

UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

FACULTÉ DES SCIENCES

FORMATION DOCTORALE EN PHYSIQUE



DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE
INSTITUT POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE

MÉMOIRE pour l'obtention du
DIPLÔME D'ÉTUDES APPROFONDIES EN PHYSIQUE

Option : ÉNERGÉTIQUE
Sur :

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES DONNEES PROVENANT DE
L'ASTRE SOLAIRE.ESSAI EXPERIMENTAL SUR LE NOUVEAU
RADIOTELESCOPE DU LABORATOIRE



Présenté par :
ANDRINIRINA Mampionina Lilia
Le 28 Octobre 2010

Devant la commission d'examen composée de :

Président :	RANDRIAMANANTANY ZelyArivelo	Professeur titulaire
Rapporteur :	RAKOTOMALALA Minoson	Professeur titulaire
Examineurs :	RASAMIMANANA François de Salle	Maitre de conférences
	RAKOTONDRAMARANA Hery Tiana	Maitre de conférences





UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO

FACULTÉ DES SCIENCES

FORMATION DOCTORALE EN PHYSIQUE



DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE



INSTITUT POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE

MÉMOIRE pour l'obtention du

DIPLÔME D'ÉTUDES APPROFONDIES EN PHYSIQUE

Option : ÉNERGÉTIQUE

Sur :

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES DONNEES PROVENANT DE
L'ASTRE SOLAIRE.ESSAI EXPERIMENTAL SUR LE NOUVEAU
RADIOTELESCOPE DU LABORATOIRE

Présenté par :

ANDRINIRINA Mampionina Lilia



Devant la commission d'examen composée de :

Président : RANDRIAMANANTANY Zely Arivelo

Professeur titulaire

Rapporteur : RAKOTOMALALA Minoson

Professeur titulaire

Examineurs : RASAMIMANANA François de Salle

Maitre de conférences

RAKOTONDRA MIARANA Hery Tiana Maitre de conférences



AVA NT-PROPOS

*Je tiens à adresser mes sincères remerciements à Monsieur **ANDRIANANTENAINA Bruno Jacques**, Doyen de la Faculté des Sciences d'avoir autorisé la soutenance de ce mémoire et de m'avoir permis à poursuivre la formation doctorale de Physique au sein de la faculté des sciences de l'Université d'Antananarivo.*

*Je remercie également Monsieur **RAKOTOMALALAMinosonSendrahasina**, Directeur de l'Institut pour la Maitrise de l'Énergie, Responsable de la formation Doctorale en Physique option ÉNERGÉTIQUE de la Faculté des Sciences, de m'avoir permis à poursuivre des études pour l'obtention de ce Diplôme d'Études Approfondies.*

*Grâce aux aides importantes et conseils de mon encadreur, Monsieur **RAKOTOMALALAMinosonSendrahasina**, professeur titulaire, enseignant au sein du Département de physique, ce mémoire a pu être réalisé et puisse être soutenu. Il m'a fourni beaucoup de connaissances non seulement à propos de ce présent mémoire qui m'a permis d'avoir une sens de responsabilité et de créativité mais aussi à être vigilante dans tous les domaines et de bien saisir l'occasion qui se présente dès le moment venu et ces précieux soutiens. Pour cela je le remercie tout particulièrement.*

*Je remercie Madame **RANDRIAMANANTANY ZelyArivelo**, Professeur titulaire, Chef du Département de Physique, pour l'honneur qu'elle me fait de présider mon jury.*

*A Monsieur **RASAMIMANANA François de Salle**, Maitre de conférences, enseignant au Département de Physique, mes remerciements pour avoir accepté de participer à mon jury en tant qu'examineur et de m'avoir accueilli dans son laboratoire pendant les moments de l'expérience.*

*J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **RAKOTONDRAMIANANA Hery Tiana**, Maitre de conférences, dans le Département de Physique d'avoir examiné ce présent mémoire.*

Mon témoignage et gratitude à ma famille de toutes leurs aides depuis et de m'avoir toujours soutenues lors de mes études : morales, physiques.

Que tous ceux qui ont contribué aimablement de près, ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire trouvent ici mes profondes reconnaissances. Enfin, je remercie tous mes collègues pour leurs soutiens moraux durant la réalisation de ce mémoire. Merci à tous.

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX.....	i
LISTE DES FIGURES.....	ii
LISTE DES ANNEXES	iii
LISTE DES ACRONYMES	iv
NOMENCLATURE ET LETTRES GRECQUES.....	v
GLOSSAIRE	vi
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre 1:PRESENTATION DE L'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE	3
1.1 La naissance de l'astronomie.....	4
1.1.1 L'expérience de Jansky.....	4
1.1.2 Le prototype du radio télescope de Reber	5
1.1.3 Qu'est ce qu'un radio télescope?	6
Chapitre 2 :LES SOURCES D'EMISSIONS DE FREQUENCE PAR RADIO.....	8
2.1 Classification des sources.....	9
2.2 Les sources d'étoiles.....	10
2.2.1 Les différentes étoiles.....	10
2.2.1.1 Pulsars.....	11
2.2.1.2 Le Soleil	11
2.3 Sources galactiques et extragalactiques.....	17
Chapitre 3:LES PROPRIETES DE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE	20
3.1 Qu'est ce qu'un rayonnement électromagnétique?	21
3.1.1 Fréquence et longueur d'onde	21
3.1.2 Propagation de vague de la loi d'Inverse carrée de la propagation	22
3.1.3 Le spectre électromagnétique	23
3.2 Polarisation d'ondes	24
3.3 Les mécanismes d'émissions électromagnétiques	24
3.3.1 Rayonnement thermique	25
3.3.1.1 Les caractéristiques de corps noirs	26
3.3.1.2 Des émissions de continuum du rayonnement thermique de gaz ionisé	28
3.3.1.3 Les émissions spectrales de ligne des atomes et des molécules	29
3.3.2 Rayonnement non-thermique	30
3.3.2.1 Le rayonnement synchrotron.....	30
3.3.2.2 Quasars	31
3.3.2.3 Masers	31
3.3.3 Le rayonnement cosmique	32

Chapitre 4:INTERPRETATION DES RESULTATS ISSUS DE L'ANTENNE	33
4 .1 But de l'expérimentation	34
Pour pouvoir atteindre ce but il nous faut les matériels cités ci-dessous:.....	34
4.2 Description du radiotélescope	34
4.2.1 Le réflecteur parabolique	34
4.2.2 Le dispositif focal	36
4.2.3 Le traceur de satellite	38
4.2.4 Le système d'enregistrement :.....	41
Mode de fonctionnement du CAN :.....	41
4.2.5 La liaison entre les éléments.....	42
4.3 Calcul de la largeur de lobe de l'antenne, et de la température de brillance du soleil	42
RÉFÉRENCES	52
ANNEXES	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Altitude critique en fonction de la fréquence

Tableau 3.1 : Les différentes gammes du rayonnement électromagnétique

Tableau 3.2 : Les échantillons de gammes de longueurs d'onde et des sources de rayonnement thermique

Tableau 4.1 : Caractéristique du LNB

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : L'antenne de Jansky qui a détecté le premier rayonnement extraterrestre de RF

Figure 1.2 : Le télescope par radio de Reber

Figure 2.1 : Structure du Soleil en coupe

Figure 3.1 : La loi d'inverse carrée de la radiation électromagnétique

Figure 4.1 : L'antenne utilisée comme radiotélescope

Figure 4.2 : Structure d'un radiotélescope

Figure 4.3 : monture du radiotélescope

Figure 4.4 : vue du LNB (Low Noise block)

Figure 4.5 : Vue du Satellite Finder

Figure 4.6 : circuit a rajouté au satellite finder

Figure 4.7 : Satfinder avant et après modification

Figure 4.8 : Vue du convertisseur

Figure 4.9 : Les figures obtenues après prises des données

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Les unités utilisés en astronomie

ANNEXE 2 : Les différents radiotélescopes

LISTE DES ACRONYMES

LNB: Low Noise Block

LNBF: Low Noise Block Feedhorn

USB: Universal Serial Bus

CAN: Convertisseur Analogique-Numérique

PC: Personal computer

NOMENCLATURE ET LETTRES GRECQUES

Symboles	Désignations	Unités
B	Brillance	$[W.m^{-2}.Hz^{-1}.sr^{-1}]$
I	Intensité des ondes	
K	Constante de Boltzman	
F_c	Fréquence critique	[Hz]
N_e	Densité électronique des ondes	
R	Distance voyagée par le rayonnement	[Km]
V	Tension d'une résistance	[V]
R_1, R_2	Résistance	[Ω]
C	Célérité de la lumière	$[m.s^{-1}]$
T_b	Température de brillance	[K]
θ	Largeur de lobe de l'antenne	[°]
λ	Longueur d'onde de l'onde reçue	$[\mu m]$
τ	Temps d'intégration	[Sr]
Ω	Rendement	[s]
η	Angle solide sous lequel est vue la source	[%]

GLOSSAIRE

Pour qu'on ne se sente pas trop nouveau dans le domaine de l'astronomie, en voici des mots en rapport avec ce sujet classés par ordre alphabétique qui peuvent être vus dans le manuel ou non.

Activités du soleil

C'est ainsi qu'on qualifie l'ensemble des phénomènes qui ont lieu à la surface et à l'intérieur du Soleil. Le phénomène le plus connu est celui des taches solaires. Celles-ci se forment au centre d'activité, c'est-à-dire dans les zones où le champ magnétique solaire, qui a normalement des valeurs d'un ordre de grandeur de 1 gauss, atteint une intensité d'une centaine ou d'un millier de gauss. L'activité solaire se manifeste aussi par d'autres phénomènes, telles les facules, les éruptions chromosphériques, les protubérances et les émissions soudaines d'ondes radio et de faisceaux de particules.

Angles horaires

Angle que forme le cercle horaire de l'astre avec le plan méridien, compté en heures positivement vers l'ouest. C'est l'une des deux coordonnées dans le système dit des coordonnées horaires. C'est l'angle compris entre le méridien local sud et le cercle horaire qui passe par l'astre observé. Compté de 0 à 12 heures avec le signe + vers l'ouest et le signe - vers l'est.

Antenne

En télécommunications, élément ou ensemble d'éléments qui servent à émettre (antenne de transmission) ou à recevoir (antenne réceptrice) les ondes électromagnétiques. Il existe des antennes isotropiques, omnidirectionnelles et directives.

- Une antenne isotropique présente les mêmes propriétés émettrices, ou de réception, pour toutes les directions de l'espace.
- Une antenne omnidirectionnelle est capable d'émettre ou de capter uniformément dans toutes les directions d'un plan.
- Une antenne directionnelle émet ou capte la plus grande partie de l'énergie dans une seule direction.

Astéroïde

Petite planète du système solaire dont la taille est comprise entre un millier de kilomètres et une fraction de kilomètre. Le plus grand, Cérès, a un diamètre d'environ 1000 km. Plus de 6 000 "gros" astéroïdes ont été répertoriés et numérotés mais il pourrait en exister des centaines de milliers d'autres, trop petits pour être aisément détectables. La plupart tournent autour du Soleil entre Mars et Jupiter.

Astrophysique

Science dont l'objet est l'étude des corps célestes et, plus généralement, de l'Univers dans son ensemble. Au sens large, l'astrophysique, intermédiaire entre les méthodes et principes de l'astronomie et de la physique, se propose d'interpréter et d'unifier les données observées par la recherche astronomique en élaborant les lois physiques qui peuvent les expliquer.

Aurores polaires

Le Soleil éjecte dans l'espace des électrons et des protons, qui forment le vent solaire.

Lors des éruptions les plus violentes, une grande quantité de ces particules arrivent dans l'atmosphère de la Terre et excitent les atomes d'oxygène et d'azote, lesquels deviennent subitement lumineux et produisent des magnifiques voiles de lumière colorée qu'on appelle des aurores polaires. Une fois arrivées à proximité de notre planète, les particules sont prises au piège par le champ magnétique de la Terre, qui les force à se diriger vers les pôles magnétiques nord (aurore boréale) et sud (aurore australe).

