

LES RADIOAMATEURS

ET L'AVENTURE SPATIALE...

par: Michel Vonlanthen HB9AFD

En 1980, le plongeon de la fusée Ariane a transformé le plus perfectionné de nos satellites en "détecteur de vase..." et a vraiment été catastrophique pour nous. Pour les utilisateurs, ce n'est pas encore trop grave mais pour les constructeurs!... Des années-hommes de travail pris sur le temps-libre (donc pris sur le repos), 300'000 dollars pris sur l'argent consacré aux loisirs, de l'ingéniosité, de la patience...et des relations bien placées pour nous trouver une fusée de lancement...bref, l'Aventure continue mais avec quand-même un arrière-goût d'amertume.

Et c'est reparti avec

OSCAR 9

Lancé le 6 octobre 1981 de la base de Vandenberg en Californie au moyen d'une fusée Delta 2310, le satellite construit en grande partie en Angleterre (University of Surrey) tourne maintenant autour de la Terre et nous pouvons suivre chaque jour sur nos récepteurs son doux babil. Son orbite est basse, ses signaux sont donc très forts et confortables. Contrairement à Oscar 7 et 8, Oscar 9 (appelé DOSAT avant le lancement) ne contient pas de répéteur radio. Cela signifie qu'il ne peut pas servir de relais radio. Ses buts sont exclusivement scientifiques, une grande variété d'expériences ayant été préparées. Il a été construit en un temps record par une équipe gravitant autour des radioamateurs travaillant à l'université de Surrey, en Angleterre. Je pense qu'il est intéressant d'entrer, pour une fois, dans le détail de cette réalisation afin de montrer comment il est possible que le monde des radioamateurs participe à l'aventure spatiale, d'autant plus que certaines parties ont été réalisées par des amis de la région genevoise.

La construction

- le système d'alimentation (Allemagne) est constitué par une batterie Ni-Cad de 14V/6AH chargée par 4 groupes de cellules solaires de 408 (2 x 2cm) cellules. Les tensions dérivées sont du +10V, -10V et +5V. La puissance totale à disposition est de 10Watts avec un rendement général de 87%!
- La télécommande (Angleterre) se fait par 66 instructions selon deux modes:
 - mode direct, par la station de commande au sol.
 - mode indirect, par le programme stocké dans la mémoire du satellite, chargé par la station de commande au sol.

Dans tous les cas, le mode direct a la priorité sur le mode indirect.

- La télémétrie (Angleterre): 60 canaux analogiques et 45 status digitaux sont transmis par les balises radio. Les modes de transmission sélectionnables sont les suivants:

ASCII 1200, 600, 300, 110 ou 75 Bauds

BAUDOT 45,45 Bauds

morse 10 ou 20 mots/minute (selon les canaux 0 à 9)

vocal synthétiseur "Digitaliser"

sortie sur 145,825 ou 435,025 MHz (puissance environ 0,5W) en modulation de fréquence (1200/2400 Hz synchrone).

- Le magnétomètre de navigation (USA): Utilisé pour la stabilisation du satellite car sa position relative à la Terre ne doit pas varier à cause de la caméra tv. La précision estimée est de 2 degrés. La correction d'attitude est faite par 2 "magnetorquers", sortes d'électro-aimants, ainsi que par une grande perche déployée après stabilisation et qui sert en même temps d'antenne HF.

- Les ordinateurs de bord (Angleterre, USA, soft: Allemagne): Il y a 2 micro-ordinateurs de bord très puissants qui contrôlent les expériences, la télé-métrie, la télécommande et permettent:

- la télémétrie de surveillance et la télécommande
- l'acquisition et le traitement des expériences embarquées
- la diffusion des données orbitales, les dates des expérimentations et les nouvelles générales de l'engin
- le contrôle de la position du satellite à l'aide des magnetorquers

L'ordinateur principal est un 1802 c-mos de RCA auquel sont connectés 2 ports 8 bits parallèles, 2 ports série et 16k byte de ram avec accès possible aux 32k de la mémoire vidéo. Les ports parallèles servent à l'interface avec la télé-métrie/télécommande des fonctions, le compteur de radiations, les magnétomètres et le synthétiseur vocal. Tout ceci permet une grande vitesse de transmission des données. Les deux ports série procurent deux voies redondantes de transmission de données et peuvent générer une grande quantité de formats de données et de vitesses pour les balises radio. Il est prévu que ce microordinateur utilise ultérieurement le software high level spécialement développé pour les satellites amateur par le Dr Karl Meinzer DJ4ZC et appelé "IPS" ce qui permettra son évaluation live en vue de son embarquement à bord des Oscars de la phase 3 (satellites de télécommunication très perfectionnés).

