



P3E : Expérimentations en hyperfréquences

P3E, le futur satellite de l'AMSAT-DL, nous promet une foule de possibilités expérimentales. A l'instar de P3D (AO-40), P3E embarquera des transpondeurs offrant des voies de montées et de descentes occupant toutes les bandes du spectre amateur des VHF jusqu'au 47GHz.

Matthieu CABELLIC F4BUC (f4buc@orange.fr)

Nous nous intéressons plus particulièrement dans cet article à l'aspect expérimentation hyperfréquences dans les bandes centimétriques et millimétriques qu'offrira P3E.

Description de P3E

Voici rapidement quelques éléments descriptifs généraux de P3E. Nous aurons bien sur l'occasion d'y revenir plus en détail dans de futurs JAF/LAF.

P3E est actuellement en cours de réalisation sous la direction de l'AMSAT-DL avec une équipe internationale, en particulier en coopération avec des groupes venant de Finlande, de Belgique, des Pays-Bas, de république Tchèque, de Hongrie, de l'AMSAT NA (USA/Canada) et de l'AMSAT UK (Grande Bretagne). La structure mécanique du satellite est presque terminée et l'intégration de ses modules électroniques a commencé. Une phase intensive de tests est prévue au printemps 2007. La rapidité de la conception pour un satellite aussi complexe lui donne le surnom de « P3-Express ».

La forme de sa structure sera la même que celle de AO-10 et AO-13, c'est à dire en forme d'étoile à trois branches. Les dimensions sont de 130 cm de diamètre, 45 cm de haut pour une masse de 150 kg. P3E sera équipé, comme AO-40, de son propre réacteur qui lui permettra d'atteindre son orbite définitive.

Cette orbite sera fortement elliptique avec une inclinaison de 64 degrés. Avec une apogée d'au moins 35.000 km, il permettra de réaliser des contacts de plusieurs heures sur des distances allant jusqu'à

sans qu'il soit nécessaire de réajuster l'antenne en permanence. De même l'effet Doppler sera réduit au minimum et donc rendra exploitables les bandes de fréquences hyper comme le 10GHz, le 24 et le 47 GHz.

Transpondeurs

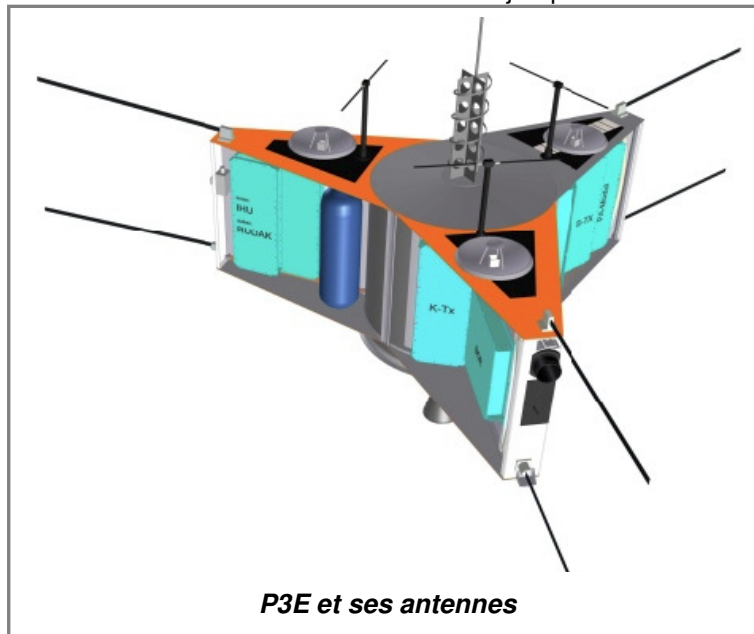
Nous nous intéressons ici aux transpondeurs analogiques. Dans de prochains numéros du JAF nous reviendrons plus en détail sur toute la charge utile comportant notamment des modes digitaux et configurables, le mode cohérent P5A, l'utilisation des turbo codes etc...