L'aurore a la forme d'une bande elliptique, l'ovale auroral centrée sur les pôles magnétiques. La taille de cet ovale dépend de l'activité solaire : plus le Soleil est calme, moins l'ovale est grand; contrairement, plus le vent solaire frappe le champ magnétique terrestre avec force, plus l'aurore devient large et s'étend. C'est ainsi qu'exceptionnellement, des aurores sont parfois observées aux plus basses latitudes. Les aurores sont plus fréquentes tous les 11 ans environ, au moment du maximum d'activité solaire. Elles peuvent enflammer le ciel pendant plusieurs minutes et même parfois pendant plusieurs heures.

Les aurores ont lieu dans l'ionosphère, en général entre 100 et 150 km d'altitude, parfois dès 60 km et jusqu'à 1000 km (comme point de référence, la navette spatiale voyage vers 350 km d'altitude).

Les particules qui arrivent dans l'atmosphère terrestre entrent en collision avec différentes molécules. Chacun des gaz atmosphériques va briller différemment selon son état, neutre ou chargé, et aussi selon l'énergie de la particule qui le frappe (les particules plus énergétiques pénètrent plus profondément dans l'atmosphère). La couleur jaune-verte, la plus fréquente et la plus brillante, est émise par les atomes d'oxygène vers 100 - 150 km d'altitude. Ceux qui sont plus haut, au-delà de 250 km, émettent une lumière rouge foncée. Exceptionnellement, des particules de très haute énergie pénètrent l'atmosphère plus profondément, en dessous de 100 km, et provoquent les aurores les plus rares, teintées de pourpre : un mélange de rouge et de bleu émis par les molécules d'azote.

Depuis la surface de la Terre, la lumière combinée de ces couleurs fluctuantes produit un spectacle extraordinaire.

au-dessus de 250 km	les atomes d'oxygène (O) émettent principalement de la lumière rouge (longueurs d'onde : 630.0 et 636.4 nm)	les aurores rouges et vertes sont souvent vues ensemble, avec la rouge située au sommet de la verte, comme une couronne.
entre environ 100 et 250 km	les atomes d'oxygène (O) émettent principalement de la lumière jaune-vert (557.7 nm)	la couleur la plus courante
en dessous de 100 km	les molécules d'azote émettent de la lumière bleue (N_2^+ , 391.4 et 427.8 nm) et rouge (N_2 et O_2^+ , 600-700 nm), ce qui donne des teintes roses, pourpres ou fuschia.	les couleurs les plus rares

Ionosphère

Partie de l'atmosphère où les molécules sont ionisées par le rayonnement ultraviolet solaire. L'ionosphère terrestre est comprise entre environ 80 et 500 km d'altitude.

Magnitude

Unité utilisée pour décrire la brillance des objets astronomiques. Plus la magnitude est petite, plus brillant est l'objet. Dans une nuit claire et noire, loin des lumières des villes, l'œil humain peut détecter des étoiles jusqu'à la sixième magnitude; dans les villes ou à proximité, les étoiles peuvent être visibles seulement jusque les magnitudes 2 ou 3, à cause de la pollution lumineuse. Sirius, la plus brillante des étoiles, brille à la magnitude -1,5. Jupiter peut atteindre la magnitude -3 et Vénus la magnitude -4.

La Pleine Lune arrive près de la magnitude -13 et le Soleil près de la magnitude -26. Une différence d'une magnitude correspond à un changement d'environ 2,5 fois en brillance; une différence de 5 magnitudes est définie comme un changement d'exactement 100 fois en brillance.

Nanomètre (nm)

Un milliardième de mètre. Unité utilisée pour les mesures de longueurs d'onde : la lumière visible s'étend d'environ 400 nanomètres (violet) à 700 nanomètres (rouge).

Température de brillance ()

On appelle Température de brillance d'une source de radiations pour la longueur d'ondes λ la température pour laquelle le corps noir a la même brillance monochromatique que la source.

Unité astronomique (UA)

Distance moyenne de la Terre au Soleil; elle vaut 149 597 870 kilomètres. Une UA est une grande distance : à 160 km/h, il faudrait plus de 100 ans pour parcourir 1 UA

Vent solaire

Flot continu de matière qui s'échappe du Soleil à des vitesses de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres par seconde. Constitué essentiellement de protons, d'électrons et de noyaux d'hélium, il transporte le champ magnétique solaire dans l'espace interplanétaire. C'est le vent solaire qui est responsable des aurores polaires.

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

La grande étendue de l'univers semble inimaginable pour nous, les humains terrestres. Depuis des temps cette connaissance s'est toujours améliorée, il ne cesse de produire encore beaucoup des choses et de plus en plus la recherche dans ce domaine va de plus en plus loin.

L'astrophysique est une des disciplines dans la physique, qui a pour objet de décrire et de comprendre les phénomènes physiques se déroulant dans l'univers, ainsi que les lois gouvernant la structure et l'évolution de ses constituants.

L'astrophysique est une science, même s'il est rarement possible de procéder à des expériences sur les objets étudiés ou de changer les conditions initiales. En effet, nous n'avons qu'une vision partielle des phénomènes, parce qu'ils se déroulent trop loin ou qu'ils sont trop faibles pour être vus. L'information reçue lors des observations est analysée puis confrontée à un ensemble de lois, modèles et théories physiques qui forment la science astrophysique. Le but de l'observation astrophysique, dont l'importance vient d'être esquissée, est de développer une stratégie pour collecter l'information manquante qui permettra de résoudre une problématique scientifique bien posée. Cette stratégie doit donc être adaptée au problème posé, et être bien comprise et quantifiée pour caractériser les biais possibles, dont l'analyse et l'interprétation pourraient dépendre.

Ainsi le Laboratoire Thermodynamique, Thermique et Combustion (L.T.T.C) avec l'institut pour la maîtrise de l'énergie (IME) ont installé dans le département de physique, faculté des sciences, une antenne parabolique avec ces différents composants pour donner accès aux étudiants malagasy à l'entrée dans le domaine astronomique qui les aide à approfondir une nouvelle recherche.

Même que, pour le moment, l'étude est seulement limitée à l'observation du soleil parce que non seulement, c'est la source la plus lumineuse qui soit mais aussi c'est encore la limite de notre radiotélescope.

A ce niveau précis, le but du mémoire est de faire la partie pratique et d'en trouver des résultats pour qu'on puisse vraiment débiter l'étude approfondie dans ce domaine et qu'on puisse améliorer la recherche et la conception plus loin des matériels utilisés.

Pour ce faire le premier chapitre donne une brève histoire du début de l'astronomie et les premières découvertes. Le second chapitre va entamer les différentes sources d'émetteurs de rayonnement, dans le chapitre trois on va voir ce que c'est le rayonnement électromagnétique parce que ceci tient une place importante dans le domaine de l'astronomie.

Et enfin dans le quatrième chapitre, on va entrer dans le but et le cœur de ce mémoire qui n'est autre que l'interprétation des résultats obtenus au cours de l'expérimentation.

Chapitre 1

PRESENTATION DE L'HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE

1.1 La naissance de l'astronomie

Avant 1931, étudier l'astronomie a signifié étudier les objets évidents dans le ciel la nuit. En effet, la plupart des personnes pensent probablement que les astronomes attendent jusqu' à l'obscurité et regardent le ciel en utilisant leurs yeux nus, jumelles, et télescopes optiques.

En 1931, on n'a eu aucune idée qu'il y avait n'importe quelle autre manière d'observer l'univers au-delà de notre atmosphère.

Cette année, on a su ce que c'est le spectre électromagnétique, la lumière visible qui inclut seulement une petite gamme des longueurs d'ondes et des fréquences de l'énergie, les longueurs d'ondes plus courts que la lumière visible, une gamme de lumière visible de longueurs d'ondes plus long (infrarouge), qui dans quelques circonstances est sentie comme chaleur. On a même su le rayonnement de la fréquence par radio (RF), qui depuis avait développé la radio, la télévision, et la technologie de téléphone. Mais, en 1931, personnes n'ont su que le rayonnement de RF est également émis par des milliards de source extraterrestres, ni que certaines de ces fréquences traversent l'atmosphère de la terre.

1.1.1 L'expérience de Jansky

Le rayonnement de RF a été découvert pour la première fois grâce à une autre expérience pour en trouver autre chose lorsque Karl G. Jansky a reçu le rayonnement venant de la voie lactée. Karl G. Jansky (1905-1950) a travaillé en tant qu'ingénieur par radio aux laboratoires de téléphone de Bell dans Holmdel, New Jersey. En 1931, il a été affecté pour étudier l'interférence des orages afin d'aider Bell à concevoir une antenne qui réduirait au minimum la charge statique quand le radiotéléphone rayonnant un signal à travers l'océan. Il a construit un objet regardant maladroit qui a semblé plus comme un manège en bois que comme n'importe quelle antenne de moderne-jour, beaucoup moins un télescope par radio. Il a été accordé pour répondre au rayonnement à une longueur d'onde de 14,6 mètres et tourné en cercle complet sur des pneus de vieux Ford toutes les 20 minutes. L'antenne a été reliée à un récepteur et le rendement de l'antenne a été enregistré sur un enregistreur graphique à barres.

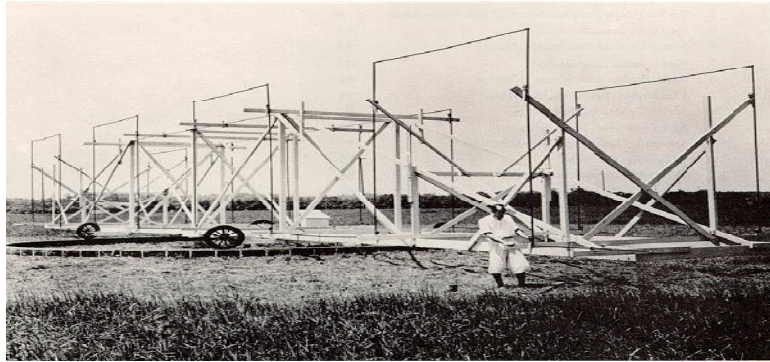


Fig.1.1 : L'antenne de Jansky qui a détecté le premier rayonnement extraterrestre de RF

Il pouvait attribuer une partie de la charge statique aux orages tout près et une partie de la charge aux orages plus loin, mais une partie de lui il ne pourrait pas placer. Il l'a appelé " une charge statique régulière de type de sifflement d'origine inconnue."

Son antenne tourné, il a constaté que la direction dont cette charge statique inconnue a commencé change graduellement, passant par presque un cercle complet en 24 heures. Cela lui a pris un moment pour conjecturer que la charge statique doit être d'origine extraterrestre, puisqu'elle a semblé être corrélée avec la rotation de la terre.

Il a pensé pour la première fois que la source était le soleil. Cependant, il a observé que le rayonnement a fait une pointe environ 4 minutes plus tôt chaque jour. Il a su que la terre, dans une orbite complète autour du soleil, fait nécessairement une plus de révolution sur son axe en ce qui concerne le soleil que la terre d'approximativement 365 révolutions autour de son propre axe. Ainsi, en ce qui concerne les étoiles, une année est réellement un jour plus long que le nombre de levers ou de couchers du soleil observés sur terre. Ainsi, la période de rotation de la terre en ce qui concerne les étoiles (connues des astronomes comme jour sidéral) est environ 4 minutes plus courte qu'un jour solaire (la période de rotation de la terre en ce qui concerne le soleil). Jansky a donc conclu que la source de ce rayonnement doit être partie beaucoup plus loin que le soleil. Il a identifié que la source est la voie lactée et, en 1933, édité ses résultats.

1.1.2 Le prototype du radio télescope de Reber

Ceci n'est pas resté là, en dépit des implications du travail de Jansky, beaucoup de personnes ont étudié et sont intéressées par la conception des récepteurs par radio, et l'astronomie par radio. En 1937, comme ces nombreuses personnes Grote Reber, un autre ingénieur par radio, pris sur les découvertes de Jansky et construit le prototype pour le

télescope par radio moderne en son cour arrière dans Wheaton, l'Illinois. Il a commencé de rechercher le rayonnement à des longueurs d'onde plus courtes, la pensée de ces longueurs d'onde serait plus forte et plus facile à détecter. Il n'a pas eu beaucoup de chance, cependant, et fini de modifier son antenne pour détecter le rayonnement à une longueur d'onde de 1,87 mètre (au sujet de la taille d'un humain), où il a trouvé les émissions fortes le long de la voie lactée.



