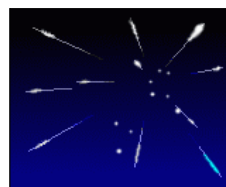




Olympiades de la Physique 2006/2007



Météores et Radioastronomie



Lycée Maurois
14 800 Deauville



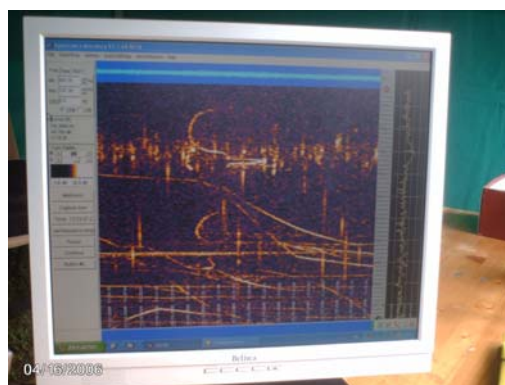
Observatoire Camille Flammarion
à Juvisy sur Orge , dimanche 15 octobre



Ph R.Cavaroz
salle du Conseil , lycée Maurois
mercredi 25 octobre



Ph R.Cavaroz
Récepteur ICPCR100 , Icom - Toulouse

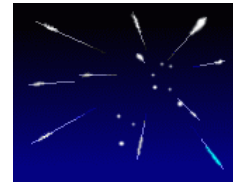


ph R.Cavaroz
premiers résultats



Olympiades de la Physique 2006/2007

1



Météores et Radioastronomie



Lycée Maurois 14800 Deauville



Le mot de l'équipe de pilotage

Ce mémoire est le résultat de la collaboration de quatre lycéens de 1^{ère} S avec des membres de la Société Astronomique de France et le Comité de Liaison Enseignants et Astronomes.

Benjamin et Tom ont obtenu des signaux de météores après avoir réalisé l'antenne tourniquet, suivi un stage de formation et effectué la première mise en station à l'Observatoire Camille Flammarion (SAF) à Juvisy / Orge puis avec Nicolas et Thomas au lycée Maurois de Deauville.

Nous avons aussi cherché une méthode pour mesurer l'ordre de grandeur de la vitesse radiale d'un météore à partir d'un cliché sélectionné.

Jean Louis Rault, Jacques Marie et moi-même, nous sommes particulièrement heureux de voir l'évolution de cette jeune équipe qui, après avoir surmonté certaines difficultés, a su faire partager leur étude avec des publics divers (lycéens, professeurs, parents, le Conseil Régional de Basse Normandie, la Presse...), a réalisé un diaporama et deux tableaux d'exposition. Quelques éléments du travail sont sur le site de l'Asnora.

Jérémy Vaubaillon encourage la participation de nos quatre lycéens en prévision de la prochaine conférence de l'IMO qui est programmée en juin 2007 non loin du Pic du Midi.

**Saint Contest le 16 janvier 2007
Pour l'équipe**

René Cavaroz

Chef de projet, membre de la commission « radioastronomie » de la SAF et du CLEA

Cavaroz.rene@wanadoo.fr ; Marie-jacq@wanadoo.fr

<http://perso.wanadoo.fr/cavaroz/> <http://olympiades-physique.in2p3.fr>

clea : comité de liaison enseignants astronomes

Mr Jean Louis Rault SAF, société astronomique de France

Président de la commission « radioastronomie » de la SAF.

