



Définition des besoins pour une charge utile radioamateur en orbite géostationnaire

Proposition préliminaire AMSAT-F et contribution du RAQI

Contributeurs AMSAT-F : Thomas F4IWP, Jean-Marc F5LKE, Yannick F4HDA, Bernard F6CFO, Christian F1GWR, Loïc F4JXQ, Mathieu F4EZO, Guillaume F4DHK, Marie F4IKP, Yannick F4IQE, Christian F5UII, Christophe (président AMSAT-F)

Contributeurs RAQI : Benoît VE2VB, Gabriel VA2QA, Jean-François VE2ZDK, Glenn VE3XRA, Guy VE2XTD, Danny VE2VDG, Daniel VE2VDC, Roger VE2XM, David VA2DKK, Alan VE2NHR, Jacques VE2JVX, Pierre VE2PF, Olivier VA2DSF, Réal VE2DSK, Charles VE2FXO

Contact : groupe.travail.geo.esa@amsat-f.org

Résumé

Geoscar est la réponse à projet de l'ESA et consiste en un transpondeur pour satellite géostationnaire. Ce document, rédigé par l'AMSAT-F et à laquelle le RAQI s'est associé, précise les besoins de la communauté radioamateur et propose des pistes pour y répondre. Il s'adresse en premier lieu aux radioamateurs des pays membres de l'ESA, en Europe et au Canada mais pas de manière exclusive. Par essence, le radioamateurisme vise à l'instruction individuelle et à l'étude technique ; il partage ainsi des intérêts avec le monde pédagogique et la recherche. C'est pourquoi le projet Geoscar implique, en plus des acteurs industriels, les acteurs de ces trois communautés dans la conception, le développement et la future utilisation de l'instrument.

La solution proposée se doit de concilier les besoins radioamateurs, la facilité d'utilisation, la fiabilité nécessaire d'un système spatial et l'innovation indispensable à l'exploration du savoir et de la technique. Elle prend en compte les contraintes liées à la plateforme, à l'environnement spatial et aux segments sol et utilisateur. A partir d'une solution matérielle fiable reposant sur un transpondeur linéaire, plusieurs scénarios d'architecture, de développement et d'utilisation sont décrits. Des pistes de plateformes, de management de projet et de financement sont évoquées.



Table des matières

Résumé	1
1. Introduction	3
2. Retour d'expérience QO-100.....	3
2.1. QO-100 en quelques mots.....	3
2.2. Enseignements tirés de QO-100	7
3. Les nouveaux besoins.....	8
4. Quelle longitude pour quelle couverture	10
5. Solution proposée.....	10
5.1. Charge utile principale	10
5.2. Prise en compte de la dimension pédagogique	11
5.3. Prise en compte de la dimension innovation	11
5.4. Science participative.....	12
5.5. Gestion des catastrophes et des alertes.....	13
5.6. Segment sol.....	13
6. Plateforme et financement	14
7. Organisation projet	14
8. Conclusion	15



1. Introduction

Le radioamateurisme a pour objet l’instruction individuelle, l’intercommunication, et les études techniques dans le domaine de la radioélectricité et de la radiocommunication. Forte de ces principes fondateurs, la communauté radioamateur s’est montrée très active dès le début de l’ère spatiale avec le premier satellite radioamateur OSCAR 1, en orbite le 12 décembre 1961, devançant de nombreuses nations spatiales. La communauté radioamateur a contribué entre autres :

- la qualification en vol de la première puce CMOS,
- la première analyse de décalage Doppler pour localiser les balises au sol menant au COSPAS-SARSAT Search and Rescue system,
- le premier lien de communication inter-satellite,
- la démonstration du premier récepteur GPS en orbite elliptique élevée,
- le développement de protocoles de transmission par paquets encore utilisés dans de nombreux systèmes commerciaux,
- l'utilisation de CubeSats,
- la conception du premier émetteur DVB-S2 en bande Ka pour petits satellites,
- l’exploitation du plus grand segment terrestre distribué au monde, en précurseur des offres Ground station-as-a-Service qui sont maintenant offerts commercialement.

Plus récemment la mise en orbite géostationnaire de Es'hail 2 en 2018, satellite de télécommunication Qatari, avec à son bord le transpondeur radioamateur QO-100 a permis, grâce à une large couverture et l’utilisation de matériel commercial, de toucher un grand nombre de radioamateurs en Europe, Afrique, Moyen-Orient et une partie de l’Asie et de l’Amérique du Sud.

La proposition de l’ESA d’embarquer sur une future mission en orbite géostationnaire une charge utile radioamateur est une opportunité unique qui ouvre la voie à un réseau satellitaire global radioamateur et répond aux besoins non seulement des radioamateurs mais aussi pédagogiques, scientifiques et industriels.

Ce document préliminaire propose un retour d’expérience de QO-100 (section 2), précise les besoins des utilisateurs qu’ils soient radioamateurs ou académiques (section 3). La question de la couverture est ensuite abordée (section 4). Une proposition de solution modulaire, à tiroirs de complexité croissante est discutée à travers les besoins des utilisateurs (section 5). Les questions de la plateforme et du financement sont évoquées (section 6). Une synthèse de la proposition est faite en guise de conclusion (section 6).