Fig.1.2 Le télescope par radio de Reber

Reber a continué ces investigations pendant le 40s tôt, et en 1944 a édité les premières cartes de ciel de fréquence par radio quand il était le seul astronome par radio dans le monde. Mais en attendant, pendant la guerre les opérateurs de radar britanniques avaient détecté les émissions par radio du Soleil. Après la seconde guerre mondiale, l'astronomie par radio a développé rapidement, et est devenue une place essentielle dans l'observation et étude de l'univers.

1.1.3 Qu'est ce qu'un radio télescope?

Les ondes RF qui peuvent pénétrer dans la gamme de l'atmosphère de la terre ont des longueurs d'onde de quelques millimètres à presque 100 mètres. Bien que ces longueurs d'onde n'aient aucun effet discernable sur l'œil humain ou les plats photographiques, elles induisent un courant électrique très faible dans un conducteur tel qu'une antenne. Presque des antennes par radio télescope sont des réflecteurs paraboliques qui peuvent être aigus vers n'importe quelle partie du ciel. Elles recueillent le rayonnement et le reflètent à un foyer central, où le rayonnement est concentré. Le courant faible concentré au foyer peut alors être amplifié par un récepteur par radio ainsi il est assez fort pour être mesuré et enregistré.

Les filtres électroniques dans le récepteur peut être accordé pour amplifier une gamme (ou " bande") des fréquences à la fois. Ou, en utilisant des techniques informatiques sophistiquées, des milliers de bandes de fréquence étroites séparées peuvent être détectés. Ainsi, nous pouvons découvrir quelles fréquences sont présentes dans le rayonnement de RF et leurs forces relatives.

L'intensité (ou la force) de l'énergie de RF atteignant la terre est petite comparée au rayonnement reçu dans la gamme évidente. Ainsi, un radio télescope doit avoir un grand " rassemblant de secteur, " ou l'antenne, afin d'être utile. Il est plus facile pour les astronomes de discerner plus de détail et d'indiquer exactement la source de rayonnement lorsqu' on utilise deux radios télescope ou plus (appelé ranger) et en combinant les signaux qu'ils reçoivent simultanément de la même source.Ces capacités dépendent d'une technique appelée l'interférométrie par radio. Quand des signaux de deux télescopes ou plus sont correctement combinés, les télescopes peuvent efficacement agir en tant que petits morceaux d'un télescope.

Chapitre 2 :

LES SOURCES D'EMISSIONS DE FREQUENCE PAR RADIO

2.1 Classification des sources

Le rayonnement dont la direction peut être identifiée est d'origine d'une source discrète.

Une source discrète peut être associée à un objet évident. Par exemple, une étoile simple ou un petit groupe d'étoiles vues de la terre, notre soleil, un quasar sont des sources discrètes. Cependant, la définition de " discret, " en plus des autres limites décrivant l'ampleur d'une source, dépend souvent de la taille de faisceau de l'antenne par radio de télescope étant employée dans l'observation. Des sources discrètes peuvent être encore classifiées comme sources de point, sources localisées, et sources prolongées.

Une source de point est une idéalisation. Des objets qui semblent plus petits que la taille du faisceau du télescope s'appellent les objets " non définis " et peuvent efficacement être traités comme sources de point.

Une source localisée est une source discrète d'ampleur très petite. Une étoile simple peut être considérée comme une source localisée.

Des émetteurs du rayonnement qui couvrent une partie relativement grande du ciel s'appellent les sources prolongées. Un exemple d'une source prolongée de rayonnement est notre voie lactée de manière où les émissions de rayonnement dans son centre galactique sont les plus intenses.

Une analogie optique de la source prolongée serait la vue d'une grande ville la nuit d'un avion à environ 10 kilomètres d'altitude. Toutes les lumières de la ville tendraient à se mélanger ensemble dans une source de lumière apparente simple et prolongée.

D'autre part, une simple vue de la même altitude se tiendrait dehors comme objet simple, analogue à une source localisée ou de point. Les limites localisées et prolongées sont relatives et dépendent de la précision avec laquelle le télescope les observant peut déterminer la source.

Le rayonnement de fond est un rayonnement de fréquence par radio qui provient plus loin de l'objet étant étudié, tandis que le rayonnement de premier plan provient plus étroitement de l'objet étant étudié. Si un astronome étudie une étoile voisine spécifique, le rayonnement de la voie lactée peut être considéré pas simplement une source prolongée, mais ainsi un rayonnement de fond. Ou, si une galaxie éloignée étant observée, la voie lactée peut être considérée comme une source Pesky de rayonnement de premier plan. Le rayonnement de fond et de premier plan peut comprendre les émissions combinées de beaucoup de sources discrètes ou peut être davantage ou moins de distribution continue de rayonnement de notre galaxie.

2.2 Les sources d'étoiles

Beaucoup de milliers d'objets stellaires ont été découverts pour être également les émetteurs forts du rayonnement de fréquence par radio. Toutes telles étoiles peuvent s'appeler les étoiles par radio.

2.2.1 Les différentes étoiles

Les étoiles ne brillent pas uniformément brillamment toutes les heures. Les étoiles qui montrent aux changements cruciaux de l'éclat au-dessus des périodes que les humains peuvent percevoir de courte durée ont une grande importance pour l'astronomie en raison de ce que nous pouvons conjecturer de ces changements. Et heureusement pour l'astronomie par radio, on a découvert que les étoiles dont le rendement du rayonnement évident change des périodes courtes finies, régulièrement ou irrégulièrement, ont des variations correspondantes dans leur rendement des émissions de fréquence par radio.

Quelques étoiles variables, telles que Céphéides (SEE-fee-ids), sont absolument régulières dans leurs changements cycliques, changeant de quelques jours à quelques semaines. On a constaté que les étoiles avec de plus longues périodes régulières sont toujours plus lumineuses (émettant plus d'énergie) que ceux avec des périodes régulières plus courtes. Des étoiles variables avec des périodes très courtes (1,25 à 30 heures) s'appellent les variables de RR Lyrae. Aucune de ces variables plus courtes de période n'est assez lumineuse pour être vu à l'œil nu. Puisque les luminosités intrinsèques de Céphéides et de RR Lyraes avec les périodes semblables sont comparables, des étoiles variables de ce type peuvent être employées pour établir interstellaire et même des distances intergalactiques. D'autres étoiles variables ont des périodes beaucoup plus longues, moins régulières dans leurs cycles, et changent par une grandeur beaucoup plus grande. Celles-ci s'appellent les variables semi régulières. Le Betelgeuse géant rouge dans la constellation d'Orion est un exemple. Aucun rapport de période de luminosité n'a été trouvé pour des variables semi régulière.

Les variables irrégulières n'ont aucune période d'ensemble du tout. Elles sont habituellement de jeunes étoiles et leurs luminosités peuvent changer sur une gamme très étendue. Les étoiles de fusée sont les étoiles naines rouges faibles (plus anciennes et feebler que les naines blanches), des augmentations soudaines de cet objet exposé d'éclat pendant quelques minutes

dues à l'activité intense de fusée, se fanant de nouveau à leur éclat habituel dans une heure ou ainsi. Les étoiles typiques de fusée sont Ceti UV et AD Leonis.

Les étoiles binaires peuvent produire le rayonnement apparent régulièrement variable si les deux étoiles éclipsent un autre dans leurs orbites. En outre, les émissions par radio des binaires sont plus communes que pour les étoiles simples.

L'interaction des vents et des magnétosphères stellaires, des chocs d'arc, et des effets de marée peut contribuer aux conditions produisant des émissions de fréquence par radio.

2.2.1.1 Pulsars

Parfois quand une étoile devient la supernova, tout ce qui est laissée après ce plus violent processus soit un nuage du gaz d'extension et du reste minuscule du matériel extrêmement dense seulement. Cette explosion est si intense, les protons et les électrons dans les atomes de l'étoile sont bloqués ensemble, de ce fait il y a une annulation tellement intense des charges électriques et une formation des neutrons. Cette étoile de neutron peut être 10^{14} fois plus dense que l'eau. Elle aura les champs magnétiques extrêmement puissants et peut tourner très rapidement, puisque l'axe magnétique peut ne pas correspondre à l'axe de rotation, un faisceau de rayonnement émis des pôles magnétiques peut sembler à un observateur palpiter comme un projecteur tournant. Ainsi nous appelons ces étoiles de neutron tournant des pulsars.

Depuis 1967, quand le premier pulsar a été détecté par Jocelyn Bell, des centaines de pulsars ont été découvertes. Le pulsar de crabe tourne à 30 fois par seconde. Le pulsar 1937+21 dans Cygnus palpite 642 fois par seconde. Nous recevons cette émission sur terre comme si c'était un signal produit par une horloge cosmique. Au cours de la brève période nous les avons observés, cependant, ils semblent tous ralentir graduellement.

Leur énergie s'absorbe avec l'âge. Le taux auquel les pulsars ralentissent a été utile dans des aspects de confirmation de la théorie d'Einstein de relativité générale. En outre, la synchronisation des pulsars peut être utile en déterminant des propriétés du milieu interstellaire.

2.2.1.2 Le Soleil

La plus forte source extraterrestre que nous éprouvons est notre propre étoile, par les effets gravitationnels de son imposante masse, il domine le Système solaire, système

planétaire dont fait partie la Terre. Le soleil est une étoile très ordinaire, pas particulièrement massive ou petite, pas particulièrement chaude ou froide, pas particulièrement jeune ou vieille. Peut-être nous sommes chanceux, il est si typique parce que de lui nous pouvons apprendre beaucoup au sujet des étoiles en général. Il est composé de la photosphère, la chromosphère et la couronne.

La photosphère est la partie de l'atmosphère du soleil qui émet la majeure partie de la lumière visible et qui permet aux astronomes par l'analyse de son émission la détermination des propriétés physiques et chimiques du soleil, alors que la couronne, qui est l'atmosphère externe du soleil, est beaucoup moins dense et émet seulement un peu très de lumière visible. La chromosphère, fraîche et faible comparée à la photosphère, forme la frontière entre la photosphère et la couronne.

Le soleil semble avoir au sujet d'un cycle de 11 années d'activité. Quand le soleil a lieu dans une phase silencieuse, les émissions par radio de la photosphère (la pièce qui émet également le rayonnement dans la longueur d'onde évidente) sont dans la gamme de longueurs d'onde de 1 centimètre, alors que les émissions par radio de la couronne approchent une longueur d'onde d'un mètre. La taille du disque solaire par radio semble seulement plus grande que le disque solaire optique aussi longtemps que le télescope est accordé seulement à centimètre à la gamme des longueurs d'onde de 10 centimètre. Mais aux longueurs d'onde plus longues, le disque solaire par radio est beaucoup plus grand, y compris, comme le fait il, la couronne, qui prolonge des millions de kilomètres au-dessus de la photosphère.

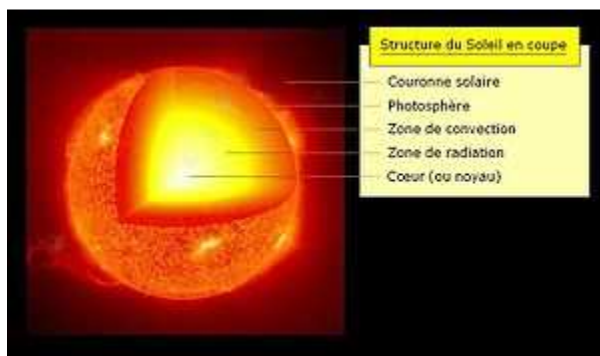


Fig. 2.1: Structure du Soleil en coupe

Les taches solaires sont des secteurs apparaissant plus foncés sur la photosphère, et, comme mentionné ci-dessus, elles semblent flotter dans l'excédent de fréquence environ un cycle de 11ans. Elles semblent plus foncées parce qu'elles sont " refroidies " de 4000°C relativement à la surface à 6000°C environnante. Elles sont les centres des champs magnétiques, apparemment liés au champ magnétique du soleil. Il est possible que les lignes magnétiques du soleil obtenues périodiquement soient " embrouillées " et déstabilisées

puisque le taux du soleil de rotation change de l'équateur aux poteaux. L'éclatement d'éruptions chromosphériques de l'atmosphère supérieure du soleil est habituellement associé aux groupes de tache solaire.