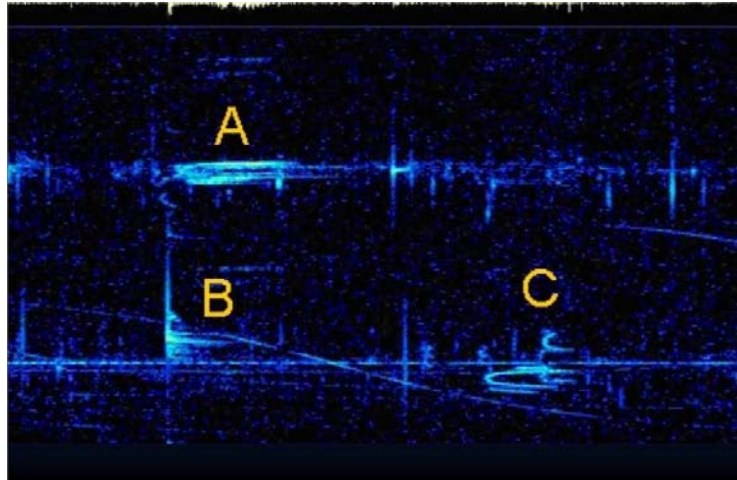
IMO : International meteor Organization

Asnora : <http://perso.wanadoo.fr/asnora/>

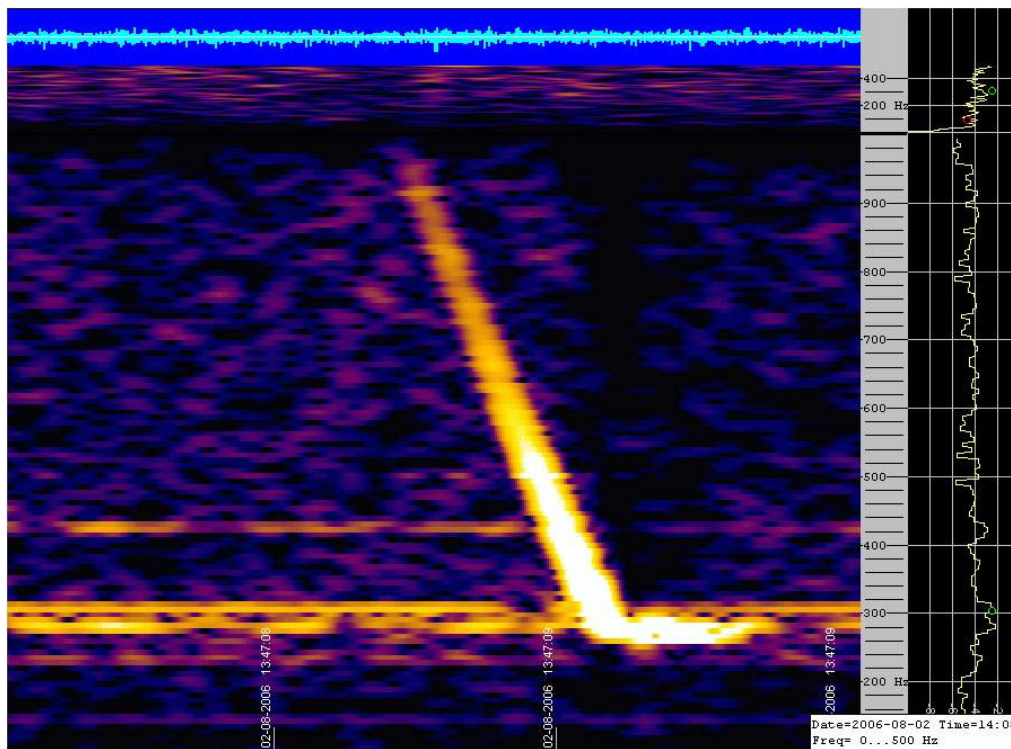
J.Vaubailon, de l'IMCCE, est en post doc à la Nasa.

Détection d'un même météore par :
Echo A , émetteur de TV espagnol
 (Nevacerrada)
Echo B , émetteur de TV suisse
 (Bantiger)
Echo C : autre météore détecté
 uniquement par l'émetteur
 de TV suisse

fichier de J.L. Rault , SAF



Doppler



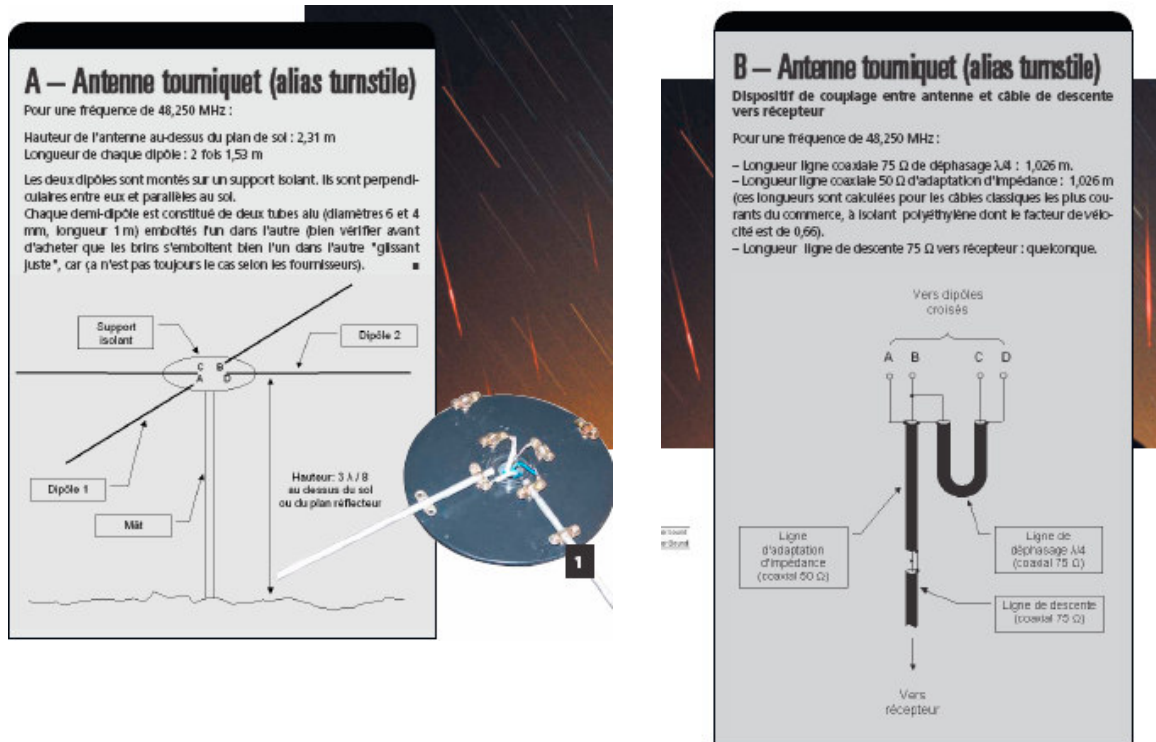
Considérons un observateur à Deauville surveillant un émetteur espagnol (Nevacerrada) émettant sur 48,250 MHz.

L'analyse spectrale ci-dessus permet de mesurer sur l'écho du météore un Δf de 650 Hz sur une durée de 700 mS.