L'ordinateur secondaire est un Ferranti F100L configuré en système minimum pour interfacer en série la télé-métrie et la télécommande. La connection est donc moins directe qu'avec le 1802 mais permet quand-même l'accès au système. Ce microprocesseur 16 bits a 2 ports I/O série et 32k byte de ram c-mos statiques. Les programmes et les données pour les 2 ordinateurs sont chargés via les links radio par les stations au sol ce qui procure une grande flexibilité pour modifier les expériences et pour corriger les éventuelles déficiences hard.

- Les balises HF (Angleterre): Sue 7,050 - 14,002 - 21,002 - 29,510 MHz en phase. Puissance 100 mW sur l'antenne dipôle ce qui devrait donner de forts signaux au sol. Le même synthétiseur pilote les 4 fréquences qui sont modulables par tout ou rien (on-off keying).

- Les détecteurs de radiation (Angleterre) Ils sont constitués par deux détecteurs Geiger-Müller type LND qui mesurent le flux intégré des électrons supérieur au seuil de 20 et 40 keV. Les tubes ont une fenêtre mica très fine de 0,35 mg/cm² et 1,75 mg/cm² et sont remplis de néon mélangé à une petite quantité d'halogène pour "calmer" la réaction. En plus de la détection des électrons, ces tubes détectent les protons d'une énergie environ 20 fois supérieure.

- Les magnétomètres d'expérience (USA) Prévus pour la détection 3 axes des orages géomagnétiques terrestres en vue d'étudier les perturbations radio y relatives ainsi que pour mesurer et cartographier le champ magnétique de la Terre. La base dynamique de la mesure est de ± 8000 nT digitalisé en 12 bits. Etant donné que la force du champ magnétique est aproximativement de 30'000 nT à l'équateur et 60'000 aux pôles, les échelles de mesure peuvent être augmentées jusqu'à 64'000 nT en 16 pas. La résolution est de 2 nT.
- La caméra embarquée (Angleterre) Du type solide à ccd de 256 x 256 pixels de 16 niveaux de gris chacun (GEC MA 357) et couvre un carré de 500 x 500 km environ. Le temps d'intégration des ccd est commutable depuis le sol et va de 4 à 16 ms. La réponse spectrale se situe dans le visible/rouge et devrait donc permettre une bonne pénétration de l'atmosphère. Chacun des 256 pixels de chaque ligne est digitalisé en nibbles de 4 bits et transmis séquentiellement, précédé, en chaque début de ligne, d'un mot de synchronisation de 32 bits. Une image complète est donc transmise en 3,5 minutes (afsk 1200/2400 Hz synchrones, 1200 Bauds). La dynamique est de 35 dB. Chaque image est stockée en ram avant d'être transmise.
- Le synthétiseur vocal (Angleterre) C'est le "Digitalker" de National et comprend donc un vocabulaire de 120 mots avec l'accent américain (!). Il est contrôlé par le computer principal via un port parallèle haute-vitesse de 14 bits.
- Balise SHF (Microwaves Modules, UK) Elle envoie un signal sur 2,401 GHz, modulé en nbfm (10 kHz de swing) en parallèle avec la balise VHF. Sa puissance est de 125 mW. L'atténuation de trajet est estimée à 154,5 dB si bien qu'un disque parabolique de 60cm (20 dB), un mélangeur à diode de 10 dB de rapport S/B, suivi d'une moyenne fréquence asservie en fréquence et de 10 kHz de bande passante devrait permettre la réception de cette balise avec un rapport signal/bruit de 14 dB.
- Balise microondes (Plessey Research, UK) Fréquence 10,47 GHz, 125 mW out, non modulé. L'atténuation de trajet est cette fois de 167,3 dB si bien qu'un rapport s/b de 14 dB devrait être obtenu avec la tête mélangeuse "Gunnplexer" bien connue, un disk de 60 cm de diamètre et moyenne fréquence identique que pour le récepteur 2,4 GHz. Mais attention au pointage de l'antenne !...