P3E embarque dans sa charge utile plusieurs transpondeurs et balises associées, avec des largeurs de bandes allant de 50 à 200 kHz. Avec ses transpondeurs sur les bandes VHF, UHF et hyperfréquences, P3E s'inscrit dans la lignée de ses

prédécesseurs AO-10 (P3B), AO-13 (P3C) et AO-40 (P3D).

Voies de descente: 145 MHz, 2400 MHz, 10,45 GHz, 24 GHz, 47 GHz.

Voies de montée: 435 MHz, 1268 MHz, 2450 MHz, 5,67 GHz.



P3E et ses antennes

18.000 km sur le globe terrestre. Ainsi, comme tout satellite de phase III il présentera, par rapport à des satellites moins éloignés de la terre, de nombreux avantages. De par son déplacement lent dans le ciel à l'apogée, il permettra des contacts stables

Bandes	Voies
29 MHz (A)	Montée
29.500 MHz	+/- 5kHz (multi-mode, bas débit)
145 MHz (V)	Descente
145.845 - 145.945 MHz	linéaire
435 MHz (U)	Montée
436.050 - 436.120 MHz	linéaire
1268 MHz (L1)	Montée
1268.600 - 1268.750 MHz	linéaire
1260 MHz (L2)	Montée
1260.100 - 1260.250 MHz	linéaire
2400 MHz (S)	Descente
2400.275 - 2400.425 MHz	linéaire
5668 MHz (C)	Montée
5668.600 MHz	+/-25kHz linéaire
24 GHz (K)	Descente
24048.300 MHz	+/- 25kHz linéaire
47 GHz (R)	Descente
47088.300 MHz	+/-25kHz linéaire
P5A : 2447 MHz Montée (S) - 10490 MHz Descente (X)	
mode transpondeur linéaire 50 kHz	

Fréquences prévues de P3E (sous réserve de l'annonce définitive).



Prototype d'antenne 10GHz (diamètre 15cm)

L'organisation des bandes hypers allouées au service amateur par satellite est gérée par l'IARU. Voici les sous bandes hyper correspondantes:

Bande L : 1260 à 1270 MHz

Bande S : 2400 à 2450 MHz

Bande C : 5650 à 5670 MHz

Bande X : 10450 à 10500 MHz

Bande K : 47000 à 47200 MHz

Les puissances maximales prévues sont les suivantes:

10 GHz : 5-10 mW pour le mode P5A

24 GHz : quelques W

47 GHz : 1W

Les antennes hypers sont disposées sur chaque bras du satellite. Ce sont des paraboles prime-focus, une pour le 10 GHz, une pour le 24 GHz, une pour le 47GHz et le 5,7 GHz.

Avec en plus les autres antennes pour les bandes V, U, L et S, Cela représente beaucoup d'aériens à disposer sur le satellite ! Le groupement d'antennes de P3E sera donc très dense vu les dimensions réduites de sa structure.

Expérimentations possibles en hyper

Communications par les transpondeurs

Les deux descentes en bande X de AO-40 ne fonctionnaient pas, du coup le mode transpondeur le plus populaire était le mode U/S et L/S. La descente 24GHz était aussi utilisée mais par très peu de radioamateurs. Ainsi la bande 10GHz n'a jamais encore été expérimentée en communication spatiale amateur.

P3E va donc permettre à de nombreux radioamateurs de débiter dans le domaine hyperfréquence, domaine vaste et riche en investigations techniques.

Expérience P5A

La combinaison de la voie de montée en bande S et de la voie de descente en bande X a une signification particulière puisqu'elle correspond au transpondeur expérimental prévu pour P5A.

P3E servira donc de plateforme d'essai pour P5A à des fins de simulation et de tests reproduisant ce que doit représenter dans la réalité une transmission interplanétaire Terre – Mars sur ces bandes de fréquences.