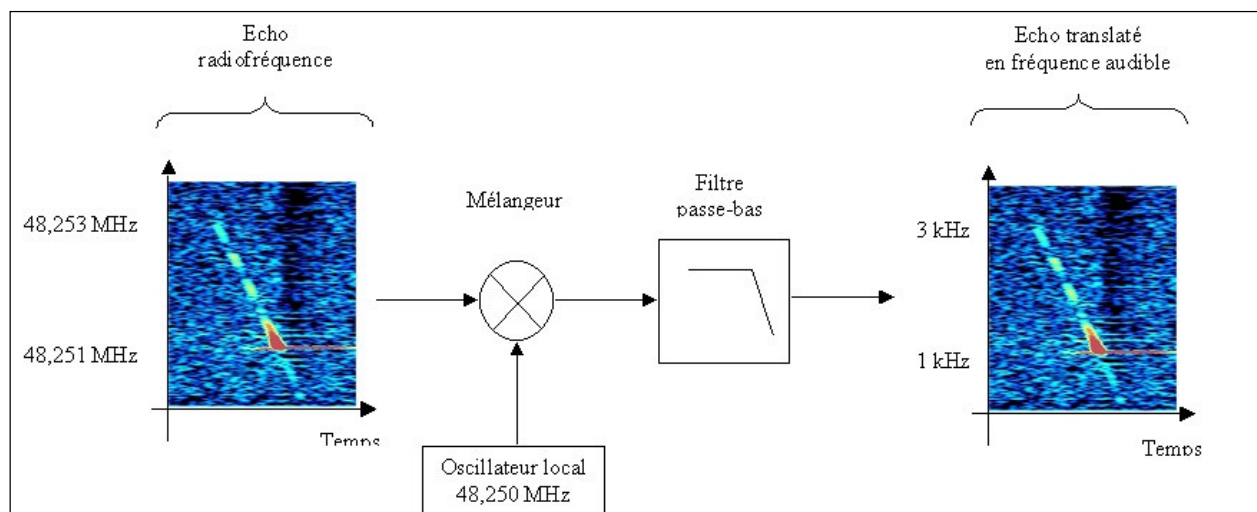
Ces valeurs nous permettent de déterminer :

une vitesse absolue du météore égale à environ 40 km/s

Construction de 'l'antenne tourniquet' :



Radio fréquence et fréquence audible :



étoile filante...

Au détour d'une nuit dans les pas d'un berger
 Au regard de la lune sur la campagne grise
 Le frou-frou des étoiles dans leur voile léger
 S'épandait sur la Terre comme une douce bise .

J'ai regardé les arbres aux visages dans l'ombre
 Que le vent caressait sous un drap de satin
 J'ai regardé le ciel aux lumières sans nombre
 Qui scintillait , précieuses , au firmament serein .

Soudain et silencieux , l'un de ces jolis gemmes
 Délogé de son lieu par quel fou désir
 Sans un bruit , sans un souffle , sans se dire adieu même

S'en alla vers la Terre : ce soir d'un gracieux geste
 Un ange messager avait pris pour écrire
 Une craie de diamant sur l'ardoise céleste .

Poème de Sébastien Lambert (Observatoire de Paris -SYRTE)

Candidats :

Benjamin Pointreau , Nicolas Andronikou
Thomas Popinel , Tom Lacheray

Encadrement , Enseignement :

Mr Cavaroz René , proviseur (retraité)

Chef de projet , membre de la commission « radioastronomie » de la SAF
Délégué Régional (Basse Normandie) du CLEA

Membre de l'Asnora (14 Caen) et du GAHQ (50 Querqueville)

Mr Marie Jacques , professeur lycée Maurois à Deauville .

Mr Jean Louis Rault SAF , société astronomique de France

Président de la commission « radioastronomie » de la SAF .

Cavaroz.rene@wanadoo.fr ; Marie-jacq@wanadoo.fr

<http://perso.wanadoo.fr/cavaroz/> <http://olympiades-physique.in2p3.fr>

clea : comité de liaison enseignants astronomes

I - Notre Projet :

Les météoroïdes sont des particules éjectées par les comètes qui restent dans le voisinage de leur «corps parent» ; ils sont responsables d'importantes pluies de météores, comme les Perséides ou les Léonides...

Il est possible d'observer ces phénomènes par différents moyens : à l'oeil nu, par infrarouge ... L'un d'eux fait l'objet de notre projet : la radiodétection et le domaine dont elle dépend, la radioastronomie.

L'intervention de M. René Cavaroz (chef de projet : proviseur retraité et membre de la commission radioastronomie de la SAF et du CLEA) dans notre établissement courant Mars 2006, sur « La radiodétection des météores » est à l'origine de cette idée. Nous, Benjamin, Thomas, Nicolas et Tom, avons ainsi accepté la proposition faite par M. Jacques Marie (professeur de physique-chimie-MPI au lycée dans lequel nous étudions) l'année passée de traiter cette méthode encore à ses premiers balbutiements dans le cadre des TPE.

Les bases du projet furent donc établies : il consisterait à monter une antenne nous permettant la réception de signaux radios réfléchis par le passage de corps célestes dans la ionosphère. Nous en étudierons le fonctionnement ainsi que les résultats obtenus.

Pour en comprendre tous les principes ; du montage de l'antenne en lui-même aux techniques d'exploitation des résultats obtenus, en passant par des généralités sur les phénomènes que nous nous apprêtons à étudier (ondes radios, ionosphère, échos Doppler, « effet moustiques » ...) ; différentes rencontres avec des passionnés de radioastronomie (M. Jean-Louis Rault notamment, président de la commission « radioastronomie » de la SAF, qui nous a lui aussi encadré tout au long de cette « aventure »), à l'observatoire Camille Flammarion de Juvisy à l'occasion des journées « science en fête » par exemple, ou encore à l'ASNORA de Caen ; ainsi que les explications fournies par M. Marie et M. Cavaroz (tout comme leurs moyens de transport !), ou encore Jeremy Vaubaillon (par le biais de la thèse qu'il a publié sur le sujet) ont été largement nécessaires.

Nous tenons d'ailleurs à remercier toutes ces personnes pour leur accueil, leur patience, leur amabilité ; ainsi que pour l'aide et les documents qu'ils ont pu nous fournir. Il ne paraissait en effet pas évident que des lycéens soient acceptés dans le cercle des astronomes !



*La Société Astronomique
de France*

*Animation de la SAF à l'observatoire
Camille Flammarion de Juvisy-sur-Orge*



Seront donc évoqués ci-après les différents moyens d'observations des météoroïdes ; puis l'étude du montage (Antenne + récepteur + logiciels utilisés) ; et enfin les résultats obtenus et leur exploitation.

II- Qu'est-ce qu'un météore ?