AMSAT	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000
AMSAT	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000
00000	01000	02000	03000	04000	05000	06000	07000	08000	09000
10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	19000
20000	21000	22000	23000	24000	25000	26000	27000	28000	29000
30000	31000	32000	33000	34000	35000	36000	37000	38000	39000
40000	41000	42000	43000	44000	45000	46000	47000	48000	49000
50000	51000	52000	53000	54000	55000	56000	57000	58000	59000

format de la télémétrie montrant les 60 canaux transmis

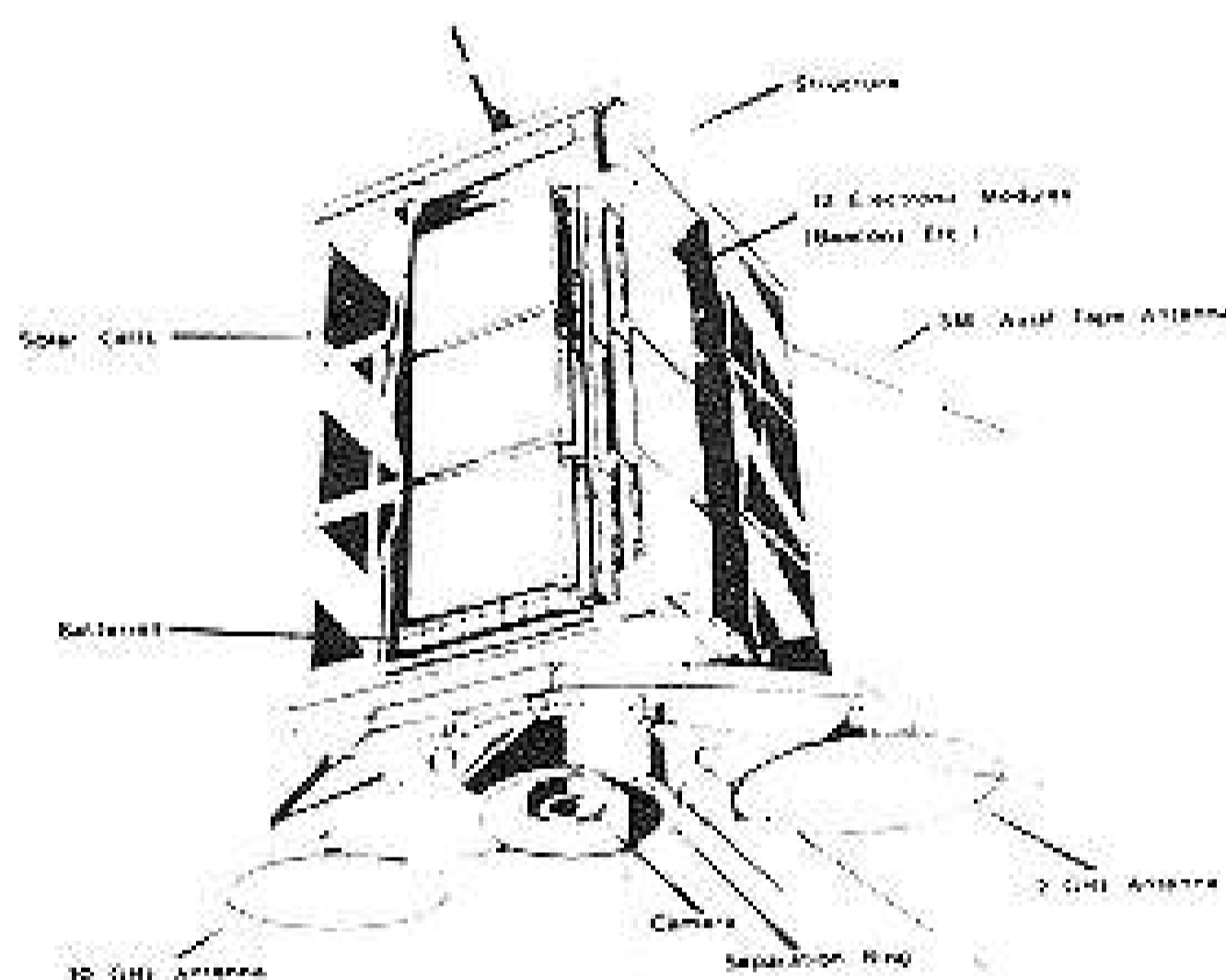
LES CARACTERISTIQUES DE L'ORBITE

Prafaitement lancé le 6 octobre 1981 à 11h27'00,7'' soit 700 ms de l'heure prévue (!), j'ai moi-même pu recevoir Oscar 9 à 15h06, heure suisse. Les

