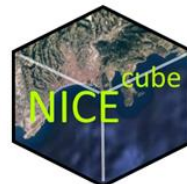




Réf. : NICE3\_0027\_0\_1.0\_SM

Edition : 1 Date : 25/11/19

Révision : 0 Date : 25/11/19



**SPECIFICATION  
MISSION  
NICE CUBE (NICE<sup>3</sup>)**

	Date	Signature
<b>Préparé par (Rédacteur) :</b>  Millour Florentin CSU Côte d'Azur	25/11/2019	
<b>Approuvé par (Chef de Projet) :</b>  Olivier Preis CSU Côte d'Azur	25/11/2019	
<b>Pour application (pour le Responsable Centre Spatial Etudiants) :</b>  Sébastien Ottogalli CSU Côte d'Azur	25/11/2019	

Avec les contributions de L. Rolland, M. Maamri



Réf. : NICE3\_0027\_0\_1.0\_SM

Edition : 1 Date : 25/11/19

Révision : 0 Date : 25/11/19  
Page : 2

## HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Ed.	Rev.	Date	Modifications	Visa
0	1	01/08/2019	Création du document	F. Millour
0	2	15/10/2019	Corrections	F. Millour
1	0	25/11/2019	Version validée pour RDM	F. Millour



## TABLE DES MATIERES

<b>1.</b>	<b>Objet et domaine d'application.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Documents de référence et documents applicables .....</b>	<b>5</b>
2.1.	Documents de référence.....	5
2.2.	Documents applicables .....	5
<b>3.</b>	<b>Définitions et acronymes.....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Développement du satellite.....</b>	<b>7</b>
4.1.	Durée du projet et visibilité du satellite .....	7
<b>5.</b>	<b>Objectifs de démonstration technologique.....</b>	<b>8</b>
5.1.	Etablir un lien de communication optique bord-sol.....	8
5.2.	Utiliser ce lien optique pour transmettre des données du satellite vers le sol.....	10
5.3.	Choix et caractérisation de l'orbite .....	10
5.4.	Avionique.....	11
5.5.	Mécanismes de déploiement .....	11
<b>6.</b>	<b>Objectif scientifique de la mission .....</b>	<b>11</b>
6.1.	Caracteriser les effets de l'atmosphère sur un lien optique nanosatellite-sol .....	11



## 1. OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Un lien optique est un dispositif permettant la transmission de données d'un point à un autre à l'aide d'un signal lumineux. Cela peut se faire par exemple à l'aide d'un émetteur laser vers un récepteur. Dans le domaine spatial, les liens optiques sont expérimentés depuis quelques années entre satellites, et plus récemment pour transmettre des données des satellites vers le sol.

Les avantages d'une telle liaison sont nombreux : Pas d'allocation de fréquence nécessaire ; Difficilement interceptable, donc rendant la transmission sécurisée ; Directionnel ; Insensible aux interférences radio ; Transmission rapide (potentiellement jusqu'à quelques Gbits/s).

Le projet Nice Cube, aura pour vocation de démontrer d'une part, la faisabilité et fiabilité d'une liaison optique entre le satellite et le sol et d'autre part, d'utiliser ce lien optique dans le but de transmettre des données.

La mission devra être capable de répondre aux critères de choix suivants :

- Être le premier Cubesat conçu et opéré par le CSU Côte d'Azur
- Être réalisable dans un double Cubesat
- Permettre d'embarquer des nouvelles technologies pour faire de la démonstration technologique
- Avoir un objectif scientifique
- Être motivante pour des étudiants

Pour atteindre ces critères, la mission présente un objectif scientifique et un objectif de démonstration technologique :

- Objectif technologique :
  - Établir un lien de communication optique bord-sol
  - Utiliser ce lien optique pour transmettre des données du satellite vers le sol
- Objectif scientifique : Caractériser les effets de l'atmosphère sur un lien optique bord-sol

la mission est découpée classiquement en sous-systèmes, présentés en Figure 1, qui seront décrits plus en détail dans le document de spécification technique de besoin (STB), mais qu'il est utile de se rappeler pour le présent document.