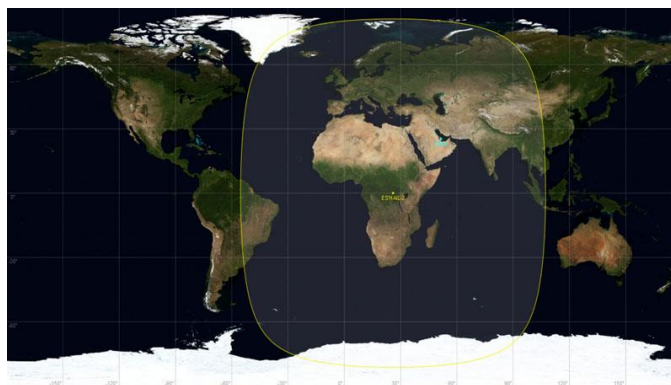
2. Retour d’expérience QO-100

2.1. QO-100 en quelques mots

(Sources : <https://on5vl.org/qo-100/>, <https://amsat-dl.org/en/new-qo-100-band-plan/>, <https://eshail.batc.org.uk/wb/>)

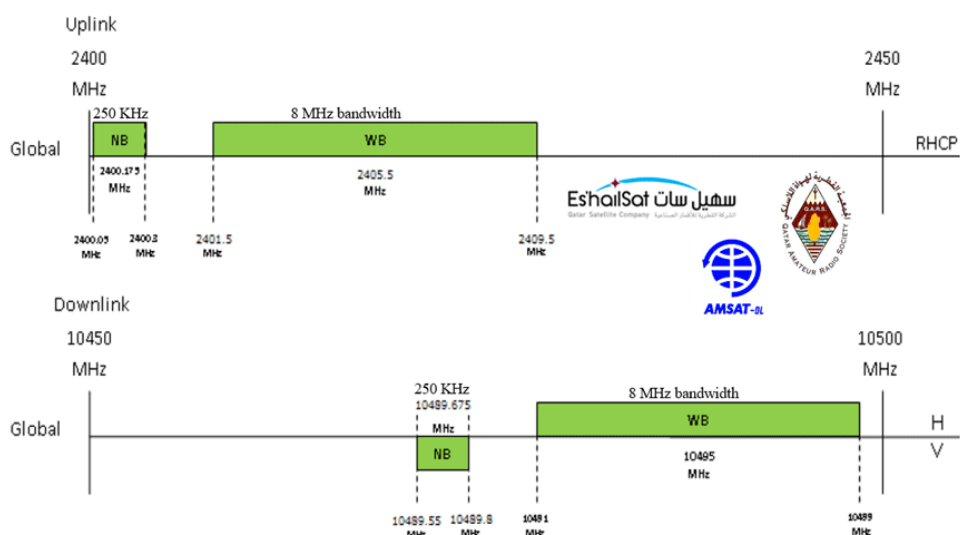
Le segment spatial

Es'hail 2 (ou Qatar-OSCAR 100 ou QO-100) est un satellite Qatari lancé le 15 novembre 2018. Il opère depuis une orbite géostationnaire à 26° de longitude Est et fournit des services de télévision pour le Moyen-Orient et l’Afrique du Nord. Il dispose d’un transpondeur dédié au service radioamateur. QO-100 constitue ainsi le premier satellite radioamateur GEO.



La charge utile radioamateur consiste en :

- deux transpondeurs linéaires adapté de transpondeurs TV commerciaux, un narrow-band de 500kHz et l'autre wide-band de 9MHz.
- pour la réception, une antenne cornet en polarisation circulaire droite en bande S,
- pour l'émission, une antenne cornet à polarisation verticale en bande X avec une puissance crête de 100W.



Xpdr	U/L FREQUENCY (MHz)				D/L FREQUENCY (MHz)				LO	BW
No	Pol	Begin	Center	End	Pol	Begin	Center	End	(MHz)	(MHz)
NB	RHCP	2400.05	2400.175	2400.3	V	10489.55	10489.675	10489.8	8089.5	0.25
WB	RHCP	2401.5	2405.5	2409.5	H	10491	10495	10499	8089.5	8

Le plan de bandes *Narrow Band* du transpondeur de QO-100 s'étend entre 2400,000 MHz (10489,500) et 2400,500 MHz (10490,000) en liaison montante (descendante) et est détaillée sur la figure suivante :