signaux étaient très forts mais affectés d'une rotation de polarisation rapide de ce qui indiquait que le satellite tournait rapidement sur lui-même. D'autre part, la porteuse n'était pas modulée. La station de commande au sol de Guilford (University of Surrey) eut quelques "red flags" en constatant une malfonction de la télécommande. Après essais, la télémétrie put enfin être déclenchée mais seulement en 300 Bauds et indiquait que la température de l'engin oscillait entre -5 et -30 degrés C ce qui était très inférieur à la valeur prévue. Au fil des jours, la température est lentement remontée, redonnant vie aux fonctions bloquées à cause du froid. Peu après, AMSAT-UK (Amateur Satellite United Kingdom, groupement de radioamateurs Anglais maître d'oeuvre pour cet engin) annonçait avoir la situation bien en mains. ouf!

Mesures officiels du gouvernement US:

objet 1981-100B (UOSAT OSCAR 9)
 période: 1.59133213 heure décimale
 décalage: 23.86563 degrés ouest
 périégée: 533 km
 apogée: 536 km
 orbite de référence:
 22.10.81/orbite 326
 cl:30:31/ 156.0 degrés



A diagram of UoSAT hardware placement.

Le programme ci-après permet de connaître les heures de croisement du satellite avec l'équateur et la longitude ce qui permet de savoir quand et dans quelle direction le recevoir depuis la Suisse. Il comprend les données les plus exactes mesurées jusqu'ici et ses résultats sont encore suffisamment précis 2 semaines après l'orbite de référence (peut-être plus mais il faut laisser encore le temps passer ! pour le savoir)

LE PROGRAMME

Il tourne sur un microordinateur ATOM (Acorn Ltd, Cambridge, G-B) dont le basic comporte quelques singularités:

- toutes les variables en virgule flottante sont précédées du signe "%" et les statements les concernant comportent un "F" ex: FPRINT, FIF, etc...
- le "à" de la ligne 630 correspond en fait à un "@" et définit le champ d'affichage des nombres donc permet de supprimer un certain nombre de décimales.
- les apostrophes sont les sauts de ligne car ils ne sont pas implicites.
- les labels des sous-routines (ex: 1010aZT=...) accélèrent le programme.
- Nous sommes plusieurs dans la région à posséder cet ATOM et avons formé un

groupe de travail amateur appelé S.A.C SWISS ATOM CLUB dont l'adresse est:
 HB9BBN, S.A.C., case 94, 1015 Lausanne.

LES CONSTRUCTEURS (participants de notre région)

Tous trois membres du radio-club du CERN:

- Jaap Den Herder, F6FYI et Dirk Bakker, FOAAL ont dessiné et réalisé le circuit-imprimé de l'ordinateur principal.
- M. Favereau F6GIK a usiné le boîtier du magnétomètre et les cornières de fixation des antennes/boulons expulsifs.

Du très beau travail...

Michel Vonlanthen HB9AFO

Sources:

- ORBIT march/april 81 (Magazine de l'AMSAT)
- AMSAT SATELLITE REPORT du 19 oct 81
- UOSAT SPACECRAFT TECHNICAL DATA SUMMARY FLIGHT CONFIGURATION (publié en août 81)

 ! CALCUL DES ORBITES D'OSCAR 9*

NOM OSCAR 9
 VERSION 1.1
 DATE 1.11.81
 PAR M. VONLANTHEN
 HB9AFO

POUR CONTINUER: CR?
 ORBITE DE REFERENCE

EQX TIME (EX:0.11) 20.11
 EQX: (EX:135)?135
 NUMERO DE L'ORBITE (EX:476)?447676
 DATE:
 JOUR(EX:11)?
 MOIS(EX:11)?11
 AN (EX:81)?81

1.11.81
 ORBITE EQX TIME EQX
 476 0.11 135 REF
 477 1.46 158
 478 3.21 182
 479 4.57 206
 483 11.19 302
 484 12.54 325
 485 14.30 349
 486 16.5 13

SUITE:CR,ARRET:N CR -----?