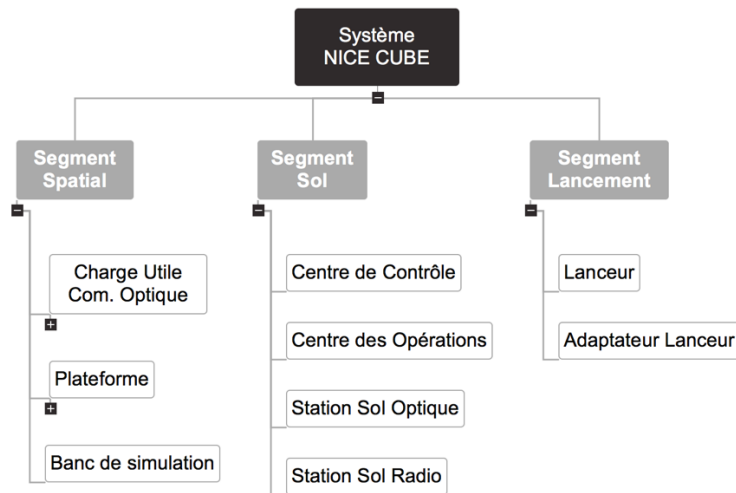


Figure 1: diagramme du système Mission Nice3, inspiré du document de spécification de JWST et de la documentation JANUS.

Le présent document donne donc les spécifications de cette mission, que ce soit en termes d'objectifs scientifiques, ou d'objectifs de démonstration technologique.

Le chapitre 2 précise les documents de référence et les documents applicables.

Le chapitre 3 regroupe les définitions des termes spécifiques et des acronymes.

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE ET DOCUMENTS APPLICABLES

### 2.1. DOCUMENTS DE REFERENCE

DR1 : RNC-CNES-HB-507-A-V2 - Modèle SM nanosatellites étudiants.doc

DR2 : Kaushal, H., & Kaddoum, G. (2017). Optical Communication in Space: Challenges and Mitigation Techniques. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 19(1), 57–96.  
<https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2603518>

DR3 : SPS2019\_RapportGT\_32\_GT\_Nanosats\_NewSpace\_v0p71.pdf

DR4 : Rapport de stage M. Maamri

### 2.2. DOCUMENTS APPLICABLES

DA1 : TBD



### 3. DEFINITIONS ET ACRONYMES

ADCS	Attitude Determination and Correction System, voir aussi SCAO
BER	Bit Error Rate, en nombre de bit d'erreur par bit transmis
CNES	Centre National d'Études Spatiales
CSU	Centre Spatial Universitaire
CU	Charge Utile
Cubesat	Format standard de nanosatellites, défini en unités de 1L, 1W, 1,3kg typiquement
GNSS	Global Navigation Satellite System (GPS, Galileo, ...)
GPS	Global Positioning System : première constellation de satellites GNSS
HKTM	House-Keeping TeleMetry
ILRS	International Laser Ranging Service
JANUS	Jeunes en Apprentissage pour la réalisation de Nanosatellites au sein des Universités et des Ecoles de l'enseignement Supérieur
LOS	Loi sur les Opérations Spatiales
OGS	Optical Ground Station, voir aussi SSO
QOS	Quality Of Service, qualité du lien optique, en % de disponibilité
SCAO	Système de Contrôle d'Attitude et d'Orbite, voir aussi ADCS
SLR	Satellite Laser Ranging
SM	Spécification Mission
SNR	Signal Noise Ratio
SSO	Station Sol Optique, voir aussi OGS
STB	Spécifications Techniques de Besoin
UHF	Ultra High Frequency, typiquement 430 MHz
VHF	Very High Frequency, typiquement 130 MHz



## 4. DEVELOPPEMENT DU SATELLITE

### 4.1. DUREE DU PROJET ET VISIBILITE DU SATELLITE

#### 4.1.1. DESCRIPTION DE L'OBJECTIF

Nous rappelons ici les points énumérés en introduction. Les deux premiers points correspondent à l'insertion du CSU dans le programme JANUS du CNES qui donne des indications sur la durée de développement du satellite de 5 ans au maximum :

- Être le premier Cubesat conçu et opéré par le CSU Côte d'Azur
- Être réalisable dans un double Cubesat

Les deux points suivants sont décrits dans les sections suivantes :

- Permettre d'embarquer des nouvelles technologies pour faire de la démonstration technologique → section 5
- Avoir un objectif scientifique → section 6

Le dernier point : « la mission devra être motivante pour des étudiants » correspond à la section 4.