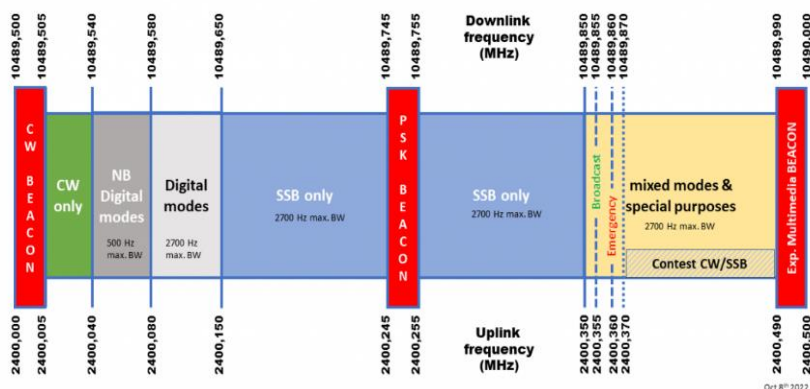


AMSAT QO-100 / P4A NB Transponder Bandplan

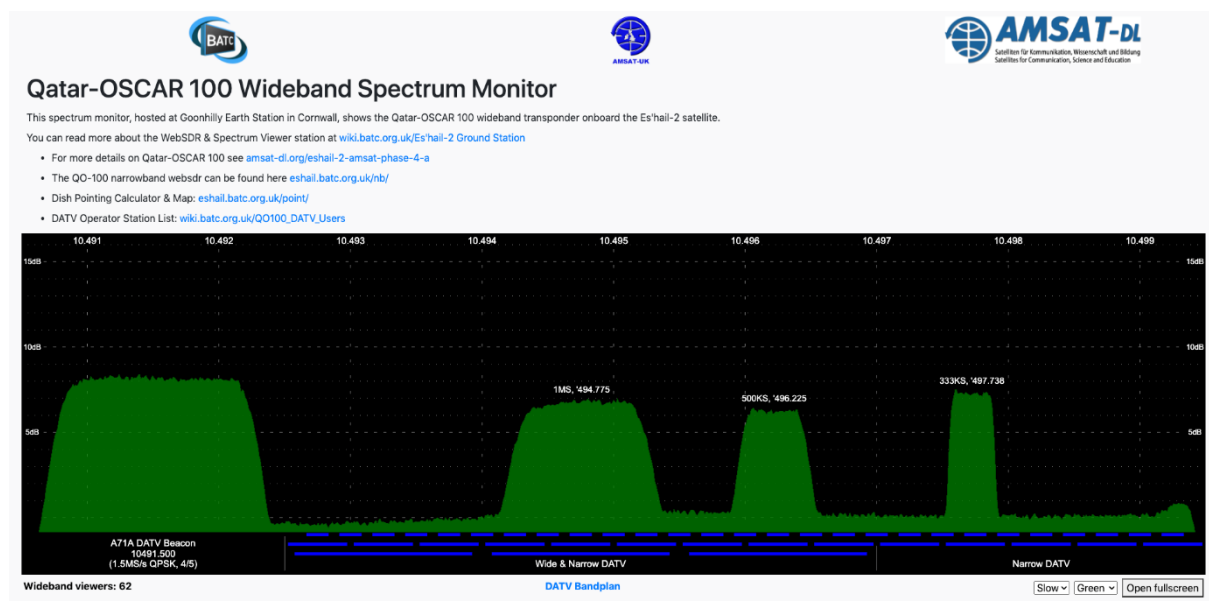


AMSAT-DL
Satelliten für Kommunikation, Wissenschaft und Bildung
Satellites for Communication, Science and Education

EshailSat
شهاب سات



La partie *Wide Band* s'étend de 2401,500 MHz (10491,000) à 2409,500 MHz (10499,000) en liaison montante (descendante). A noter que pour la liaison descendante *Wide Band* la polarisation est verticale.



Les modes possibles sur QO-100 (SSB/CW, FreeDV, RTTY, PSK31, FT8, ROS, FAX, SSTV, KG-STV, Easy-pal, DATV DVB-S2) permettent de faire de la phonie et de la transmission d'images, en numérique et/ou analogique. Trois balises en début, milieu et fin de bande permettent de synchroniser les stations au sol. Le transpondeur dispose d'un canal SSB réservé aux urgences : 2400,360 MHz en montée, 10 489,860 MHz en descente.



Le segment sol

Le segment sol est constitué de 2 sites :

- un premier site à Bochum en Allemagne et dispose d'une antenne de 3m pour la liaison montante, et d'une antenne de 2,5m pour la liaison descendante. Il est géré par l'AMSAT-DL. Il gère les balises et la logique Leila du transpondeur Narrow band.
- un 2eme site est située près de Doha au Qatar au Es'hailSat Satellite Control Center et dispose d'une antenne de 2,4m en bande S pour la liaison montante. Il héberge la balise wide-band.

Les 2 sites se redondent l'un et l'autre.

Le segment sol génère les balises relayées par le transpondeur et fournissent une référence aux utilisateurs. Les systèmes LEILA et LEILA-2 fournissent un indicateur de puissance à ne pas dépasser et monitorent le spectre.

Le segment utilisateur

Les bandes utilisées par le transpondeur QO-100, bande S (2,4 Ghz) en liaison montante, bande X (10 Ghz) en liaison descendante, permettent aux utilisateurs d'adapter facilement du matériel commercial pour trafiquer via QO-100.

Les parties réception et émission sont indépendantes. Il faut distinguer également l'utilisation de la narrow band (phonie et modes numériques) de l'émission en wide band (DATV).

Le matériel nécessaire pour la narrow band est relativement simple ; l'équipement typique consiste :

- en une parabole, d'un LNB PLL, d'un T-Bias, d'une clé RTL-SDR et d'un ordinateur équipé d'un logiciel SDR(très souvent SDR Console, logiciel freeware) pour la partie réception.