Il est important de connaître ce que nous nous apprêtons à étudier, à savoir les météores : Une courte définition sera suffisante à cela, les informations disséminées dans le reste du dossier lui étant complémentaires :

Un météore est un corps céleste de taille comparativement petite qui produit un effet lumineux lorsque le corps rentre dans l'atmosphère. Lorsqu'ils sont encore dans l'espace, ces corps sont appelés météoroïdes. De façon arbitraire, les météoroïdes sont les corps de moins de 50 mètres de diamètre, au delà de cette taille, on parle d'astéroïdes.

III- Les différentes méthodes d'observations :

Il est permis à chacun de pouvoir profiter de ce spectacle nocturne que sont les étoiles filantes : celles-ci ne sont en fait que le résultat de la combustion de particules appelées « météores » lors de leur passage dans l'atmosphère, cette combustion dégageant une forte lumière. L'étude des météores étant l'objectif que nous nous sommes fixé, il est intéressant de se pencher sur les différentes méthodes d'observations de ces phénomènes astronomiques.

1-Observations visuelles

Les observations visuelles sont les plus accessibles au grand public. En effet, les météores que l'on peut observer à l'oeil nu sont ce que l'on appelle « étoiles filantes ». Ce sont donc les observations les plus faciles à faire car il suffit de regarder le ciel. Aux environs du 9 et 10 août chaque année, se déroule la nuit des étoiles filantes : cet événement est très renommé, et tout le monde lève la tête pour pouvoir apercevoir l'une de ces « boules de feu ». En revanche, pour obtenir des résultats exploitables par et pour les scientifiques il faut procéder à de longs calculs. C'est donc une observation facile à effectuer mais très complexe à exploiter pour les amateurs d'astronomie.



Représentation de la chute d'un météore

2-Observations photographiques

Cette méthode d'observation a un grand avantage : en effet elle permet de garder une photographie. Le matériel n'est pas très coûteux contrairement à ce que l'on peut penser : il suffit de posséder un appareil photo de type « reflex ». On ouvrira l'objectif au maximum pour avoir le plus grand champ de vision possible ce qui permettra de surveiller une plus grande partie du ciel. Une seconde méthode consiste à mettre plusieurs appareils photos en batterie. Le fait qu'il y ait plusieurs appareils photos permet de couvrir une grande partie du ciel comme dans la première méthode. Ces clichés permettent de trouver de nombreux renseignements comme la vitesse du météore par exemple.



Cliché des Léonides de cette année 2006

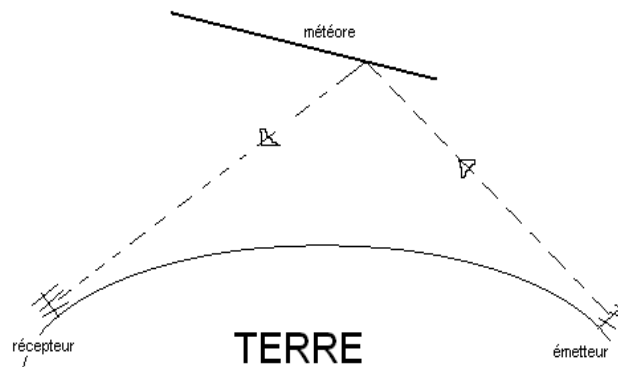
Photo Thierry Lewitt

Le Mesnil Auzouf -14260- le dimanche 19 novembre à 4h30 UTC

3- Observations radio

Pour cette méthode encore, on peut distinguer deux techniques de réception :

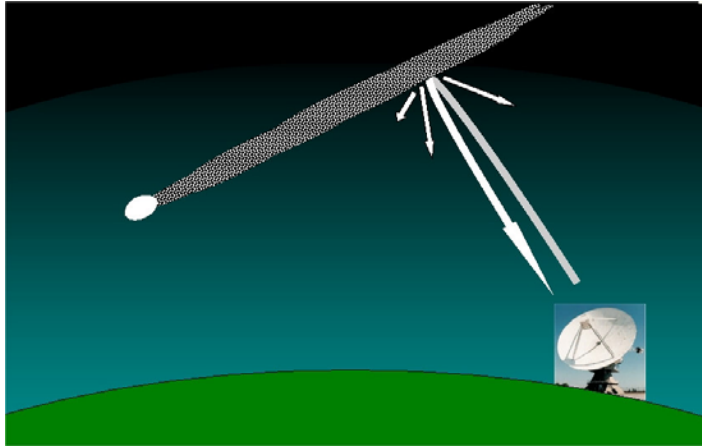
- La première méthode est: « La réflexion en avant » :



Cette méthode d'observation possède un grand atout : elle peut être réalisée par des amateurs et permet d'avoir des résultats facilement exploitables. C'est pourquoi nous l'avons choisie car il vous suffit d'avoir en votre possession un récepteur que l'on nommera antenne, un ordinateur muni de logiciels que nous citerons et étudierons lors de l'étude du montage.

Il faut donc trouver un émetteur de télévision (bande 1) standard, qui se trouve à moins de 600 kilomètres.

-La seconde méthode d'observation par radio est l'observation « radar » :



Cette méthode a l'avantage d'avoir des résultats de haute qualité, mais la mise en route de cette observation est professionnelle. Le montage est également plus complexe même si, schématisé, le récepteur et l'émetteur sont confondus.

4-Les autres

Il existe d'autres méthodes d'observations tels que l'observation infrarouge, les observations spectroscopiques, les observations électrophoniques...

IV- Etude du montage :

Pour « écouter les météores » nous utilisons une « antenne » qui reçoit le signal puis le transmet au « récepteur » qui le traite et le modifie jusqu'à atteindre une fréquence audible. Ces données seront traitées par une série de « logiciels »; mais il paraît intéressant de s'attarder sur ce matériel.

L'antenne :

L'antenne que nous utilisons est appelée couramment « antenne tourniquet ». Elle est composée de deux dipôles horizontaux isolés l'un de l'autre croisés à 90° et d'un mât. Les dipôles sont reliés électriquement (par un câble coaxial).

