
- Distance Planète-Étoile: 8AU
- Durée du transit: quelques heures
- Déjà observé ('par hasard') en 1981



Beta Pictoris en 2017

Beta Pictoris b est une pierre de rosette de la formation planétaire:
Elle est unique car:

- La planète est jeune et en cours de formation (~ 10 Myr)
- L'étoile est proche, et la planète imagée en infrarouge
- Connaître le diamètre serait une contrainte unique sur les modèles de formation planétaire



Pourquoi pas plutôt du sol:

- Date du transit faiblement connu (entre Avril 2017 et Février 2018 à 68%, Nielsen et al. 2014)
- Probabilité de transit de jour! Été 2017, Beta Pictoris sera à 60° sud du soleil.
- Et même si ce n'est pas le cas, nécessité d'organiser une surveillance au sol constante.