- d'un ordinateur, d'un ensemble émetteur générateur des signaux en 2,4 Ghz , d'un amplificateur, d'une antenne hélicoïdale et d'une parabole pour la partie émission.

Tant en réception qu'en émission le matériel utilisé doit être très stable en fréquence ce qui nécessite l'emploi de GPSDO (Oscillateur de référence stabilisé par GPS)

Pour la mise en œuvre, différentes approches sont possibles :

- Diamètre de parabole entre 0,6 et 1,2 m

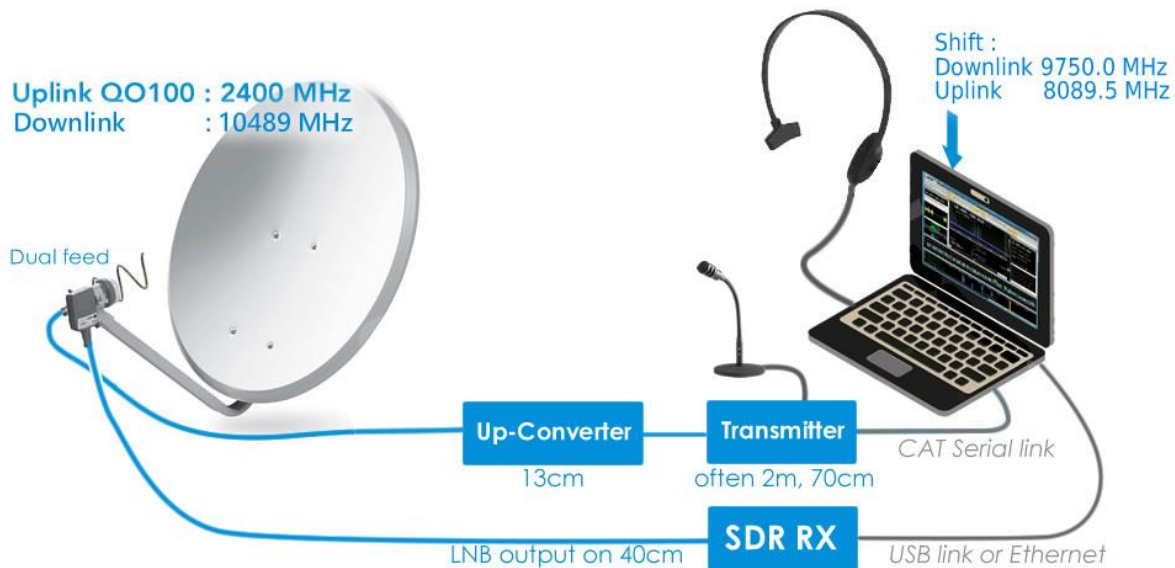
- Coté émission :

- > 1 ère approche : technologie analogique comprenant un transceiver VHF ou UHF suivi d'un mélangeur piloté par un GPSDO + un amplificateur délivrant une puissance entre 3 W et 20 W

- > 2ème solution : technologie numérique à base d'un module SDR, (par exemple Adalm Pluto fabriqué par la société Analog Device. Ce module doit être suivi d'un préamplificateur avant d'attaquer l'amplificateur.

- Antenne : patch (antenne dite Poty), hélice, ...

Une configuration possible de station est détaillée sur le site suivant : <https://www.f5uui.net/control-transceiver-upconvert-with-serial-port-sdr-console-satellite-qo100-es hail2/>



La description ci-dessus concerne l'utilisation de QO-100 en phonie (narrow band). La réalisation est à la portée d'un radioamateur un peu expérimenté. L'émission en DATV (Wide Band) nécessite des moyens plus importants et une compétence technique accrue. L'architecture précédente est la même que pour la partie phonie mais avec des modules adaptés aux spécificités de la DATV. Notamment l'utilisation d'un module de réception de type « Minitioune ». Pour l'émission on a recours à un module Adalm Pluto associé à divers logiciels (OBS,...). La puissance d'émission doit être plus importante (entre 30 et 100W) ; le diamètre de la parabole entre 1 et 1,3m.

2.2. Enseignements tirés de QO-100

Après plus de 5 ans d'utilisation de QO-100, plusieurs enseignements peuvent être tirés :

- Le succès de QO-100 réside dans son accessibilité au plus grand nombre. Cela implique que les opérateurs puissent disposer d'un matériel relativement facile à mettre en œuvre. Le choix d'une liaison montante à 2.4GHz et d'une liaison descendante à 10GHz répond à cette accessibilité en permettant d'adapter le matériel disponible pour les applications commerciales de Wifi et Télévision par satellite.
- La gestion de la complexité est assurée au sol au travers du segment sol avec les stations de Doha et de Bochum qui émettent les balises nécessaires à la bonne calibration de la station des opérateurs et gèrent une partie de la régulation des flux. L'agnosticisme du transpondeur linéaire permet l'utilisation de modes variés dont l'implémentation est assurée par les développements logiciels et matériels effectués par les utilisateurs.
- D'un point de vue technique, la linéarité du transpondeur est cruciale et représente un point de vigilance particulier pour le développement d'une future charge utile.
- D'un point de vue utilisation, il est à noter que :
 - le nombre de canaux *narrow band* est largement suffisant, dans le contexte actuel et compte tenu de la zone couverte, et permet de répondre aux attentes,
 - avec une largeur de bande de 8MHz, la partie *wide band* est rapidement limitée et devrait être élargie (16 MHz ?)