2.11.81
 ORBITE EQX TIME EQX
 491 0.3 132 REF
 492 1.38 156
 493 3.14 180
 494 4.49 204
 498 11.11 300
 499 12.47 323
 500 14.22 347
 501 15.57 13

SUITE:CR,ARRET:N CR -----?NN

3.11.81
 ORBITE EQX TIME EQX
 507 1.30 154 REF
 508 3.6 178
 509 4.41 202
 514 12.39 321
 515 14.14 345
 516 15.50 9

SUITE:CR,ARRET:N CR -----?N

BON TRAFIC...

```

90 CLEAR 0
95 DIM Z(3)
100 PRINT"*****"
110 PRINT"1 CALCUL DES ORBITES D'OSCAR 9*"
120 PRINT"*****"
130 PRINT"NOM          OSCAR 9"
131 PRINT"VERSION        1.1"
132 PRINT"DATE          1.11.81"
133 PRINT"PAR             M.VONLANTHEN"
134 PRINT"             HB9AFO"
190 INPUT"POUR CONTINUER: CR"Z
210 ZA=1.59133213
230 ZB=23.86563
240 ZC=" ";REM SPACE
250 ZD=4
260 CLEAR 0
300 PRINT"ORBITE DE REFERENCE"
310 PRINT"-----"
320 FINPUT"EQX TIME (EX:0.11) "XC
330 GOSUBa
400 FINPUT"EQX: (EX:135) "XF
410 GOSUBb
500 INPUT"NUMERO DE L'ORBITE (EX:476) "N
550 PRINT"DATE: "
560 INPUT"   JOUR(EX: 1) "J
570 INPUT"   MOIS(EX:11) "M
580 INPUT"   AN   (EX:81) "D
590 PRINT""
600 REM PRINT HEADER
610 CLEAR 0
630 Z=1
645 PRINT J". "N". "D"
660 PRINT"ORBITE"
670 PRINT"   EQX TIME"
680 PRINT"   EQX"
700 REM PRINT LIGNE
710 FIF ZC>=24 GOTO 885
720 REM -ORBITES IMPOSSIBLES
730 FIF ZC<=ZA GOTO 790
740 FIF ZC<=18 GOTO 800
750 FIF ZC<=140 GOTO 850
760 FIF ZC<=210 GOTO 800
770 FIF ZC<=300 GOTO 850
780 FIF ZC<=360 GOTO 800
790 ZC=" REF"
800 PRINT N"
810 Z=2
820 GOSUBc
830 PRINTC". "H"
840 PRINT ZF,ZC'
850 ZC=" ";REM SPACE
860 GOSUBc
870 GOTO 710
885 PRINT"SUITE:CR,ARRET:N CR -----"
887 INPUT ZC
900 IF ZC="N" GOTO 5000
910 ZC=ZC-24
920 J=J+1
930 GOTO 645
990 REM-----
1000 REM TRANSF EN HEURES DEC
1010a XT=ZC
1020 U=XT
1030 ZC=U+((XT-U)*100/60)
1900 RETURN
1990 REM-----
2000 REM TRANSF EN DEGRES DEC
2010b XT=ZF
2020 U=XT
2030 ZF=U+((XT-U)*100/60)
2900 RETURN
2990 REM-----
3000 REM ORBITE SUIVANTE
3010c H=H+1
3020 ZC=ZC+ZA
3030 ZF=ZF+ZB
3040 FIF ZC<=360 RETURN
3050 ZF=ZF-360
3060 RETURN
3990 REM-----
4000 REM 2 CH APRES LA VIRGULE
4010 REM +TRANSF EN HBT
4020d C=ZC
4030 ZM=(ZC-C)*60
4040 M=ZM
4900 RETURN
5000 PRINT""
5010 PRINT"BON TRAFIC..."
5020 END

```