#### 4.1.2. EXIGENCES

##### DUREE DU PROJET

Pour être motivante pour les étudiants et permettre de développer les compétences de conception, pilotage et opération d'une mission spatiale au sein du CSU, la durée de ce premier projet du CSU devra être limitée à 5 ans.

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-04121</u>	La durée du projet (de la conception au lancement) est de 5 ans.
<u>NICE3-SM-04122</u>	Le nanosatellite NiceCube doit être un nanosatellite de type double CubeSat.

##### DUREE DE LA MISSION

La plupart des missions nanosatellites étudiants ont une durée de vie de quelques mois. Les objectifs de la mission doivent donc être remplis dès les premiers mois après le lancement. On peut aussi noter que la période 2024-2025 correspond à un maximum solaire. Même si les prédictions annoncent qu'il sera exceptionnellement bas, les risques d'anomalies seront plus élevés qu'en 2019. D'où une durée nominale de mission inférieure à 12 mois.

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-04123</u>	La durée nominale de la mission est de 6 mois.



## REGION D'OBSERVATION

Ce satellite étant développé sur la Côte d'Azur, les opérations se feront en priorité dans cette région. Nous rappelons ici l'exigence correspondante de la Spécification Mission.

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-04124</u>	Le satellite devra être visible de la Côte d'Azur de nuit.

## 5. OBJECTIFS DE DEMONSTRATION TECHNOLOGIQUE

Le satellite Nice Cube a un objectif de démontrer des nouvelles technologies dans l'Espace, et notamment :

- Établir un lien optique bord-sol
- Utiliser ce lien optique pour transmettre des données du satellite vers le sol

Un lien optique est un dispositif permettant la transmission de données d'un point à un autre à l'aide d'un signal lumineux. Cela peut se faire à l'aide d'une source de lumière vers un récepteur photosensible. Dans le domaine spatial, les liens optiques sont expérimentés depuis quelques années entre satellites, et plus récemment pour transmettre des données des satellites vers le sol.

Les avantages d'une telle liaison sont nombreux :

- Pas d'allocation de fréquence nécessaire ;
- Peut être difficilement intercepté, donc rendant la transmission sécurisée ;
- Directionnel ;
- Insensible aux interférences radio ;
- Transmission rapide (potentiellement jusqu'à quelques Gbits/s) ;

Ce lien optique comporte deux volets, que Nice Cube devra aborder lors de sa mission : le premier volet (section 5.1) est l'établissement du lien en lui-même (i.e. mettre en place la capacité de transmettre des données du satellite vers le sol), tandis que le second volet (section 5.2) est la transmission de données en elle-même, dont les propriétés devront être caractérisées par la mission.

### 5.1. ETABLIR UN LIEN DE COMMUNICATION OPTIQUE BORD-SOL

#### 5.1.1. DESCRIPTION DE L'OBJECTIF

Comme décrit dans [DRx], le satellite devra envoyer sa position (par exemple : point GPS) avant d'être visible optiquement, puis la station sol optique devra pointer le satellite, « accrocher » celui-ci, tirer au laser dessus, et réceptionner le signal optique du satellite avant de pouvoir effectuer des tests de transmission optique (objet de la partie suivante). Ce scénario est illustré Figure 2 schématiquement et devra correspondre à l'enchaînement des événements lors de l'exploitation du satellite.