Pour une fréquence de 48 Mhz (celle que nous utilisons) :

- Hauteur de l'antenne par rapport au sol : plus de 2m 30
- Longueur des « branches » (demi-dipôles) : environ 1m 50

Chacune de ces branches sont en fait composées de deux tubes d'aluminium emboîtés en vente dans tout commerce de bricolage, tout comme pour les câbles co-axiaux reliant les dipôles. De même, le mât sur lequel reposera le dispositif pourra être celui d'un parasol, ou autre : le montage de cette antenne est donc accessible au grand public !



*Montage de l'antenne
au lycée André Maurois
photo R. Cavaroz*

Le récepteur :

Le récepteur que nous utilisons est un récepteur Icom PCR 1500 d'un coût se rapprochant de 600 euros : c'est le seul élément réellement coûteux du dispositif (excepté le PC, mais celui-ci pourra être utilisé dans un autre cadre que celui de l'étude des météores !) .Ce récepteur doit être alimenté par une source de courant continu 12 V.

Cet outil nous permet d'amplifier les signaux captés par l'antenne et aussi de les trier (par changement de fréquence). Les données traitées sont ensuite transmises à l'ordinateur. Le changement de fréquence permet à l'ordinateur de pouvoir lire les données : les signaux captés passent par un mélangeur puis par un filtre passe-bas afin d'obtenir des résultats à fréquence audible pour nous. Donc grâce à ce récepteur la vision et l'écoute (caractérisée par un « tiiiiou ») des météorites sont possibles.



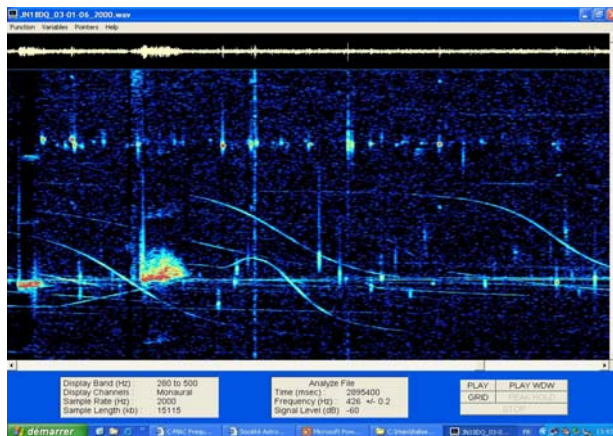
Notre récepteur acheté courant novembre chez ICOM à Toulouse.

Les logiciels :

Il est nécessaire d'utiliser deux logiciels pour le traitement des données recueillies par l'antenne. Nous utilisons le logiciel MESSER qui est un logiciel d'enregistrement programmable et le logiciel SPECTROGRAM qui est un analyseur de spectre.

Le premier nous permet de programmer les dates d'enregistrement des échos (images et sons), que nous pouvons analyser ultérieurement (évitant ainsi de longues nuits blanches à guetter les étoiles filantes !).

SPECTROGRAM, lui, nous permet de voir ces échos de météores sur un graphique (la fréquence de ces échos en fonction du temps). Ce logiciel fait office d'enregistreur graphique et d'oscilloscope.



Le logiciel SPECTROGRAM qui analyse les signaux reçus par l'antenne.

V- Les résultats :

Les météores sont un vaste sujet d'étude dans de nombreux domaines : orbitographie, détermination des masses et des densités de flux des météoroides, identification des comètes et des astéroïdes à l'origine des essaims, caractérisation des météoroides sporadiques, identification de poussières hors système solaire, réflexion/réfraction des ondes radio, étude des météorites, impactisme...

Nous pourrons ainsi, avec les données que nous obtiendrons avec ce dispositif, étudier la vitesse de ces météores, le nombre de ces corps passant dans notre ciel, les périodes auxquelles nous sommes susceptibles d'en observer le plus ... Malgré une approximation dans les résultats, conséquence du fait que cette nouvelle méthode de mesure n'en est qu'à ses premiers pas, ils donnent à tous les radioamateurs assez d'espoir pour persévérer dans le développement de la radioastronomie, d'autant qu'ils sont d'ors et déjà exploitables.

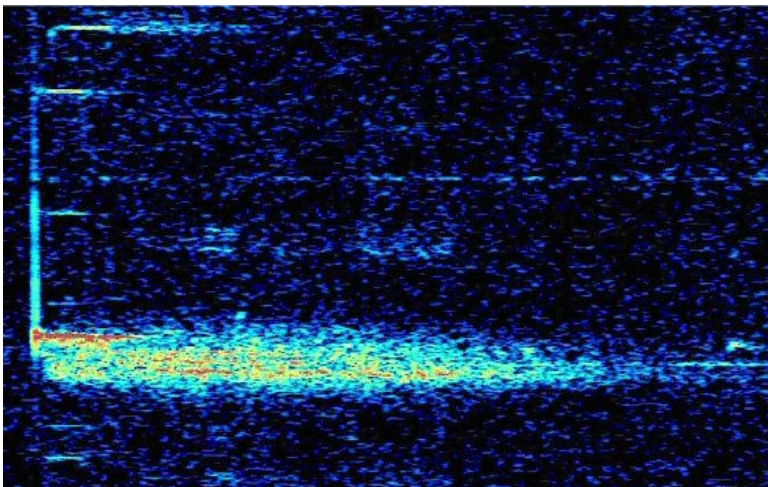
Pour comprendre et exploiter les résultats que notre dispositif nous a permis d'obtenir, il a été nécessaire d'aborder certains phénomènes physiques et astronomiques :

L'effet Doppler :

L'effet Doppler est le décalage entre la fréquence de l'onde émise et de l'onde reçue lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement l'un par rapport à l'autre. Il apparaît aussi lorsque l'onde se réfléchit sur un objet en mouvement par rapport à l'émetteur ou au récepteur.