- deux fonctionnalités apparaissent utiles : une alerte lors du dépassement de puissance (type Leïla adaptée DATV) et un système « anti-bavard » pour limiter l'occupation d'un canal de façon permanente en émettant une mire fixe,
- QO 100 est un bon vecteur de communication pour broadcaster des événements de la communauté radioamateur. Cela a notamment été utilisé pour
 - La diffusion de conférences radioamateur (eg RSR Amsat-F)
 - La retransmission de contact ARISS
- QO100 est aussi un vecteur lié à la pédagogie lors de la mise en œuvre de contact entre des écoles de différents pays ou des contacts entre des écoles et des expéditions / stations scientifique.
- Enfin, il est important de rappeler si les spécifications de QO-100 ont été faites par l'AMSAT-DL, la maîtrise d'œuvre a été assurée par Mitsubishi, le financement par le Qatar et que le satellite Es'Hail-2, qui héberge les transpondeurs amateurs QO-100, n'est pas exclusivement dédié aux radioamateurs mais répond à d'autres usages et besoins. Ainsi, toute nouvelle proposition de charge utile doit tenir compte de ces aspects qui apportent contraintes et compromis.

3. Les nouveaux besoins

Pour répondre aux besoins et continuer à mobiliser les radioamateurs, il apparaît pertinent de s'inscrire dans la continuité et de compléter l'offre de QO-100. Notamment, cela passe par la réutilisation du matériel que les radioamateurs ont déjà mis en œuvre. Cette réutilisation permet d'envisager des synergies entre le futur satellite et QO-100 qui doit fonctionner jusqu'en 2034 en connectant plus de monde grâce à une couverture élargie et en imaginant de nouveaux usages.

A travers ce projet, il est identifié le besoin essentiel de s'adresser à la communauté pédagogique, aux élèves et aux étudiants à tout âge. La vocation pédagogique du radioamateurisme doit s'incarner dans la future charge utile pour initier les nouvelles générations à la technique, à la science et à la citoyenneté. Il s'agit de :

- Initier et éveiller les élèves de la primaire au Lycée aux questions scientifiques et techniques à travers l'utilisation dans des projets variés : communication, transmission d'image, mesures scientifiques, conférences, concepts scientifiques, développement de systèmes au sol : cartes, stations, programmes.
- Attirer et former de futurs ingénieurs pour les domaines du spatial et des télécommunications qui manquent cruellement de main d'œuvre (risque de perte de savoir-faire avec les futurs départs en retraite)

La figure suivante, issue du groupe de travail Education-Radioamateur de l'AMSAT-F, illustre tout l'intérêt de la communauté pédagogique pour le spatial. Le rôle des radioamateurs y est clé dans l'initiation et la formation au domaine spatial à travers les communications et autres applications, la logistique du projet et la maîtrise des outils.



Outre les télécommunications, l'observation de la Terre et la météorologie de l'Espace sont des applications qui répondent aux enjeux de société en lien avec le réchauffement climatique et l'occupation croissante de l'espace extra-atmosphérique.

Pour continuer à innover, il est nécessaire que la charge utile proposée ne soit pas seulement un nouveau QO-100 mais soit un défi original pour au moins une partie de la communauté radioamateur comme l'exploration des bandes millimétriques à 24, 47 et 77 GHz, sachant que ces deux dernières bandes comprennent de nombreuses difficultés, ou les communications optiques, sous réserve d'un accord consensus avec l'OACI et les forces armées, encore peu utilisées. Leur exploitation nécessite le développement de solutions à la fois pour les segments spatial et sol. Pour se faire, la communauté radioamateur pourrait s'associer aux universités et aux laboratoires de recherche qui peuvent mobiliser des moyens dédiés. Les programmes de CubeSat démontrent déjà un lien étroit entre universités et radioamateurs à travers les centres spatiaux universitaires qui représentent une portée d'entrée majeure pour les nouveaux radioamateurs.

Les aspects pédagogiques et d'innovation nécessitent de mettre en place des liens avec le monde académique via des interfaces comme ARISS¹, Planète Sciences², les Centres Spatiaux Universitaires³. Des projets comme la liaison entre Crozet⁴ et des classes en métropole via QO-100 illustre tout l'intérêt d'une charge utile radioamateur GEO.

Par sa couverture large, une charge utile en orbite géostationnaire pourrait représenter un outil important pour répondre aux situations d'urgences liées notamment aux événements météorologiques extrêmes et ainsi contribuer au système Cospas-Sarsat et autres systèmes d'alerte.

Au-delà de ces besoins principaux, une charge utile radioamateur en orbite géostationnaire est une chance pour développer le réseau Hamnet (réseau IPv4 amateur isolé d'Internet) en permettant un accès bas débit au réseau Hamnet pour des sites isolés. Ce réseau Internet alternatif représente une opportunité attractive pour élargir la communauté d'utilisateurs.