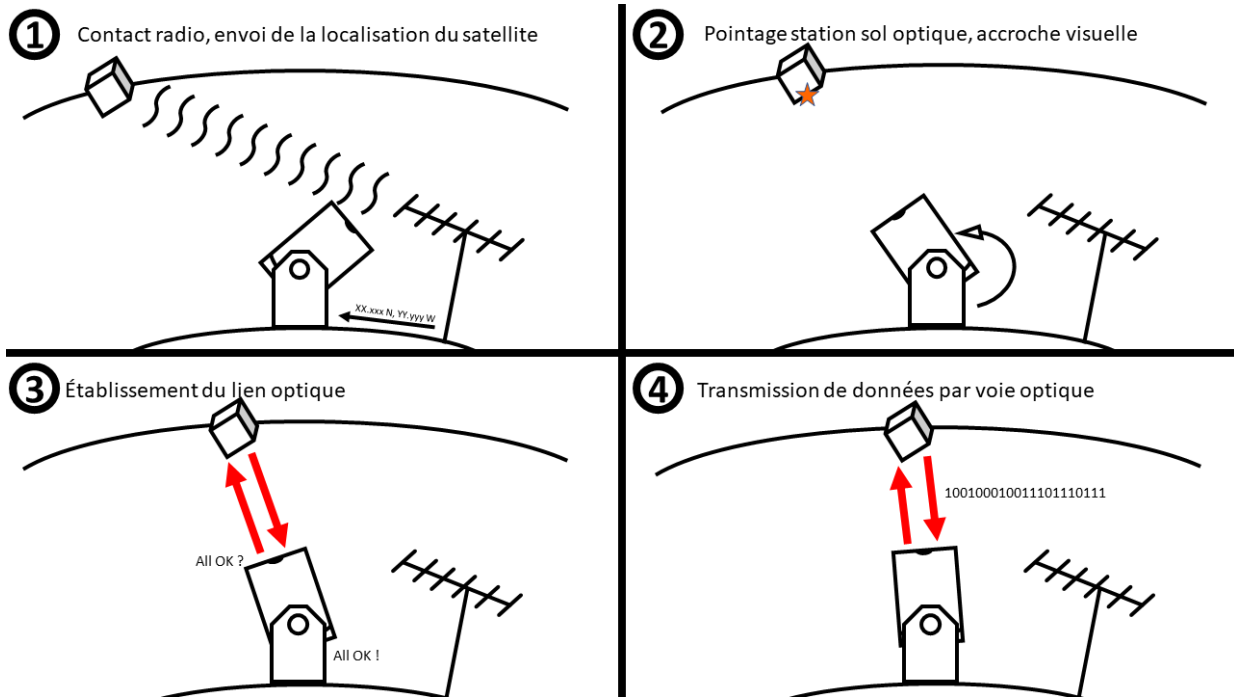


Figure 2 : Principe schématique des opérations sur Nice Cube

Il s'agit là du processus, qui devra être automatisé autant que faire se peut, car le temps de passage du satellite au dessus de la station est court (de 5 à 10mn) du fait de l'orbite basse de celui-ci (cf section 5.3).

De plus, un laser étant présent au sol, une exigence de sécurité est présente pour éviter tout risque d'accident.

### 5.1.2. EXIGENCES

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-05121</u>	Le satellite disposera d'un moyen de localisation, localisation qu'il enverra au sol par radio
<u>NICE3-SM-05122</u>	Le satellite devra se rendre visible de la station sol
<u>NICE3-SM-05123</u>	La station sol devra pouvoir suivre visuellement le satellite
<u>NICE3-SM-05124</u>	Le satellite sera équipé d'au moins un rétro-réflécteur qui permettra de réfléchir le signal dans la direction opposée du faisceau incident.
<u>NICE3-SM-05125</u>	La station sol devra pouvoir tirer au laser sur le satellite et recevoir l'écho laser.
<u>NICE3-SM-05126</u>	La sécurité des biens et des personnes sera assurée par la conception et l'opération de la SSO



## 5.2. UTILISER CE LIEN OPTIQUE POUR TRANSMETTRE DES DONNEES DU SATELLITE VERS LE SOL

### 5.2.1. DESCRIPTION DE L'OBJECTIF

Une fois le lien optique établi, Nice Cube devra transmettre des données vers la station sol. Les dispositifs qui équiperont Nice Cube et sa station sol devront permettre d'évaluer la qualité du lien optique et d'estimer la vitesse de transmission possible avec le satellite.