Ceci explique que la hauteur du son du moteur de voiture, ou d'une sirène d'un véhicule d'urgence, est différente selon que l'on est dedans (l'émetteur est immobile par rapport au récepteur), que le véhicule se rapproche du récepteur (le son devient plus aigu) ou qu'il s'éloigne (le son devient plus grave).

Cet effet est utilisé pour mesurer la vitesse avec les radars. Il explique aussi le phénomène de décalage vers le rouge en astronomie.



Trace que l'on peut qualifier de « soumise à l'effet Doppler »

Vitesse radiale :

La vitesse radiale est en astronomie la vitesse d'un objet dans la direction de la ligne de vue. La lumière d'un objet possédant une vitesse radiale significative est sujette à l'effet Doppler, par conséquent la longueur d'onde de la lumière augmente si l'objet s'éloigne et décroît s'il se rapproche. La vitesse radiale d'un météore peut être mesurée :

$$v_r = c \cdot \Delta f / f$$

v_r est la vitesse radiale entre le météore et l'observateur

c est la vitesse de la lumière (300 000 km/s)

f est la fréquence des émetteurs (48,25 Mhz)

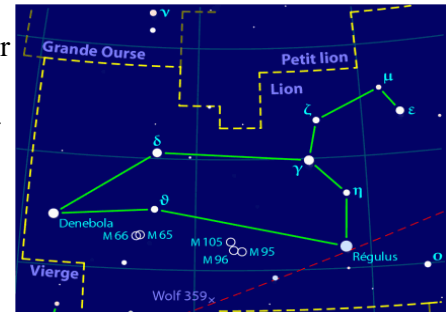
Δf est la différence entre les fréquences de deux points (choisis) du signal reçu ($f_1 - f_2$)

Par convention, une vitesse radiale positive indique que l'objet s'éloigne et une vitesse négative que l'objet se rapproche. Elle est de l'ordre de quelques kilomètres par seconde. Les études de vitesse radiale peuvent être utilisées pour déterminer les masses des étoiles et certains éléments orbitaux. La même méthode est aussi utilisée pour détecter des planètes autour d'étoiles. Mais il est pour l'instant difficile d'obtenir des résultats calculés selon la vitesse radiale assez proche de la vitesse réelle du météore ; d'où l'importance de la mise en place de réseaux internationaux qui permettraient de trouver les radiants exacts de ces « étoiles filantes ».

Les Léonides :

La Terre passe au travers d'une traînée de débris laissés par la comète 55P/Tempel-Tuttle en 1933, généralement vers le 17 novembre. Les Léonides sont ces débris, elles sont visibles sous la forme d'une pluie d'étoiles filantes (Pluie de météores) dans le ciel terrestre. Le radiant (c'est à dire leur origine supposée) des Léonides est situé dans la constellation du Lion, d'où leur nom . La comète 55P/Tempel-Tuttle a été découverte par Ernst Wilhelm Tempel et Horace Tuttle le 19 décembre 1865 et le 6 janvier 1866.

Tempel-Tuttle a une période de révolution de 33 ans.



Constellation du Lion

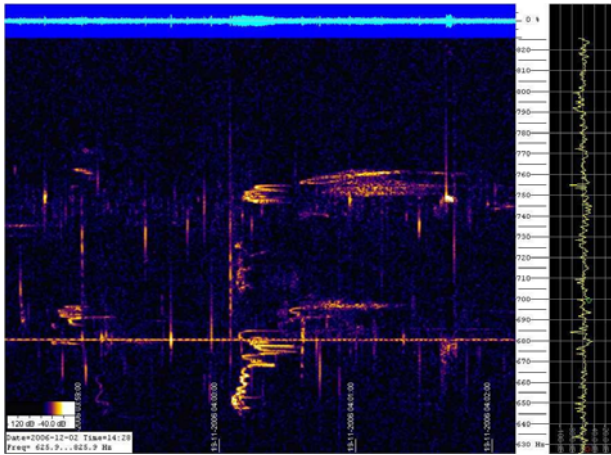


Ernst Wilhelm Leberecht Tempel (1811 – 1889)

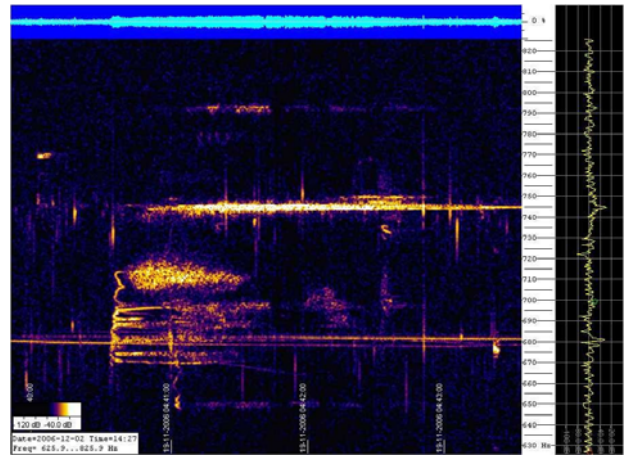
Horace Parnell Tuttle (1839-1923)