Les éruptions chromosphériques émettent sous peu des éclats de l'énergie par radio, avec des longueurs d'onde observables de la terre d'environ 1 à 60 m (300-5 MHz). Parfois pendant les fusées intenses, un jet des particules de grande énergie de rayon cosmique est émis, voyageant à plus de 500-1000 kilomètres par sec. Quand ces particules chargées atteignent le champ magnétique de la terre, nous obtenons les orages magnétiques et l'aurore. Le modèle des émissions par radio des éruptions chromosphériques semble provenir d'un plus grand secteur de la surface solaire que le modèle du rayonnement d'évidente gamme, mais il est encore évident qu'ils soient le résultat de la même activité.

Le rayonnement lié aux éruptions chromosphériques est circulairement polarisé, plutôt qu'aléatoirement polarisé de même qu'habituel des sources extraterrestres. Cette polarisation peut être provoquée par des électrons tournant dans le champ magnétique localisé et intense de la fusée. Le soleil est étudié par les astronomes par radio directement, en observant les émissions par radio réelles du soleil, et indirectement, en observant l'effet du rayonnement du soleil sur l'ionosphère de la terre.

Mais le rayonnement du soleil nécessite des conditions pour être arrivés sur la Terre. Il y a ce qu'on appelle les altitudes critiques et les sursauts solaires.

Les altitudes critiques

L'atmosphère solaire (la couronne) est constituée d'un gaz très fortement ionisé (plasma) et possède donc la propriété de ne pouvoir propager toutes les ondes radioélectriques.

En l'absence de champ magnétique, seules peuvent se propager les ondes dont la fréquence est supérieure à une certaine **fréquence critique** dépendant de la densité des électrons au point considéré. Cette fréquence critique, ou fréquence de plasma est donnée par la formule :

$$F_c = 9 (N_e)^{1/2}$$

La densité électronique (N_e) décroissant avec l'altitude dans la couronne, à chaque fréquence correspond une altitude critique au-dessous de laquelle l'onde ne pourra se propager. Autrement dit, une onde ne pourra parvenir jusqu'à nous que si elle est émise à une altitude supérieure à l'altitude critique, ainsi mesurer le rayonnement solaire à différentes fréquences revient à étudier des couches d'altitudes différentes dans la couronne. Il serait possible de dresser un tableau des fréquences critiques en fonction de l'altitude si on connaissait bien la loi de variation de la densité électronique, mais cette loi est mal connue et dépend de l'activité solaire. Certains auteurs ont proposé des modèles qui conduisent approximativement au tableau 2.1. En présence d'un champ magnétique, la propagation des ondes dans un plasma est plus complexe. Une onde se propageant parallèlement au champ magnétique peut se dédoubler en deux composantes de polarisations opposées et de vitesses différentes correspondant à des altitudes critiques différentes. Ainsi, une onde émise entre les deux altitudes critiques sortira entièrement polarisée.

Altitude (km /photosphère)	Distance au centre (rayon solaire)	Fréquence critique (Mhz)
500	1,0007	6 800
1 000	1,0014	5 600
2 000	1,0029	3 800
4 000	1,0058	1 800
6 000	1,0086	820
10 000	1,0144	176
21 000	1,0300	160
42 000	1,0600	140
69 500	1,1000	111
139 000	1,2000	74
209 000	1,3000	54
278 000	1,4000	42
348 000	1,5000	34
417 000	1,6000	28
556 000	1,7000	19
695 000	2,0000	14

Tableau 2.1 - Altitude critique en fonction de la fréquence

Emission thermique du Soleil calme

Un gaz ionisé émet un rayonnement thermique dû au freinage des électrons libres dans le champ électrique créé par les protons. C'est l'émission dite « free-free » dont l'intensité dépend de la température et de la densité électroniques. Si le gaz est optiquement épais, sa brillance est exprimée par la **formule de Planck** qui prend, dans le cas des ondes radio, la forme simplifiée de **Rayleigh-Jeans** :

$$B = 2kT_e / \lambda^2$$

Pour les ondes inférieures à 1 mètre, on peut considérer que l'épaisseur de gaz traversée sur l'axe Terre-Soleil est grande. De plus, l'épaisseur optique croît très vite au voisinage de l'altitude critique, ce qui fait que la température de brillance est égale à la température électronique à cette altitude. On passe ainsi d'une température de 6000 à 7000 K pour les ondes millimétriques à 1 000 000 K pour les ondes métriques. Pour les ondes plus longues, la couronne solaire devient transparente et sa température de brillance devient inférieure à la température électronique. L'intensité de l'émission du Soleil calme va donc décroître aux longueurs d'onde supérieures à 1 mètre.

En ondes centimétriques et décimétriques se produit le phénomène de l'anneau brillant, le pourtour du Soleil étant plus brillant que le centre. Cela est dû au fait que la contribution de la couronne est plus importante, relativement, sur les bords que vers le centre. C'est le phénomène inverse de l'assombrissement centre-bord observé dans le domaine visible.

Les sursauts solaires

Plusieurs types d'émissions accompagnent les éruptions, ce sont les émissions radio qui se trouvent du côté Ouest du soleil, qui parviennent à la Terre. Suivant les caractéristiques de leur spectre et leur évolution dans le temps, on distingue au moins 5 types de sursauts différents :

- Type I : émissions très brèves, une fraction de seconde, et de faible largeur de bande (quelques MHz seulement) qui se superposent à une émission continue pour former ce que l'on appelle les **orages de bruit**.

- Type II : émissions relativement rares observées au début de certaines éruptions. Elles apparaissent d'abord en fréquence élevée et dérivent vers les fréquences basses. Leur durée est d'une dizaine de minutes. Elles peuvent se manifester sur des fréquences harmoniques, à une vitesse de quelque centaine à 2000 Km/s.

-Type III : sursauts très brefs dérivant rapidement vers les fréquences basses. Parfois cette dérive peut s'inverser (sursauts de type U). Ils se manifestent également sur des fréquences harmoniques, à une vitesse de 1/4 de la vitesse de la lumière.

- Type IV : émissions à large bande spectrale durant entre quelques minutes et plusieurs heures : ce sont des émissions de plasma ou synchrotron.

- Type V : émissions à large bande rappelant les types IV mais beaucoup plus courtes (1 minute en moyenne). On les observe après certains types III. Leur origine reste encore incertaine.

D'autres types de sursauts ont été identifiés. Un grand travail reste encore à faire pour les classer et expliquer leur origine.

2.3 Sources galactiques et extragalactiques

Nous pouvons penser que les émissions par radio extraterrestres est un commencement dans notre galaxie ou extérieur de notre galaxie. À l'intérieur de notre galaxie, les restes des explosions de supernova sont des sources fortes des émissions par radio. En dehors de notre galaxie, nous trouvons la grande variation des émissions par radio de différentes galaxies. Ainsi nous avons arbitrairement divisé ces autres galaxies en " normale " et " actives ".

Les galaxies normales ne sont pas des sources très fortes. Par exemple, la grande spirale d'Andromède, la plus grande galaxie dans notre prétendu groupe local de galaxies, émet une puissance de 10^{32} watts. En revanche, Cygnus A, plus de moitié de milliard d'années loin de la

terre, est une des sources par radio les plus remarquables dans le ciel, avec un résultat de puissance de 10^{38} watts.

Les galaxies actives incluent les galaxies, les quasars, les blasars, et les galaxies par radio de Seyfert. Les galaxies par radio émettent une quantité très grande d'ondes radio. Les quasars, inventés de l'expression «source par radio quasi-stellaire», peuvent verser de l'énergie d'un million de fois plus puissant qu'une galaxie normale. Les quasars sont les objets les plus éloignés que nous avons détectés.

Et certains semblent reculer de nous à un taux 90% la vitesse de la lumière.

Les blasars sont des galaxies avec des centres extrêmement lumineux, dont la luminosité semble changer nettement sur une période très courte.

Les galaxies de Seyfert sont également des sources intenses de rayonnement dont les spectres incluent des lignes d'émission.

Le mécanisme rayonnement radiation production prédominant est le rayonnement de synchrotron. Une galaxie active peut rayonner 1.000.000 de fois plus puissantes dans les fréquences par radio qu'une galaxie normale. Une grande partie du rayonnement semble souvent venir du noyau de la galaxie.

Les " bruits " compliquent la tâche de l'astronome par radio, la rendant parfois difficile de distinguer des émissions d'un objet à l'étude des émissions étrangères produites par d'autres sources voisines. L'interférence vient des sources normales et artificielles, les dernières qui deviennent un plus grand problème chaque jour.

Les sources normales d'interférence incluent:

- les émissions par radio du soleil
- les foudres
- les émissions des particules chargées (ions) dans l'atmosphère supérieure

Parmi la liste croissante faite par les humains les sources d'interférence sont:

- les générateurs de puissance
- les équipements de radar de bord
- les émetteurs et les transpondeurs satellites
- les téléphones cellulaires

Les générateurs faits par les humains d'origine terrestre (tel que des transmissions de radio et de télévision) voyage le long de la terre et de l'excédent l'horizon. Elle n'était qu'une

interférence a tendu à être faible au niveau du sol, augmentant dans la force avec la taille au-dessus de la terre. Pour cette raison, la plupart des télescopes par radio ont été situés en vallées ou d'autres bas endroits, à la différence des télescopes optiques qui sont souvent construits sur la montagne complète. Cependant, de plus en plus, l'interférence au niveau du sol devient un problème même pour les télescopes par radio bas-low-lying.

Chapitre3:

LES PROPRIETES DE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE

3.1 Qu'est-ce qu'un rayonnement électromagnétique?

Le sujet est une limite de physique pour un champ qui est sous l'influence d'une certaine force qui peut agir sur la matière dans ce champ. Par exemple, le soleil produit un champ de la gravité qui attire les planètes dans le système solaire et influence aussi leurs orbites.

Les charges électriques stationnaires produisent des champs électriques, tandis que les charges électriques en mouvement produisent les champs électriques et magnétiques.

Ce que nous appelons rayonnement électromagnétique, régulièrement répétant des changements de produit de ces champs. Le rayonnement électromagnétique transporte l'énergie du point au point. Ce rayonnement propage (des mouvements) dans l'espace à 299 792 kilomètres par seconde (environ 186 000 mètres par seconde).

C'est-à-dire, il voyage à la vitesse de la lumière, en effet la lumière est juste une forme de rayonnement électromagnétique.

Quelques autres formes de rayonnement électromagnétique sont les rayons X, les micro-ondes, le rayonnement infrarouge, les ondes radio, et le rayonnement ultraviolet. Les propriétés du rayonnement électromagnétique dépendent fortement de sa fréquence.

La fréquence est le taux auquel le champ électromagnétique de rayonnement oscille. Les fréquences du rayonnement électromagnétique sont indiquées par Hertz (hertz), appelé par Heinrich Hertz (1857-1894), la première personne qui a produit les ondes radio. Un Hertz est un cycle par seconde (1/s).

3.1.1 Fréquence et longueur d'onde

Comme le rayonnement se propage à une fréquence donnée, il a une longueur d'onde associée, c'est à-dire, la distance entre les crêtes successives ou les cuvettes successives. Les longueurs d'onde sont généralement données en mètres (ou une certaine fraction décimale d'un mètre) ou angströms (10^{-10} mètre). Puisque tout le rayonnement électromagnétique voyage à la même vitesse (dans un vide), le nombre de crêtes (ou cuvettes) passant à un point donné dans l'espace dans une unité de temps donnée (parole, une seconde) change avec la longueur d'onde. Par exemple, 10 vagues de longueur d'onde de 10 mètres passeront par un point dans la même durée où il faudrait à 1 vague de longueur d'onde 100 mètres. Depuis toutes les formes d'énergie électromagnétique voyage à la vitesse de la lumière, la longueur d'onde est égale à la vitesse de la lumière divisée par la fréquence de l'oscillation (se déplaçant de la crête à la crête ou de la cuvette à la cuvette).