### 5.2.2. EXIGENCES

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-05221</u>	Le satellite sera équipé d'une modulation optique.
<u>NICE3-SM-05222</u>	Le satellite transmettra des données par voie optique au sol avec un débit minimum de 1kb/s
<u>NICE3-SM-05223</u>	Le système (satellite + station sol) devra permettre d'évaluer le débit du lien optique.
<u>NICE3-SM-05224</u>	Le système (satellite + station sol) devra permettre d'évaluer BER (Bit Error Rate) du lien optique.
<u>NICE3-SM-05225</u>	Le système (satellite + station sol) devra permettre d'évaluer la QOS (qualité de service) du lien optique.

## 5.3. CHOIX ET CARACTERISATION DE L'ORBITE

Nous avons estimé qu'une distance satellite/station sol raisonnable pour établir ce lien (émission/réception d'un laser de 1W à 1550nm pour un rétro réflecteur de 3 cm avec un collecteur de 1m) se situe à 550km au maximum. Par ailleurs, le satellite devra suivre à la lettre la loi sur les opérations spatiales (LOS) qui impose entre autres une durée de vie après passivation inférieure à 25 ans.

L'orbite de Nice Cube devra être connue précisément. Pour compléter l'exigence sur la localisation précise (NICE3-SM-05121), nous utiliserons le rétro réflecteur embarqué pour pouvoir déterminer l'orbite du cubesat à partir du réseau de stations de l'International Laser Ranging Service (ILRS). Le satellite devra donc être enregistré sur ce réseau.

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-05301</u>	Le satellite sera sur une orbite qui respecte la LOS (durée de vie <25 ans, pas de génération de débris, passivation en fin de vie)
<u>NICE3-SM-05302</u>	L'altitude du satellite sera inférieure à 550 km
<u>NICE3-SM-05303</u>	Le satellite sera équipé d'une balise optique pour être visible de nuit au travers d'un télescope de 50 cm de diamètre.
<u>NICE3-SM-05304</u>	Le satellite devra être enregistré comme cible sur les réseaux SLR.



## 5.4. AVIONIQUE

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-05401</u>	Nice Cube embarquera un système de contrôle de son attitude (ADCS).

## 5.5. MECANISMES DE DEPLOIEMENT

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-05501</u>	Les mécanismes de déploiement, et plus généralement toute pièce mobile, seront évités autant que possible sur Nice Cube.

# 6. OBJECTIF SCIENTIFIQUE DE LA MISSION

## 6.1. CARACTERISER LES EFFETS DE L'ATMOSPHERE SUR UN LIEN OPTIQUE NANOSATELLITE-SOL

### 6.1.1. DESCRIPTION DE L'OBJECTIF

L'atmosphère terrestre perturbe la propagation de la lumière via différents effets (turbulence optique, nuages, brume, pluie, etc.) qui brouillent l'image d'un objet situé au-dessus de celle-ci (étoiles ou satellites). Les effets de ces perturbations sont bien caractérisés pour des objets fixes dans le ciel (étoiles), avec un corpus théorique très fourni (lois d'échelle, turbulence de Kolmogorov, pour n'en citer que quelques-uns). Cependant, pour des cibles défilantes, telles que les satellites en orbite basse, les effets de ces perturbations atmosphériques, bien que théoriquement bien compris, ont rarement été mesurés. L'objectif ici est donc de réaliser ces mesures à l'aide du satellite Nice Cube. Pour cela, il est nécessaire de pouvoir créer une source lumineuse au niveau du satellite et de mesurer les effets de l'atmosphère sur celle-ci au niveau de la station sol.

### 6.1.2. EXIGENCES

#### CARACTERISATION DE L'ATMOSPHERE

Le satellite passant au-dessus de la Côte d'Azur, les moyens de caractérisation de l'atmosphère devront être mis en œuvre autant sur le satellite que sur la station sol. Nous travaillons au design d'une station sol optique (SSO, ou OGS) au plateau de Calern qui sera hébergée par l'Observatoire de la Côte d'Azur.

ID	Exigences
<u>NICE3-SM-06121</u>	Le satellite devra émettre un signal optique vers la station sol.
<u>NICE3-SM-06122</u>	La station sol devra pouvoir collecter le signal optique issu du satellite.
<u>NICE3-SM-06123</u>	La station sol optique devra être équipée d'au moins un moyen de caractérisation de l'atmosphère



**Titre : SPECIFICATION DE MISSION NICE CUBE**