Avec l'émergence du New Space, les CubeSats radioamateurs, notamment portés par les centres spatiaux universitaires, se sont multipliés. Proposer un relais pour les connexions inter-satellites notamment LEO/GEO permettrait de structurer un réseau de récupération des données. Des interconnexions avec les réseaux AMSAT / SatNogs renforceraient encore l'attrait pour les CubeSats radioamateurs.

¹ <https://www.ariss-f.org/>

² <https://www.planete-sciences.org/national/>

³ <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/les-centres-spatiaux-universitaires-csu-46382>

⁴ <https://crozet2022.r-e-f.org>

4. Quelle longitude pour quelle couverture

Du fait de l'étendue longitudinale des pays membres de l'ESA, de l'Est de l'Europe à l'Ouest du Canada, il n'est pas possible d'avoir une position géostationnaire qui permette de couvrir l'ensemble des citoyens. La longitude du futur satellite doit faire l'objet de discussions et de compromis. Dans leurs propositions l'AMSAT-UK¹ et l'AMSAT-DL² examinent différents scénarios pour l'emplacement du futur satellite. Parmi les autres aspects à prendre en compte, on notera l'intérêt commercial du satellite qui emportera la charge utile radioamateur ; ou la possibilité d'établir un relais sol entre QO-100 et le futur satellite qui permettrait de décaler vers l'Ouest le satellite.

¹ <https://www.amsat.org/wordpress/wp-content/uploads/2023/12/ESA-GEO-proposal-AMSAT-UK.pdf>

² <https://amsat-dl.org/en/the-next-generation-of-a-geo-meo-amateur-radio-payload/>

5. Solution proposée

La solution proposée peut être décomposée en éléments distincts et modulaires qui selon la solution retenue pourront être intégrés en une charge utile unique. Il s'agit d'une solution « à tiroir » où des éléments de complexité supplémentaires peuvent être considérés selon les contraintes et le financement.

5.1. Charge utile principale

L'élément principal de la charge utile consiste en un transpondeur linéaire narrow band et un wide band. Il se base sur une solution commerciale comme QO-100. La liaison montante est à 2.4GHz et la liaison descendante à 10GHz. Ses principales caractéristiques sont la fiabilité et la linéarité.

Cet élément a pour objectif principal de fournir un outil versatile au plus grand nombre de radioamateurs (réutilisation du matériel). Le transpondeur est agnostique quant à l'utilisation et doit permettre des innovations d'usages comme le développement d'Hamnet en utilisant le protocole NPR-VSAT.

Un deuxième objectif est d'établir une liaison avec QO-100 via une station sol sur un canal dédié (mode et largeur de bande à définir). Celle-ci retransmettrait sur un canal dédié les communications des deux satellites pour tendre vers une couverture planétaire globale.

Une attention particulière doit être apportée à la fiabilité et à la linéarité.

Plusieurs niveaux de complexité peuvent être envisagés :

- Au niveau 0, une antenne à faisceau large est utilisée pour éclairer toute la surface



- Au niveau 1, des antennes directives peuvent être considérées pour améliorer le bilan de liaison dans les zones habitées.

5.2. Prise en compte de la dimension pédagogique

Dans le cadre d'activité avec les écoles, la diffusion d'image est très attractif et permet d'intéresser les élèves. Ainsi, une caméra à haute résolution diffusant des images de la Terre sur un canal dédié (en SSTV, DATV, ...) peut répondre à cette dimension pédagogique. Plusieurs niveaux de complexité peuvent être imaginés.

- Au niveau 0, le transpondeur retransmet des images envoyées depuis les stations sol.
- Au niveau 1, une caméra est embarquée.

Les objectifs pédagogiques sont multiples :

- réception/décodage d'un signal analogique (voire numérique ?)
- initier à la météorologie et à l'étude du climat

Retour d'expérience pédagogique : le projet Crozet

En 2022, à l'instar des liaisons écoles – station spatiale internationale (ISS), les Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF) et le Réseau des Émetteurs Français (REF association française regroupant les radioamateurs) proposent à des établissements scolaires (école, collège, lycée, université, ...) d'entrer en contact, via une liaison satellite QO100, avec les scientifiques basés dans l'archipel de Crozet, situé dans le sud de l'océan indien.

Les écoles intéressées, en association avec des radioamateurs, devaient déposer un dossier décrivant l'activité pédagogique envisagée dans le cadre du projet. Une sélection effectuée par l'AMSAT Francophone, en novembre 2022, a retenu seize établissements scolaires.

A titre d'exemple, le radio-club de Lyon F8KLY a permis aux élèves de trois établissements scolaires de la région lyonnaise de participer à ce projet. Les écoles concernées étaient : le lycée René Descartes de Saint Genis Laval (3 classes de secondes), le collège Saint Thomas d'Aquin de Mormant (2 classes de 6^{ème}) et l'école primaire Marie Curie d'Oullins (classe CM1-CM2).