Puisque nous parlons de la fréquence du rayonnement électromagnétique en termes d'oscillations par seconde et la vitesse de la lumière en termes de distance a voyagé par seconde, nous pouvons dire la vitesse de la lumière telle que

vitesse de la lumière = longueur d'onde X fréquence

$$\text{La longueur d'onde} = \frac{\text{vitesse de la lumière}}{\text{fréquence}} \text{ ou } \lambda = \frac{c}{f}$$

$$\text{Fréquence} = \frac{\text{vitesse de la lumière}}{\text{longueur d'onde}} \text{ ou } f = \frac{c}{\lambda}$$

3.1.2 Propagation de vague de la loi d'Inverse carrée de la propagation

Pendant que le rayonnement électromagnétique laisse sa source voyageant dans les lignes droites, comme si elles couvraient la surface d'une sphère d'extension, le secteur augmente proportionnellement à la place de la distance que le rayonnement a voyagé. En d'autres termes, le secteur de cette sphère d'extension est calculé comme $4\pi R^2$, où R est la distance que le rayonnement a voyagé, c'est à-dire, le rayon de la sphère d'extension. Ce rapport est connu comme la loi d'inverse carrée de la propagation (électromagnétique). Il explique la perte de l'espace fini du force de signal, appelée la perte de l'espace. Par exemple, Saturne est approximativement 10 fois plus loin du soleil que la terre (la terre pour exposer au soleil, la distance est définie en tant qu'une unité, AU astronomiques). Avant que le rayonnement du soleil atteigne Saturne, il est réparti 100 fois le domaine qu'il couvre ainsi à un AU, Saturne reçoit seulement le 1/100 du flux d'énergie solaire (c'est-à-dire, énergie par unité de superficie) que cette terre reçoit.

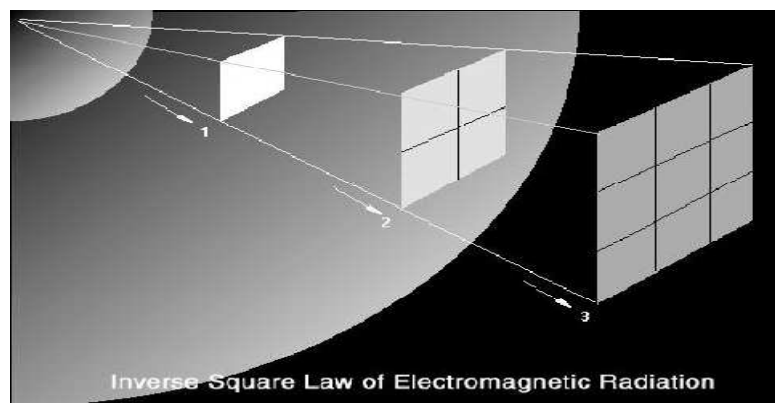


Fig.3.1 La loi d'inverse carrée de la radiation électromagnétique

La loi d'inverse carrée est significative à l'exploration de l'univers. Il signifie que la concentration du rayonnement électromagnétique diminue très rapidement avec l'augmentation de la distance de l'émetteur. Si l'émetteur est un vaisseau spatial avec un émetteur de basse puissance, une étoile extrêmement puissante, ou une galaxie par radio, en raison des grandes distances et du petit domaine que la terre couvre sur la sphère imaginaire énorme constituée par le rayon de l'énergie d'extension, elle fournira seulement un peu d'énergie à un détecteur sur terre.

3.1.3 Le spectre électromagnétique

La lumière est un rayonnement électromagnétique à ces fréquences auxquelles les yeux humains s'avèrent justement être sensibles. Mais le spectre électromagnétique n'a aucune limite supérieure ou inférieure des fréquences. Il a certainement une gamme beaucoup plus large de fréquence que l'œil humain peut détecter. Par ordre de fréquence croissante (et de longueur d'onde décroissante), le spectre électromagnétique inclut la fréquence par radio (RF), l'infrarouge, la lumière visible, l'ultra-violet, les rayons X, et les rayons gamma. Ces désignations décrivent seulement différentes fréquences du même phénomène: le rayonnement électromagnétique.

Le rayonnement électromagnétique avec des fréquences environ entre 5 kHz et 300 GHz sont désignés sous le nom de la fréquence par radio (RF) et ont divisées en gammes appelées les " bandes, " comme la " S-bande ", " bande X ", etc...

Des télescopes par radio peuvent être accordés pour détecter à l'oreille des fréquences dans certaines bandes.

Bandes	Longueurs d'onde (cm)	Fréquences(GHz)
L	30-15	1-2
S	15-7,5	2-4
C	7,5-3,75	4-8
X	3,75-2,4	8-12
K	2,4-0,75	12-40

Tableau 3.1 : les différentes gammes du rayonnement électromagnétique

Notes : Les définitions de bande changent légèrement parmi différentes sources.

3.2 Polarisation d'ondes

Si les ondes électromagnétiques ne rencontrent aucune barrière comme elles voyagent dans un espace vide idéalisé, elles voyagent en lignes droites. Comme mentionné au début de ce chapitre, les charges électriques stationnaires produisent les champs électriques, et les charges électriques en mouvement produisent les champs magnétiques et électriques.

Ainsi, il y a deux composants à une onde électromagnétique, le champ électrique et le champ magnétique. Dans l'espace libre, les directions des champs sont perpendiculaires à la direction de la propagation de la vague.

Le champ magnétique s'appelle le vecteur magnétique, et le champ électrique s'appelle le vecteur électrique. Un champ de vecteur a une grandeur et une direction à n'importe quel point donné dans l'espace. La polarisation des ondes électromagnétiques est définie comme la direction du vecteur électrique.

Si le vecteur électrique se déplace à un angle constant en ce qui concerne l'horizon, les vagues seraient linéairement polarisées. Dans la transmission d'onde radio, si la polarisation est parallèle à la surface de la terre, la vague serait horizontalement polarisée. Si la vague est rayonnée dans un plan vertical, elle serait verticalement polarisée. Des vagues peuvent également être circulairement polarisées, par lequel l'angle du vecteur électrique (ou magnétique) tourne autour d'une ligne (imaginaire) voyageant dans la direction de la propagation de la vague.

La rotation peut être vers la droite ou gauche.

Le rayonnement de fréquence par radio des sources extraterrestres peut polariser linéairement ou circulairement, ou quelque chose dans l'intervalle, ou non polarisé. La polarisation des vagues fournit à des astronomes des informations additionnelles sur leur source.

3.3 Les mécanismes d'émissions électromagnétiques

Heureusement pour nous, ces différences de fréquence, avec quelques autres propriétés, fournissent beaucoup d'informations sur la source de rayonnement.

Le rayonnement électromagnétique est produit par les mécanismes thermiques ou les mécanismes non-thermiques.

Les exemples du rayonnement thermique incluent

- les émissions continues de spectre liées à la température des émissions d'objet ou de matériel.
- les fréquences spécifiques de l'hydrogène neutre et d'autres atomes et molécules.

Les exemples des mécanismes non-thermiques incluent

- les émissions dues aux rayonnements synchrotron
- les émissions amplifiées dues aux MASERS astrophysiques.

3.3.1 Rayonnement thermique

Avez-vous su que n'importe quel objet qui contient n'importe quelle énergie calorifique émet du rayonnement?

Quand vous campez, si vous mettez une grande roche dans votre feu pendant un moment, la roche émettra l'énergie qu'elle a absorbée comme rayonnement, et vous pouvez sentir de la chaleur si vous tenez votre main à quelques distances. Les physiciens appelleraient la roche un " corps noir " parce qu'il absorbe toute énergie et émet toute énergie à toutes les fréquences (bien que pas également) au même taux qu'elle absorbe l'énergie.

Toute la matière dans l'univers connue se comporte de cette façon.

Quelques objets astronomiques émettent la plupart du temps le rayonnement infrarouge, d'autres la plupart du temps la lumière visible, d'autres la plupart du temps le rayonnement ultraviolet. La propriété la plus importante qui détermine le rayonnement émis est la température.

En solides, les molécules et les atomes vibrent sans interruption. Dans un gaz, les molécules bourdonnent vraiment autour, sans interruption se cognant l'un de l'autre. Quel que soit la quantité de mouvement moléculaire produisant dans la matière, la vitesse est liée à la température.

Plus le matériel est chaud, plus ses molécules vibrent ou se déplacent rapidement. Le rayonnement électromagnétique est produit toutes les fois que les charges électriques accélèrent c'est-à-dire, quand ils changent la vitesse ou la direction de leur mouvement. Dans un objet chaud, les molécules vibrent sans interruption (si un solide) ou se cognent l'un de l'autre (si un liquide ou un gaz), s'envoyant au loin dans différentes directions et à différentes vitesses. Chacune de ces collisions produit le rayonnement électromagnétique aux fréquences tout à travers le spectre électromagnétique. Cependant, la quantité de rayonnement émise à chaque fréquence (ou à bande de fréquence) dépend de la température du matériel produisant le rayonnement.

Elle s'avère que plus les longueurs d'onde (et plus haut la fréquence) sont courtes, plus l'énergie que le rayonnement porte augmente.

N'importe quelle matière qui est chauffée au-dessus de l'absolu zéro produit de l'énergie électromagnétique. L'intensité de l'émission et de la distribution des fréquences sur le spectre électromagnétique dépendent de la température de la matière d'émission. Dans la théorie, il est possible de détecter l'énergie électromagnétique de n'importe quel objet dans l'univers. Les étoiles évidentes rayonnent beaucoup d'énergie électromagnétique.

Beaucoup de cette énergie doit être dans la partie évidente du spectre, autrement elles ne seraient pas des étoiles évidentes.

Une partie de l'énergie doit être dans la pièce de micro-onde (radio de vague courte) du spectre, et c'est l'étude d'astronomes de pièce à l'aide des télescopes par radio.

3.3.1.1 Les caractéristiques de corps noirs

Le corps noir a ainsi trois caractéristiques:

- Un corps noir avec une température plus haute que le zéro absolu émet une certaine énergie à toutes les longueurs d'ondes.
- Un corps noir à température élevée émet plus d'énergie à toutes les longueurs d'ondes que plus fraîches.
- Plus la température est haute, plus est courte la longueur d'onde à laquelle l'énergie maximum est émis.

Pour illustrer, à un arrangement de basse température, un brûleur sur un fourneau électrique émet le rayonnement infrarouge, qui est transféré à d'autres objets (tels que les pots et la nourriture) comme chaleur. À température élevée, elle émet également la lumière rouge (extrémité de plus basse fréquence de gamme légère évidente). Si le circuit électrique pourrait fournir assez d'énergie, à mesure que la température augmentait plus loin, le brûleur tournerait le jaune, ou même bleu-blanc.

Le soleil et d'autres étoiles peuvent, pour la plupart des buts, être considérés des corps noirs. Ainsi nous pouvons estimer les températures de ces objets basés sur les fréquences du rayonnement qu'ils émettent, en d'autres termes, selon leurs spectres électromagnétiques.

Pour le rayonnement produit par les mécanismes thermiques, le tableau suivant donne des échantillons de gammes de longueurs d'onde, des températures de la matière émettant dans cette gamme, et de quelques sources d'exemple d'un tel rayonnement thermique.

Types de radiation	Longueurs d'ondes (nm)	Température	Types de sources
Rayon gamma	Moins de 0,01	Plus de 10^8 K	Réaction nucléaire
Rayons X	0,01-20	10^6 - 10^8 K	Couronne solaire, reste de supernova
Ultra-violet	20-400	10^5 - 10^6 K	Etoiles à température élevée, reste de supernova
Rayon visible	400-700	10^3 - 10^5 K	Etoiles extérieures
Infrarouge	10^3 - 10^6	10 - 10^3 K	Planète, satellites
radio	Plus de 10^6	Moins de 10K	

Tableau 3.2: Les échantillons de gammes de longueurs d'onde et des sources de rayonnement thermique

Plus l'objet est chaud, plus la longueur d'onde du rayonnement qu'il émet est courte. En fait, aux températures plus chaudes, plus d'énergie est émise à toutes les longueurs d'onde. Mais la quantité maximale d'énergie est rayonnée à des longueurs d'onde plus courtes pour les températures plus élevées. Ce rapport est connu comme la loi de Wien.