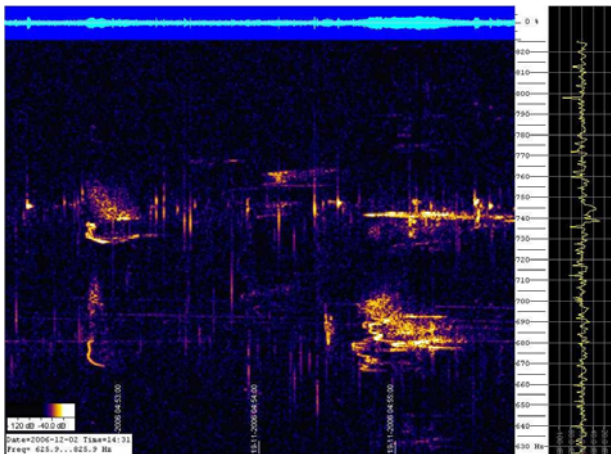
Dimanche 19 Novembre 2006



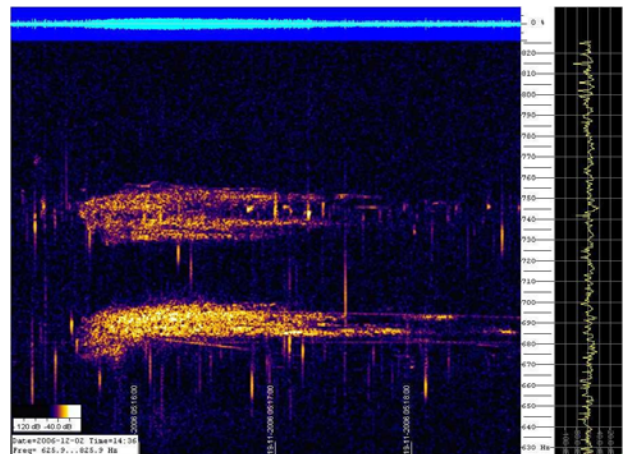
à 4h UTC



à 4h40



à 4h54 UTC



à 5h14

trace supérieure : **Nevacerrada** (Espagne) , trace inférieure : **Bantiger** (Suisse) .

L'image datée de 04h40 :30 UTC montre que le même météore détecté par deux émetteurs distincts présente des signatures différentes :

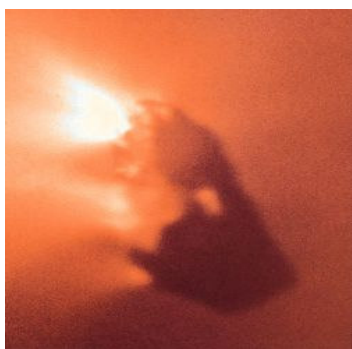
La trace supérieure est pratiquement stable en fréquence , dénotant ainsi que vue sous cet angle la traînée reste confinée en volume.

La trace inférieure montre plusieurs vitesses Doppler discrètes , caractéristiques de cisaillements de vents en altitude .

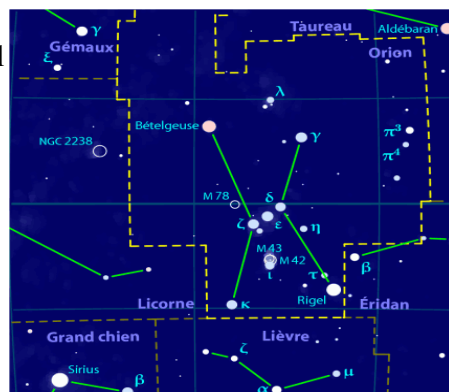
L'image datée de 05h14 :40 UTC est caractéristique d'échos radio sur une traînée ionisée très turbulente au point de vue volume (large étalement Doppler).

Les Orionides :

Même cas que les Léonides hormis que la comète dont il est ici question est la célèbre comète 1P/Halley. Événement se déroulant généralement aux alentours du 21 octobre, les Orionides sont elles aussi visibles sous la forme d'une pluie de météores dans le ciel. Le radiant des Orionides est situé dans la constellation d'Orion. La comète Halley à une révolution de 76 ans.



La comète 1P/Halley



Constellation d'Orion

VI- Conclusions...

Ce projet, en plus d'approfondir un thème qui jusque là nous était encore inconnu, nous a permis de nous initier à une science qui n'est que trop méconnue : l'astronomie. Il était en effet important de faire des recherches dans toutes les directions afin de bien comprendre les différents principes étudiés. Ce milieu, celui des astronomes en particulier, peut paraître réservé à une certaine élite scientifique, mais le dispositif étudié nous donne une parfaite preuve du contraire : avec un matériel simple et peu onéreux, on peut effectivement obtenir des résultats probants et d'ors et déjà exploitables pour des personnes de notre « niveau scientifique » (nous sommes tous les quatre élèves de 1^{ere} Scientifique). Les différentes sorties, notamment celle à Juvisy sur Orge à l'occasion d'une animation organisée par la société astronomique de France, furent également très enrichissantes dans d'autres domaines encore (historique par exemple : visite de l'observatoire Camille Flammarion !).

Nous tenons à remercier M. Marie (professeur de physique dans notre établissement), M. Cavaroz (membre de la Société Astronomique de France), M. Rault (membre de la Société Astronomique de France et président de la commission radioastronomie de la SAF) pour toute l'aide apportée à la réalisation de ce projet ; ainsi que M. Vaubillon (auteur d'une thèse sur ce même sujet), M. Lewit (membre de la SAF), M. Amiot (employé à NXP, travaillant sur les principes de la télévision), Mr Hairie (montage des antennes avec Mr Cavaroz), l'Asnora et tant d'autres personnes pour toute la documentation aimablement mise à notre disposition.