Ce transpondeur pourra être opéré en mode linéaire, avec une bande passante de 25 à 50 kHz.

L'effet d'éloignement de la mission Martienne sera simulé en réduisant la puissance d'émission de l'émetteur bande X à quelques mW et en utilisant une antenne de faible gain au lieu des 50W et de la parabole de 2 mètres prévue sur P5A. Rappelons que Mars est distant de la Terre de 70 à 325 Millions de Km ! Ainsi par rapport à un satellite de phase 3 en orbite autour de la Terre, le signal se trouve au pire réduit de 80 dB sur la voie descendante 10GHz et de 70dB sur la voie montante 2.4GHz.

Nous mesurons donc bien le challenge technique !

Les fréquences (sous réserve des définitives) devraient être les suivantes :

- Montée: 2,447 GHz
- Descente : 10,490 GHz

La sortie de l'émetteur bande X sera soit commutée sur une antenne omnidirectionnelle, soit sur une parabole de 15cm de diamètre.

Nous voyons le vif intérêt que suscitera l'utilisation de ce transpondeur de P3E. Si vous êtes capable d'exploiter le transpondeur en mode P5A (faible puissance) alors vous êtes prêts aux futures communications interplanétaires avec Mars !!

Equipement nécessaire

Les radioamateurs déjà équipés en hyperfréquences (en fixe ou en portable) pour le DX terrestre pourront utiliser leur station mais à la condition de réaliser des modifications de leur équipement :

- Pouvoir orienter les antennes en élévation

- Ré-aligner les transverters ou fabriquer un deuxième oscillateur local pour passer des fréquences terrestres aux fréquences spatiales. L'écart est appréciable et dans certains cas il faut changer l'oscillateur local pour conserver la même fréquence FI, voir ré-aligner le transverter à cause de l'atténuation liée à la sélectivité des filtres RF. Exemple pour le 10 GHz : segment terrestre 10,368 GHz, segment spatial : 10,450 GHz soit une différence de 82 MHz. Avec une FI initiale de 144 MHz cela l'amènerait à 226 MHz. Les bandes qui concordent bien sont les bandes 24 et 47GHz. Le tableau suivant montre les écarts sur les diverses bandes hyper.

Bande trafic terrestre	Bande satellite
5760 MHz	5668 MHz
10368 MHz	10450 MHz
24.048-192 MHz	24048 MHz
47088 MHz	47088 MHz

Il sera peut-être aussi plus commode d'utiliser des paraboles de plus petits diamètre, vu le bilan de liaison et le tracking nécessaire pour le pointage.

Vu que les bandes 10GHz, 24 et 47 GHz sont des voies de descente, la solution la meilleure pour s'équiper est de construire ou acheter un convertisseur en réception seulement sur ces bandes. Cela reviendra bien moins cher qu'un transverter complet (car c'est la partie TX qui coûte cher). De même pour les voies de montées sur 1,2 GHz, 2,4GHz et 5,7 GHz un convertisseur en émission seulement suffit.

Il est encore tôt pour s'avancer sur des chiffres précis de performances d'une station sol (G/T, précision de tracking etc..) puisque les données techniques des transpondeurs de P3E ne sont pas encore entièrement publiées.

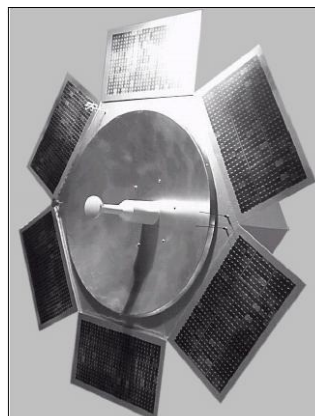
Liens/références

AMSAT-Deutschland:
<http://www.amsat-dl.org/>

GO-Mars P5A-Mission :
<http://www.go-mars.org/>



Le logo de P3E



La maquette de P5A