Un faisceau de rayonnement électromagnétique peut être considéré comme un jet des minuscules depaquets d'énergie appelés des photons. La loi de Planck déclare que l'énergie portée par un photon est directement proportionnelle à sa fréquence. Pour arriver à la valeur exacte d'énergie, la fréquence est multipliée par la Constante de Planck, qui s'est avéré expérimentalement $6,625 \times 10^{-27}$ l'erg sec. (L'erg est une unité d'énergie.)

Si nous résumons les contributions de toutes les parties du spectre électromagnétique, nous obtenons toute l'énergie émise par un corps noir au-dessus de toutes les longueurs d'ondes. Que l'énergie totale, émise par seconde par mètre carré par un corps noir à une température donnée est proportionnelle à la quatrième puissance de sa température absolue. Ce rapport est connu comme loi de Stefan-Boltzmann. Si le soleil, par exemple, étaient deux fois plus chaud qu'il est et la même taille, c'est à dire, si sa température étaient 11 600 K, elle rayonnerait²⁴, ou 16 fois plus d'énergie qu'elle est maintenant.

La densité de flux du rayonnement est définie comme énergie reçu par unité de superficie par unité de largeur de bande de fréquence. Les astronomes considèrent également l'éclat du rayonnement, qui est plus mathématiquement un calcul précis de l'énergie reçue par unité de superficie, pour une largeur de bande particulière de fréquence, et également la prise en compte de l'angle d'incidence sur la surface de mesure et de l'angle en plein ciel par la source.

L'éclat du rayonnement reçu (à toutes les fréquences) est ainsi lié à la température de l'objet d'émission et de la longueur d'onde du rayonnement reçu.

La variation de l'éclat avec la fréquence s'appelle le spectre d'éclat. La puissance spectrale est l'énergie observée par unité d'heure pour une largeur de bande spécifique de fréquence.

A n'importe quelle fréquence, il y a une seule température pour chaque éclat. Ainsi, si vous pouvez mesurer l'éclat de l'énergie à une fréquence donnée, vous savez la température de l'objet d'émission.

En dépit de leurs températures, non toutes les étoiles évidentes sont de bons émetteurs de fréquence par radio.

Nous pouvons détecter des étoiles aux fréquences par radio seulement

si elles émettent par les mécanismes non-thermiques (décrits après),

si elles sont dans notre système solaire (c'est-à-dire, notre soleil),

s'il y a au delà de l'étoile de gaz qui les émet (par exemple, un vent stellaire).

Pendant qu'elle s'avère, les étoiles les plus chaudes et les plus lumineuses émettent plus d'énergie aux fréquences au-dessus de la gamme évidente qu'au-dessous d'elle. De telles étoiles sont connues pour leur rayon X et rayonnement atomique de particules. Cependant, les générateurs thermiques intenses tels que notre propre soleil émettent assez d'énergie dans les fréquences par radio pour leur faire de bons candidats pour les études de radio d'astronomie. La voie lactée émet l'énergie par radio thermique et non-thermique, donnant aux radioastronomes une variété riche de données pour réfléchir.

Nos observations de rayonnement d'origine thermique ont deux caractéristiques qui aident à la distinguer à d'autres types de rayonnement. Le rayonnement thermique se reproduit sur un haut-parleur en tant que sifflement statique pur, et l'énergie du rayonnement d'origine thermique augmente habituellement avec la fréquence.

3.3.1.2 Des émissions de continuum du rayonnement thermique de gaz ionisé

Le rayonnement du corps noir est également émis par des gaz. Les plasmas sont des gaz ionisés et sont considérés être un quatrième état de la matière, après les solides, liquides, et gaz. En fait, les plasmas sont la forme la plus commune de matière dans l'univers connu (constituant jusqu' à 99%) puisqu'ils se produisent à l'intérieur des étoiles et dans les gaz interstellaires. Cependant, les plasmas naturels sont relativement rares sur terre principalement parce que les températures doivent rarement assez haut pour produire le degré nécessaire d'ionisation. Le flash d'un boulon de foudre et de la lueur des aurores boréales sont

des exemples des plasmas. Mais immédiatement au delà de l'atmosphère de la terre est le plasma comportant les ceintures de rayonnement d'Allen de fourgon et le vent solaire.

Un atome dans un gaz devient ionisé quand un autre atome le bombarde avec de l'énergie suffisante pour assommer un électron, de ce fait laissant un ion franchement chargé et un électron négativement chargé. Une fois séparée, les particules chargées tendent à recombiner avec leur opposé à un taux dépendant sur la densité des électrons. Pendant que l'électron et l'ion accélèrent vers un autre, l'électron émet l'énergie électromagnétique. Encore, l'énergie cinétique des atomes se heurtant tend à les séparer dans l'électron et l'ion positif, et le processus continuent indéfiniment.

Le gaz aura toujours une certaine proportion de neutre avec les atomes ionisés.

Pendant que les particules chargées se déplacent autour, elles peuvent produire des concentrations locales de charge positive ou négative, qui provoque les champs électriques et magnétiques. Ces champs affectent le mouvement d'autres particules loin chargées.

Ainsi, les éléments du gaz ionisé exercent une force sur un autre même à de grandes distances. Un gaz ionisé devient un plasma quand assez des atomes sont ionisés de sorte que le gaz montre le comportement collectif. Toutes les fois qu'une vaste quantité d'ions libres et chargés opposés coexistent dans un espace relativement petit, la combinaison de leurs réactions peut s'ajouter jusqu' au rayonnement intense, continu, à large bande de fréquence par radio.

De telles conditions règnent autour des étoiles, des nébuleuses, des faisceaux d'étoiles, et même des planètes.

3.3.1.3 Les émissions spectrales de ligne des atomes et des molécules

Tandis que le mécanisme d'émissions thermique d'énergie des gaz ionisés implique des électrons détachés des atomes, des émissions de ligne d'hydrogène neutre et d'autres atomes et molécules impliquent les électrons à changer des états d'énergie dans l'atome, en émettant un photon d'énergie à une longueur d'onde caractéristique de cet atome. Ainsi, ce mécanisme de rayonnement s'appelle l'émission de ligne, puisque la longueur d'onde de chaque atome occupe une " ligne " discrète sur le spectre électromagnétique.

Dans le cas d'un atome d'Hydrogène neutre de bas états d'énergies le proton et l'électron tournent dans des directions opposées. Si l'atome d'hydrogène acquiert une petite quantité d'énergie en se heurtant un atome ou un électron différent, les rotations du proton et de l'électron dans l'atome d'hydrogène peuvent aligner, laissant l'atome dans un état légèrement

passionnant. Si l'atome perd alors cette quantité d'énergie, il revient à son état fondamental. La quantité d'énergie perdue est liée à un photon de longueur d'onde de 21,11 centimètres (fréquence 1428 MHz). L'hydrogène est l'élément principal dans l'univers. Puisque c'est le constituant principal du gaz interstellaire, nous caractérisons une région de l'espace interstellaire par son hydrogène soit hydrogène neutre, dans ce cas nous l'appelons une région de H I, soit ionisé, dans ce cas nous l'appelons une région de H II. Quelques chercheurs impliqués dans la recherche de l'intelligence extraterrestre ont raisonné qu'une autre espèce intelligente pourrait employer cette émission universelle de ligne de la longueur d'onde 21 centimètres par l'hydrogène neutre pour coder un message; ainsi ces chercheurs ont accordé leurs antennes spécifiquement pour détecter des modulations à cette longueur d'onde. Mais, peut-être plus utilement, les observations de cette longueur d'onde nous ont fourni beaucoup d'informations sur les endroits et l'ampleur interstellaires et le gaz interstellaire froid. Et ainsi le but du projet SKA qui en ce moment est en cours d'installation et discutable entre l'Afrique du Sud et l'Australie.

3.3.2 Rayonnement non-thermique

Le rayonnement de synchrotron est également produits par des mécanismes indépendants de la température de l'objet (c'est-à-dire, rayonnement thermique). Ici nous discutons quelques exemples de rayonnement non-thermique.

3.3.2.1 Le rayonnement synchrotron

Malgré le vaste nombre de sources des émissions thermiques, une grande partie du rayonnement de notre propre galaxie, en particulier le rayonnement de fond découvert par Jansky, et la plupart de cela d'autres galaxies est d'origine non-thermique. Le mécanisme principal derrière ce type de rayonnement n'a rien à faire avec la température, mais plutôt avec l'effet des particules chargées agissant l'un sur l'autre avec les champs magnétiques.

Quand une particule chargée décrit un champ magnétique, le champ le contraint pour se déplacer dans un cercle ou un chemin de spirale autour des lignes magnétiques de la force. La particule est ainsi accélérée et rayonne de l'énergie.

Dans des conditions non-relativistes (c'est-à-dire, quand les vitesses de particules sont bien au-dessous de la vitesse de la lumière), ce rayonnement de cyclotron n'est pas assez fort pour avoir beaucoup d'importance astronomique. Cependant, quand la vitesse de la particule atteint

presque la vitesse de la lumière, il émet une forme beaucoup plus forte de rayonnement de cyclotron appelé rayonnement synchrotron.

3.3.2.2 Quasars

Quasars sont une source de rayonnement synchrotron non seulement aux longueurs d'onde par radio, mais également aux longueurs d'onde évidentes et de rayon X.

Une différence importante dans le rayonnement de courant ascendant contre les mécanismes non-thermiques est que tandis que l'intensité (énergie) du rayonnement thermique augmente avec la fréquence, l'intensité du rayonnement non-thermique diminue habituellement avec la fréquence.

3.3.2.3 Masers

Masers astronomiques sont une autre source de rayonnement non-thermique.

«MASER» est l'abréviation Microwave-Amplified Stimulated Emission of Radiation. Les MASERS sont des emplacements très compacts dans les nuages moléculaires où l'émission de certaines lignes moléculaires peut être énormément amplifiée. Le milieu interstellaire contient un peu de l'espèce moléculaire telle que l'eau (H₂O), les radicaux d'hydroxyle (OH), l'oxyde de silicium (SiO), et le méthanol (CH₃OH). Normalement, en raison de la pénurie de ces molécules, il serait très difficile de détecter leurs émissions de ligne. Cependant, en raison du phénomène de "masing" ces nuages peuvent être détectés dans d'autres galaxies.

En termes simplifiés, masing se produit quand les nuages de ces molécules rencontrent un champ de rayonnement intense, de ce type d'une source voisine telle qu'une étoile lumineuse, ou quand ils heurtent les molécules H₂ bien plus abondantes. Ce qui s'appelle l'"inversion de population" se produit, dans laquelle il y a plus de molécules dans un état passionnant (c'est-à-dire, leurs électrons "ont sauté" à une force plus élevée), que dans un état fondamental stable. Ce phénomène s'appelle pompage. Pendant que le rayonnement causant le pompage voyage par le nuage, le rayon original est amplifié exponentiellement, émergeant à la même fréquence et phase que le rayon original, mais considérablement amplifié. Quelques MASERS émettent aussi puissant que des étoiles.

Ce phénomène est lié à celui des émissions spectrales de ligne. Par ailleurs, ce même principe est employé dans un dispositif appelé un amplificateur de MASER, qui est installé en tant qu'élément de quelques télescopes par radio pour amplifier le signal reçu par l'antenne.

On a aussi les rayonnements appelés rayonnements cosmiques.

3.3.3Le rayonnement cosmique

Le rayonnement cosmique est un flux de particules énergétiques chargées qui bombarde de façon continue les couches supérieures de l'atmosphère terrestre. Il est aujourd'hui établi que la source de ce rayonnement est galactique mais les sites de production et d'accélération de ces particules restent inconnus même si plusieurs indices semblent montrer que l'environnement des supernovae constitue un candidat naturel. Les particules issues de ces sources sont diffusées et confinées par le champ magnétique galactique. Le flux de particules arrivant au niveau de la Terre est donc, en dehors des effets locaux dus au champ magnétique terrestre, isotrope. De plus, lors de la propagation dans la Galaxie, les ions du rayonnement cosmique interagissent avec la matière interstellaire et produisent par fragmentation des particules dites secondaires.