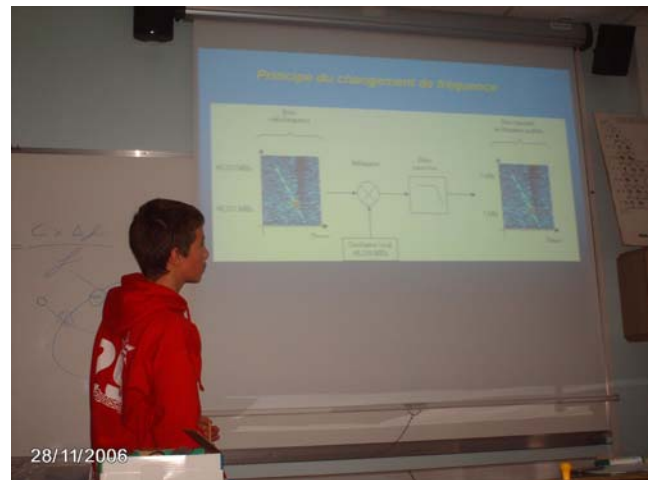
**Réunion de travail de l'équipe de pilotage
Le samedi 25 novembre 2006
à la SAF**

**De gauche à droite :
En haut : Thierry Lewitt , Jacques Marie
En bas : Jean Louis Rault , René Cavaroz**

deux exposés le mardi 28 novembre 2006 , au lycée



Nicolas



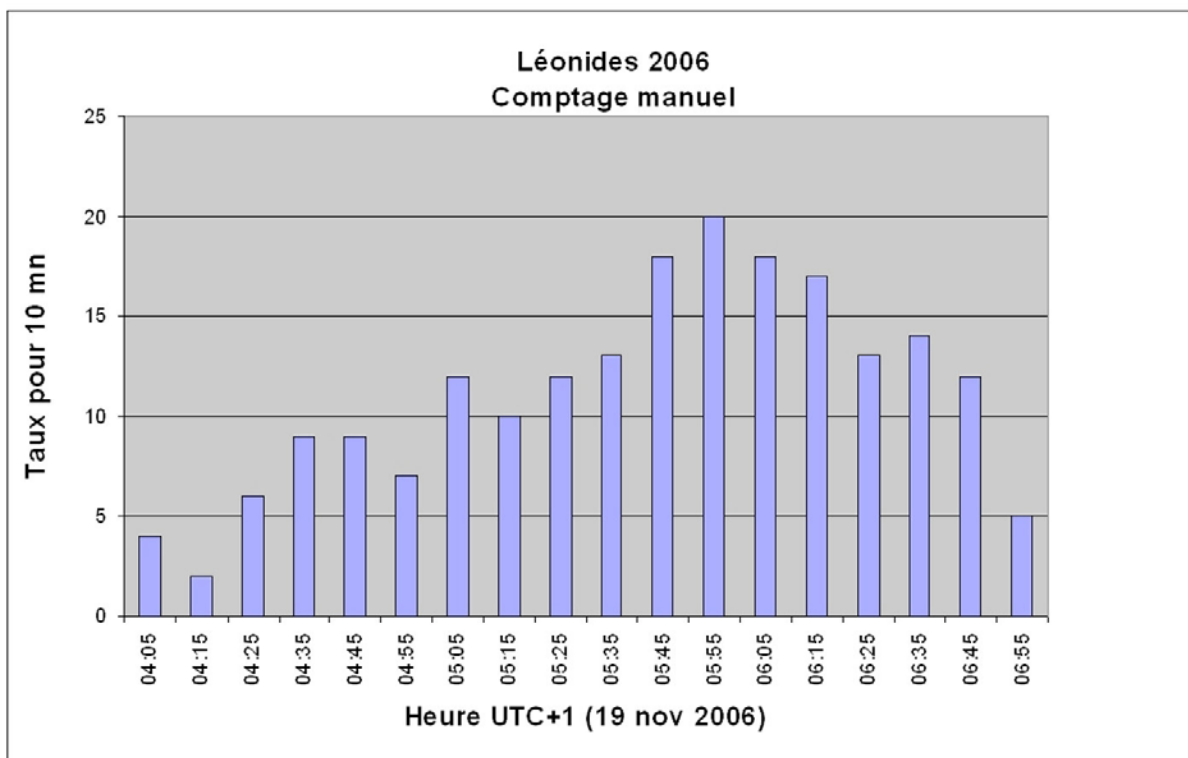
Thomas



1ère S1



1ère S2



Annexe 1

Epreuve de sélection au Lycée Galilée, à Gennevilliers, le mercredi 13 décembre 2006.

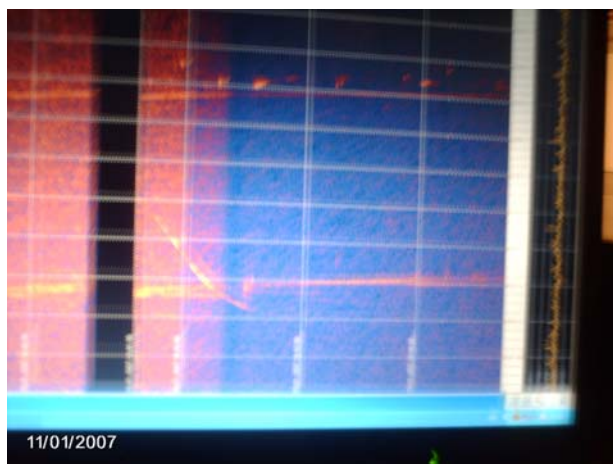


Mise en station de l'antenne, sur une terrasse du deuxième étage au lycée.



Annexe 2

Repérages et essais au Palais de la Découverte à Paris.
Le Mercredi 10 Janvier 2007.
Avec nos remerciements à Denis Savoie.



Annexe 3 : Compléments sur l'impédance

L'antenne construite a une impédance de 73 ohms ; celle du câble vaut 75 ohms. L'antenne et le câble sont bien adaptés car les 2 impédances sont très proches. La difficulté vient du récepteur qui présente une impédance de 50 ohms. En branchant l'antenne et le câble sur le récepteur, le rapport d'ondes stationnaires (bien connu des radioamateurs) est de 1,4. Cela produit une perte de signal inférieure à 4 %, donc très faible.

L'antenne est constituée de 2 dipôles demi-ondes horizontaux, croisés à 90°. Ils sont couplés électriquement par une ligne à retard composée d'un câble coaxial d'une longueur égale à un quart d'onde. L'antenne est alors omni-directionnelle.

En plaçant cette antenne à une hauteur égale à $3\lambda/8$, on a les conditions optimales pour les échos à capter.