L'expérience a passionné élèves et enseignants : <https://f8kly.fr/crozet/>

Dans le contexte décrit précédemment, ce sont plus de 120 élèves qui ont participé au projet Crozet 2023 via QO100.

5.3. Prise en compte de la dimension innovation

Pour cette composante de la charge utile, il s'agit de développer une solution qui permette l'utilisation des bandes millimétriques à 24, 47 et/ou 77 GHz. L'expérimentation est au cœur de la communauté radioamateur, dans le cas des bandes millimétriques quelques passionnés et experts de la communauté les maîtrisent. Pour accélérer la montée en compétence des radioamateurs et l'évolution des connaissances, une collaboration avec les universités pourrait être une réelle opportunité.

Alternativement, les communications optiques connaissent actuellement un engouement important. Une proposition peut être faite dans ce sens.



Le module développé doit prendre en compte les segments sol et utilisateur. Côté sol, des mixers commerciaux existent pour monter en fréquence

En tant que démonstrateur technologique, son fonctionnement doit rester simple, la difficulté réside dans le défi technique/technologique.

Remarque

Nous avons conscience de la difficulté impliquée par la montée en fréquence. Le matériel est difficilement disponible et/ou coûteux. Cela est particulièrement vrai pour la partie émission où les radioamateurs devraient s'équiper ou développer du matériel spécifique pour contrôler que la chaîne d'émission réponde bien à la réglementation.

Une approche plus accessible serait de considérer uniquement la réception sol.

5.4. Science participative

De part sa position géostationnaire, la charge utile est idéale pour collecter et transmettre au sol les informations issues des capteurs IoT.

Les objectifs sont à la fois pédagogiques et expérimentaux.

La difficulté réside dans le faible bilan de liaison pour des dispositifs au sol dont la puissance est limitée. Une première estimation du bilan de liaison en considérant une antenne patch à 2.4 GHz au sol permet d'envisager des débits de 100bits/s.

Alternativement, une solution de type LoRa à 433 MHz développée pour des CubeSat en orbite basse et testée sur ballon stratosphérique peut être envisagée.

RF budget with properties

Elements: [1x4 rf.internal.rfbudget.Element]	
InputFrequency	2400000000.0 Hz
AvailableInputPower	30.0 dBm
SignalBandwidth	2500.0 Hz
Solver	Friis

Analysis Results

	gain=4.00dB  Patch Antenna	d=38614550.50m gain=191.79dB NF=191.79dB  FPSL	gain=-1.00dB NF=1.00dB  Atmospheric loss	gain=-5.00dB NF=2.50dB  RxSatAnt
ThermalNoise: (dBm)	-136.99			
OutputFrequency: (Hz)	2400000000.00	2400000000.00	2400000000.00	2400000000.00
OutputPower: (dBm)	34.00	-157.79	-158.79	-153.79
TransducerGain: (dB)	4.00	-187.79	-188.79	-183.79
Noisefigure: (dB)	0.00	187.79	188.79	191.29
SNR: (dB)	166.99	-20.80	-21.80	-24.30
ChannelCapacity: (bps)	138680.14	29.86	23.74	13.37

5.5. Gestion des catastrophes et des alertes

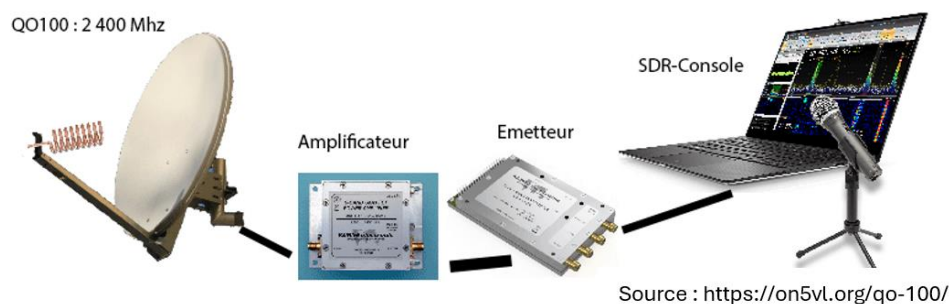
Pour contribuer à la résilience des systèmes de télécommunications et répondre aux besoins en situation de catastrophes, la charge utile devra disposer de canaux dédiés pour les urgences. Le système pourra s'appuyer également sur la partie IoT de la charge utile. Réserve d'une bande pour les urgences comme QO-100 en phonie. Grâce à la souplesse du transpondeur linéaire, tous modes de modulations et de codages actuels et futurs des services de secours pourront être utilisés, avec des débits approchant le Mb/s. Ce qui facilitera son déploiement.

5.6. Segment sol

Deux parties sont à distinguer au niveau du segment sol : la partie commande contrôle et la partie utilisateur. Le modèle du segment sol reprend celui du QO-100.

Pour la partie commande contrôle, la première station serait installée en Europe, la deuxième au Canada (Québec ?) ou en Amérique du Sud (Guyane ?). La station en Europe serait la station principale, la station hors-Europe assurerait une délégation de certaines fonctions (TBD) et la redondance de la première en cas de défaut.