La mesure précise du flux des ions du rayonnement cosmique a pour objectif d'établir l'origine et d'étudier les processus d'accélération et de propagation du rayonnement cosmique. En particulier la mesure des rapports secondaire sur primaire permet de contraindre très efficacement les modèles de propagations du rayonnement cosmique dans la Galaxie car elle est directement liée au grammage vu par les particules lors de la propagation. La connaissance et la caractérisation des processus liés à la propagation permet de reconstruire le spectre source du rayonnement cosmique et donc de contraindre les processus d'accélération à l'origine du rayonnement cosmique et une contribution exotique.

Chapitre 4:

INTERPRETATION DES RESULTATS ISSUS DE L'ANTENNE

4.1 But de l'expérimentation

Le but de l'expérimentation est de

- Tester le radiotélescope établi l'année dernière.
- Enregistrer les émissions radio en provenance du soleil.
- En déduire:
 - La largeur de lobe de l'antenne
 - La température de brillance du Soleil

Pour pouvoir atteindre ce but il nous faut les matériels cités ci-dessous:

- Une antenne parabolique de 3 mètres de diamètre avec son LNBF
- Un traceur de satellite (Satellite Finder)
- 2 prises de type F, une prise BNC avec 15 mètres de câble coaxial
- Un convertisseur Analogique Numérique avec un logiciel PC-Lab 2000.
- Un ordinateur
- Une alimentation stabilisée de 13 ou 18V

4.2 Description du radiotélescope

Les ondes radioélectriques sont relativement longues: de 1 mm environ à plus de 1 km. Pour former une image radio nette, les radiotélescopes doivent avoir une dimension suffisamment grande afin de concentrer les signaux incidents.

Une antenne parabolique, communément appelée parabole par le grand public, est une antenne disposant d'un réflecteur paraboloidal, basé sur les propriétés géométriques de la courbe nommée parabole et de la surface nommée paraboloïde de révolution.

4.2.1 Le réflecteur parabolique

Le réflecteur utilisé est tout simplement une antenne parabolique de 3 mètres de diamètre réalisé en grillage à maille fine que l'on peut trouver dans le commerce. Celle-ci étant destinée à l'origine à la réception des émissions de télévision par satellite. On a choisi l'antenne à grillage pour faire face aux prises de vent.

Elle a pour rôle de concentrer le rayonnement en provenance du soleil au foyer de l'antenne.

L'antenne est donc capable de capter les ondes radio provenant d'un satellite, ainsi que du Soleil. Cependant, il n'a pas de possibilité d'observer des sources radio moins intenses que

ces dernières, ni d'observer une corrélation entre le nombre de taches solaires et l'intensité des ondes provenant d'un astre.



Figure 4.1: L'antenne utilisée comme radiotélescope

La puissance reçue par l'antenne est d'autant plus grande que la surface du réflecteur est grande mais le gain dépend de la fréquence du signal reçu ou émis.

Le réflecteur peut être réalisé en tôle pleine, en grillage à maille fine ou encore en tissu de verre et résine polyester ou époxy.

Cas du réflecteur à grillage:

La solution la plus répandue pour les grandes paraboles c'est le réflecteur à grillage.

La dimension des trous du grillage ne doit pas être plus grande que le dixième de la longueur d'onde.

Exemple : pour une utilisation sur 3,4 GHz ($\lambda=8,8\text{cm}$) les trous ne devraient pas dépasser 8,8 mm.

Son avantage réside sur sa résistance au vent et plus faible de même que la réflexion des rayons infrarouge du soleil sur la source.

a- Structure:

Un réflecteur de dimension dépassant 2 mètres doit être rigidifié par des nervures ou soutenu avec des haubans fixés comme les suspentes d'un parachute.

La source est maintenue par une sorte de trépied sur les paraboles plus importantes "prime focus" comme sur la figure suivante.

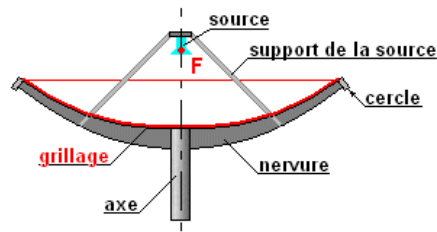


Figure 4.2 : Structure d'un radiotélescope

b- Monture:

Pour la poursuite des astres observés à l'aide du radiotélescope, l'antenne doit être mobile : on doit le pouvoir régler en hauteur et en Azimut

Avec une monture azimutale il est nécessaire d'utiliser deux commandes :

- un réglage de la direction (azimut) suivant l'axe x de la figure
- un réglage de la hauteur au-dessus de l'horizon (site) suivant l'axe y

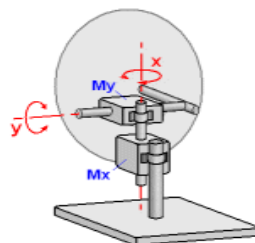


Figure 4.3 : monture du radiotélescope

4.2.2 Le dispositif focal

Le dispositif focal est un LNBF (*Low Noise Block Feedhorns*) ou “tête de parabole” à 0.3dB se trouvant au foyer des paraboles qui transforme les ondes électromagnétiques en signal électrique et qui abaisse la fréquence et aussi un matériel standard qui est vendu avec l'antenne.



Figure 4.4 : vue du LNB (Low Noise block)

Pour protéger la LNB et limiter les inconvénients des intempéries sur le réflecteur, un radôme peut être installé. C'est une sorte de bâche perméable aux ondes radio et résistant aux ultra-violets.

La LNB est constitué d'un cornet de dimensions ad hoc afin de former une passe bande (sélection d'une bande de fréquences), d'un préamplificateur, d'un dispositif de conversion de fréquence.

Ses principaux caractéristiques sont cités dans le tableau suivant

C-BAND DUAL POLARITY LNBF MIG-C200	
INPUT FREQUENCY:	3.4~4.2 GHz
OUTPUT FREQUENCY:	950~1750 MHz
L.O. FREQUENCY:	5.15 GHz $\pm$ 1 MHz
POLARITY:	SWITCHED H and V
CONVERSION GAIN:	65 dB
OPERATING TEMPERATURE:	-40 °C~+70 °C
DC SUPPLY VOLTAGE:	10-14.5 V (V) ,15.5-25 V (H)
SUPPLY CURRENT:	150 mA (MAX)
RF INPUT CONNECTER:	WAVE GUIDE WC-229
IF OUTPUT CONNECTER:	"F" TYPE FEMALE 75 Ω

Tableau 4.1 : Caractéristique du LNB

Un dispositif permet de sélectionner l'un des 2 monopoles se trouvant au fond du cornet : si on alimente la LNB avec une tension comprise (valeurs générales) entre 13 et 15 V, la polarisation sera verticale. Et si la tension d'alimentation est comprise entre 16 et 18V, la polarisation sera horizontale.

Alimentation électrique du LNB

Pour alimenter le récepteur, le constructeur nous laisse le choix entre 13 et 18 V. Pour alimenter correctement le radiotélescope, il faut utiliser une alimentation de laboratoire en HF, car une mauvaise alimentation génère des parasites, bruit de fond et autres joyeusetés et que si l'alimentation varie un peu, on ne saura plus si c'est une variation du signal, ou de l'alimentation stabilisée. Il faut aussi que le générateur puisse délivrer un fort courant de l'ordre de 2,5A.

4.2.3 Le traceur de satellite

La fréquence du signal en provenance du récepteur est très élevée, rendant la conception d'un appareil difficile. En effet, la longueur d'onde du signal est dans le même ordre de grandeur que les dimensions de l'appareil susceptible de le traiter. De ce fait, une extrême précision de même que de nombreux calculs sont nécessaires, afin d'éviter des interférences néfastes.

La meilleure idée est d'utiliser un traceur de satellites comme amplificateur de puissance totale.

Normalement, un tel appareil sert à orienter une antenne parabolique utilisée dans la réception d'émissions télévisuelles. L'aiguille du traceur utilisé dans cette démarche expérimentale indique sommairement la puissance totale des ondes comprises à l'intérieur de l'intervalle de réception, soit entre 0,95 et 2,25 gigahertz.

Les données sont ici recueillies en mesurant la différence de potentiel aux bornes de l'aiguille. Dans le cas du traceur de satellites sélectionné, la tension maximale est de 0,36 volts en courant continu.



Figure 4.5 : Vue du Satellite Finder

SPECIFICATIONS:

Frequency Range: 0.95 - 2.3 GigaHertz (GHz)

Gain: 17 dB

Sensitivity: 7 Micro Volts

Operating Range: LNB Gain is 52-60 dB

Input Level: -10 dBm to -40 dBm

Power Supply: +13/+18 V DC from LNB

Remarque : Le SatFinder doit subir une modification pour bien satisfaire à l'exigence utilisé avec les différents composants.

Les modifications du satellite Finder

Ouverture:

Tirer facilement le dos de la couvercle pour ouvrir le satfinder et il faut faire attention pour ne pas le détruire.

Prise d'alimentation:

Dessouder la prise F marquée to rec (les 2 soudures de la cosse de masse et la soudure centrale).

Souder à la place 2 fils (0,75 mm², 10 cm) de couleur différente (rouge pour le +, jaune pour le -, par exemple).

Adaptation de la tension de sortie

Pour utiliser le satfinder comme récepteur radio astronomique, il faut faire une petite modification. A la place buzzer on y met un pont diviseur de résistances, ce qui permet d'adapter la tension de sortie à la plage de mesure acceptée par le système d'enregistrement

(le convertisseur). Pour cela, on dessoude ses connections, c'est là que va être placé un pont diviseur de tension. C'est aussi là que va être connecté la prise BNC.

L'excursion de tension du satfinder varie entre 0 volt et 10 volts mais il faut le vérifier car cela peut varier suivant la tension d'alimentation de l'ensemble. Il est possible, suivant le CAN utilisé, que cette excursion soit trop forte. Il est donc indispensable de réduire la tension, ce qui est fait grâce à un diviseur de tension que voici :

Calcul de la tension de sortie en fonction de l'entrée :

En utilisant la méthode diviseur de tension dans le montage, on a :

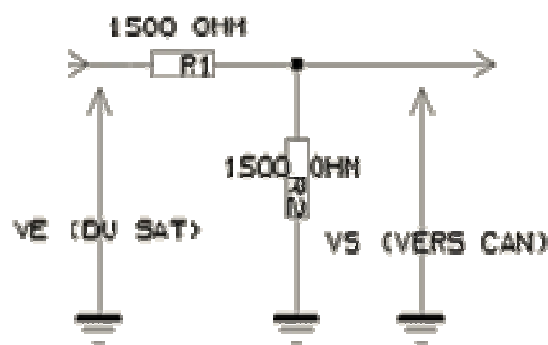


Fig.4.6 circuit a rajouté au satellite finder

Le pont diviseur va ramener ici la tension maximale V_e à la sortie du satfinder (aussi tension d'entrée du pont) en une tension V_s qui a pour valeur la moitié de V_e car les résistances R_1 et R_2 sont les mêmes, ils ont la même valeur $1,5k\Omega$.

Mais dans notre cas on n'a pas monté le diviseur de tension parce que notre CAN peut bien supporter la tension à la sortie du satfinder.

Mise en place d'une prise BNC

Pour récupérer le signal qui est envoyé au buzzer, on implante une prise BNC sur laquelle est branchée le câble qui sera être relié au CAN. L'embase BNC se branche sur la sortie du pont diviseur de tension et on branche la masse de l'embase BNC sur la masse des fiches F (coaxial)



Fig.4.7 Satfinder avant et après modification

4.2.4 Le système d'enregistrement :

Le système d'enregistrement n'a pas besoin d'être très rapide, car pour avoir une bonne observation il faut qu'elle dure au moins une demi-heure, et de toutes façons nous allons avoir besoin d'intégrer le signal pour enlever entre autres, quelques parasites.

Le système d'enregistrement est un ordinateur équipé d'un convertisseur Analogique/Numérique qui convertit la tension en numérique, puis l'enregistre sous forme de fichier, ce qui permet une plus grande souplesse de traitement à posteriori, et c'est cette solution qu'on a choisi.

On utilise un convertisseur Analogique/Numérique : l'ENREGISTREUR / LOGGER 4 CANAUX Velleman K8047. Ce convertisseur a l'avantage de se connecter sur le port USB d'un ordinateur. Comme presque tous les ordinateurs en ont un au moins.