Pour le segment utilisateur, étant donné que la charge utile principale consisterait en un transpondeur linéaire similaire à QO-100 et fonctionnant sur les mêmes bandes, les chaînes de réception et d'émission présentent le même schéma tel que représentée sur la figure suivante (RX en haut, TX en bas).



Concernant les autres modules envisagés, les développements à faire pour le segment utilisateur sont encore à définir.

6. Plateforme et financement

Dans l'appel à projet, la charge utile radioamateur est une charge utile secondaire d'un système plus important comme un satellite de télécommunication pour QO-100. Celle-ci devra donc aux cahiers des charges de la plateforme utilisée.

Plusieurs pistes de financement sont envisagées :

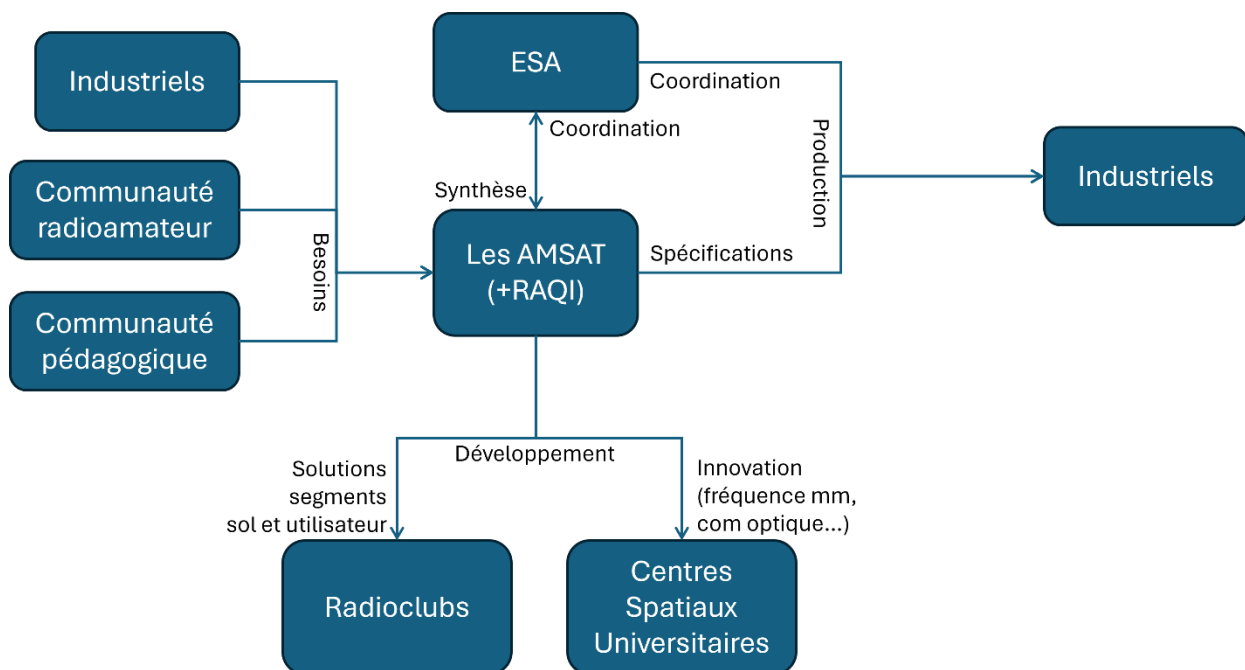
- partenariat industriel
- financement public (France 2030 pour la partie innovation...)
- appel à du mécénat
- les assureurs pour la gestion du risque
- fonds européens

7. Organisation projet

Pour mener à bien le projet, nous proposons l'organisation suivante :

- L'ESA assure la coordination des principaux acteurs de la conception et de la production
- Les AMSAT (+RAQI) assurent la conception de la charge utile à travers la remontée des besoins, leur synthèse, dans leur spécification et le développement de solutions innovantes.
- Les communautés radioamateur et pédagogique et les industriels définissent leurs besoins
- Les radioclubs et les radioamateurs assurent le développement des solutions matérielles et logicielles des segments utilisateur et sol.
- Les Centres Spatiaux Universitaires avec des radioamateurs souhaitant monter en compétence, sont en charge du développement de la partie innovante de la charge utile à travers leurs liens privilégiés avec les laboratoires et les universités et écoles d'ingénieurs.
- Les industriels assurent la réalisation du modèle de vol de la charge utile.

La figure suivante illustre l'organisation proposée :





8. Conclusion

Geoscar est la proposition de charge utile radioamateur de l'AMSAT-F (+RAQI ?). Elle consiste en une solution « à tiroirs » pour répondre aux besoins des radioamateurs, pédagogiques et d'innovations. La solution repose sur élément principal qui est un transpondeur linéaire adapté du commerce avec une liaison montante à 2.4GHz et une liaison descendante à 10GHz comme QO-100. Des modules spécifiques comme une caméra à haute résolution pour les aspects pédagogiques, une carte pour les bandes millimétriques (ou com optique) pour la partie innovation technologique. La charge utile pourra aussi répondre à des innovations d'usage (Hamnet, IoT) et contribuer à la science participative. Enfin, la charge utile devra répondre aux besoins liés à la gestion des catastrophes et des alertes.