Un ordinateur plus performant pourra convenir pour l'acquisition ; il sera surtout utile pour traiter toutes les observations, et pourra faire des traitements en semi-automatique.

Mode de fonctionnement du CAN :

On lie le CAN à l'ordinateur avec le câble USB et quand on observe qu'il est connecté, on lance le programme déjà installé appelé Pc-Lab 2000 d'où on enregistre les données issues de l'antenne pendant le temps qu'on veut.

Le plus grand problème qu'on rencontre pendant la prise de mesure est le pointage de l'antenne à la source qu'on vise car il faut un grand effort pour manipuler et orienter l'antenne et qu'il faut toujours deux personnes pour pouvoir réaliser l'expérience, l'un pour orienter l'antenne et l'autre pour enregistrer les données et observer le satfinder.



Figure 4.8 : Vue du convertisseur

4.2.5 La liaison entre les éléments

La liaison entre la LNB et le satfinder doit être faite à l'aide de coaxial (par exemple 75Ω) car celui-ci étant utilisé comme atténuateur. Le coaxial doit être le plus court possible. La liaison entre le Satfinder et le CAN doit être aussi à réaliser avec du coaxial et des prises F. Le CAN doit se trouver près du PC pour raccourcir le câble coaxial.

Remarque importante:

Il faut absolument penser à relier une masse de prise F à la terre, on élimine ainsi bien des parasites.

Les prises F sont les prises montées sur les câbles, elles sont utilisées couramment pour les installations d'antennes satellites.

Ainsi toutes les installations sont finies, alors on peut maintenant passer à l'étape suivant, c'est-à-dire, la prise de valeur.

4.3 Calcul de la largeur de lobe de l'antenne, et de la température de brillance du soleil

Pour le moment notre observation se limite seulement sur celui du soleil parce que c'est le plus simple à pointer et est aussi le plus lumineux en radio.

Pour faire la mesure de la largeur de lobe de l'antenne, et de sa température de brillance, il faut laisser défiler le soleil devant l'antenne.

Pour qu'on puisse être sûr qu'on a bien la bonne mesure il faut régler le gain du SATFINDER en jouant sur le potentiomètre et sur la longueur de la rallonge de façon qu'aux tensions extrêmes l'aiguille ne soit jamais en butée (ni en mini ni en maxi), plus précisément si l'aiguille du satfinder indique le 8 ou 9, on a du bon résultat sinon il faut raccourcir ou

rallonger le câble. De plus il faut éviter tout déplacement (ou pire contact) à proximité de la chaîne de capture et de transmission du signal (Antenne, câble, SATFINDER) qui entraînerait des variations de capacité et donc de signal.

Calcul de lobe de l'antenne

La largeur de lobe de l'antenne se calcule à partir de la formule qui suit

$$\theta = 70. \frac{\lambda}{D}$$

avec

- λ : longueur d'onde, $\lambda = \frac{v}{f}$ où
- $v=3.10^8 \text{m.s}^{-1}$: célérité de la lumière et
- $f= 3,4 \text{ GHz}$

D'où

$$\lambda = \frac{3.10^8}{3,4.10^9} = 0.08m$$

- D : diamètre de l'antenne. Pour notre cas $D=3m$

D'où

$$\theta = 70. \frac{0,08}{3} = 2,05^\circ$$

$$\boxed{\theta = 2^\circ 3'}$$

Calcul de la température de brillance du Soleil

D'abord calculons le diamètre angulaire du soleil.

Pour une antenne de 3m, la largeur à mi- puissance vaut 10 minutes 29 secondes en temps (de 11h52mn21sec à 12 h 02mn). Sachant que la Terre tourne de 1° toutes les 4 minutes de temps, 10 minutes 29 secondes de temps équivalent à un variation angulaire de $2^\circ 37'$.

Comme la largeur du lobe est de $2^{\circ} 3'$, on peut en déduire que la largeur du Soleil est de $34'$ environ. Réellement cette diamètre vaut $32'$ alors pour la mesure de la température de brillance on va utiliser cette valeur.

Voici les données correspondantes avec lesquelles on a tracé la courbe.

temps	intensités
11:49:05	25,89356538
11:49:12	25,94995231
11:49:19	27,00633923
11:49:26	27,06272615
11:49:33	27,11911308
11:49:40	27,1755
11:49:47	27,23188692
11:49:54	27,28827385
11:50:01	27,34466077
11:50:08	27,90604769
11:50:15	27,72543462
11:50:22	27,81382154
11:50:29	27,17020846
11:50:36	27,00585954
11:50:43	27,19498231
11:50:50	27,73936923
11:50:57	27,79575615
11:51:04	27,85214308
11:51:11	27,90853
11:51:18	28,0935
11:51:25	28,35133333
11:51:32	28,3475
11:51:39	28,33066667
11:51:46	27,51833333
11:51:53	28,1525
11:52:00	28,01716667
11:52:07	28,0205
11:52:14	28,448
11:52:21	28,22133333
11:52:28	28,64433333
11:52:35	28,91766667
11:52:42	28,7885
11:52:49	28,62466667
11:52:56	28,92833333
11:53:03	28,78733333
11:53:10	29,1835
11:53:17	28,36883333
11:53:24	28,69033333
11:53:31	28,859
11:53:38	29,754
11:53:45	29,45333333
11:53:52	29,56766667
11:53:59	29,1905
11:54:06	28,78016667
11:54:13	29,19566667
11:54:20	28,8565
11:54:27	28,98233333
11:54:34	29,5795
11:54:41	29,1455
11:54:48	29,53433333
11:54:55	28,91333333
11:55:02	29,2865
11:55:09	29,52233333
11:55:16	29,2755
11:55:23	29,47066667

11:55:30	29,7165
11:55:37	29,4395
11:55:44	29,90666667
11:55:51	29,81383333
11:55:58	29,6925
11:56:05	29,6925
11:56:12	29,7
11:56:19	29,5164
11:56:26	29,64128
11:56:33	29,4721
11:56:40	29,6817
11:56:47	29,1568
11:56:54	29,9129
11:57:01	29,9129
11:57:08	29,1568
11:57:15	29,6817
11:57:22	29,4721
11:57:29	29,64128
11:57:36	29,5164
11:57:43	29,7
11:57:50	29,6925
11:57:57	29,6925
11:58:04	29,81383333
11:58:11	29,90666667
11:58:18	29,4395
11:58:25	29,7165
11:58:32	29,47066667
11:58:39	29,2755
11:58:46	29,52233333
11:58:53	29,2865
11:59:00	28,91333333
11:59:07	29,53433333
11:59:14	29,1455
11:59:21	28,5795
11:59:28	28,98233333
11:59:35	28,8565
11:59:42	29,19566667
11:59:49	28,78016667
11:59:56	29,1905
12:00:03	29,56766667
12:00:10	29,45333333
12:00:17	29,754
12:00:24	28,859
12:00:31	28,69033333
12:00:38	28,36883333
12:00:45	28,1835
12:00:52	28,78733333
12:00:59	28,92833333
12:01:06	28,62466667
12:01:13	28,7885
12:01:20	28,91766667
12:01:27	28,64433333
12:01:34	28,22133333
12:01:41	28,448
12:01:48	28,0205
12:01:55	28,01716667
12:02:02	28,1525
12:02:09	27,51833333
12:02:16	27,83066667
12:02:23	27,5124
12:02:30	27,39152
12:02:37	27,305513
12:02:44	27,2856
12:02:51	27,3441
12:02:58	27,30333335
12:03:05	27,2486
12:03:12	27,2847
12:03:19	27,17581

12:03:26	27,1205
12:03:33	26,835789
12:03:40	27,125689
12:03:47	27,102547
12:03:54	27,0874
12:04:01	27,001458
12:04:08	27,00217452
12:04:15	27,12483
12:04:22	26,12457
12:04:29	26,45127
12:04:36	26,000472
12:04:43	26,00173
12:04:50	26,1436
12:04:57	26,1753332
12:05:04	26,23478
12:05:11	26,60345
12:05:18	26,60345
12:05:25	27,60345
12:05:32	27,60345
12:05:39	27,84563
12:05:46	27,72458
12:05:53	27,900456
12:06:00	27,14568
12:06:07	27,02154
12:06:14	26,00247
12:06:21	26,6804
12:06:28	26,528

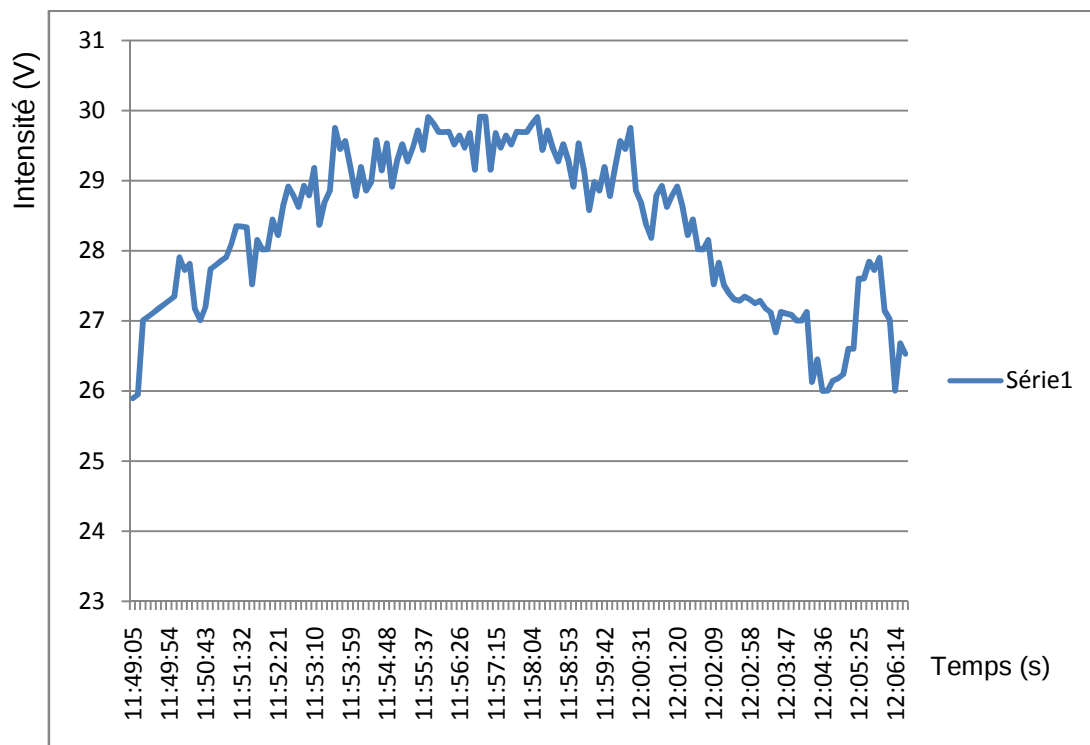


Fig.4.9 : spectre d'ondes(les intensités en fonction des temps)

En analysant cette figure, on en déduit les résultats suivants.

On étalonne le radiotélescope en dirigeant l'antenne vers le sol. On peut alors estimer qu'elle reçoit du sol un signal dont la température est de 298K et qui couvre la totalité du lobe. La variation obtenue en sortie est environ de 27,6V par rapport à la ligne de base mesurée sur le fond du ciel (pour cet exemple).

Lorsque l'antenne est dirigée vers le Soleil, la variation en sortie est de 29,9V par rapport au fond du ciel, mais on doit tenir compte du fait que le Soleil ne couvre pas tout le lobe de l'antenne, donc il faut multiplier la température obtenu par le rapport des surfaces du soleil et de l'antenne. D' où 32'sur 2°3' représentent un rapport de 0,26 en diamètre, soit 0,06 en surface.

Donc la température de brillance du Soleil vaut

$$T_b = 298 * \frac{29,9}{27,6} * \frac{1}{0,06} = 5380 \text{ K}$$

4.4 Interprétation des résultats :

Quand on a fait la première prise des données on a rencontré des difficultés à plusieurs reprises mais en améliorant le système du câblage et en bien pointant l'antenne au soleil, on a abouti à un résultat un peu satisfaisant.

Voici deux types de mesures qu'on a reçues lors des premières prises de données.

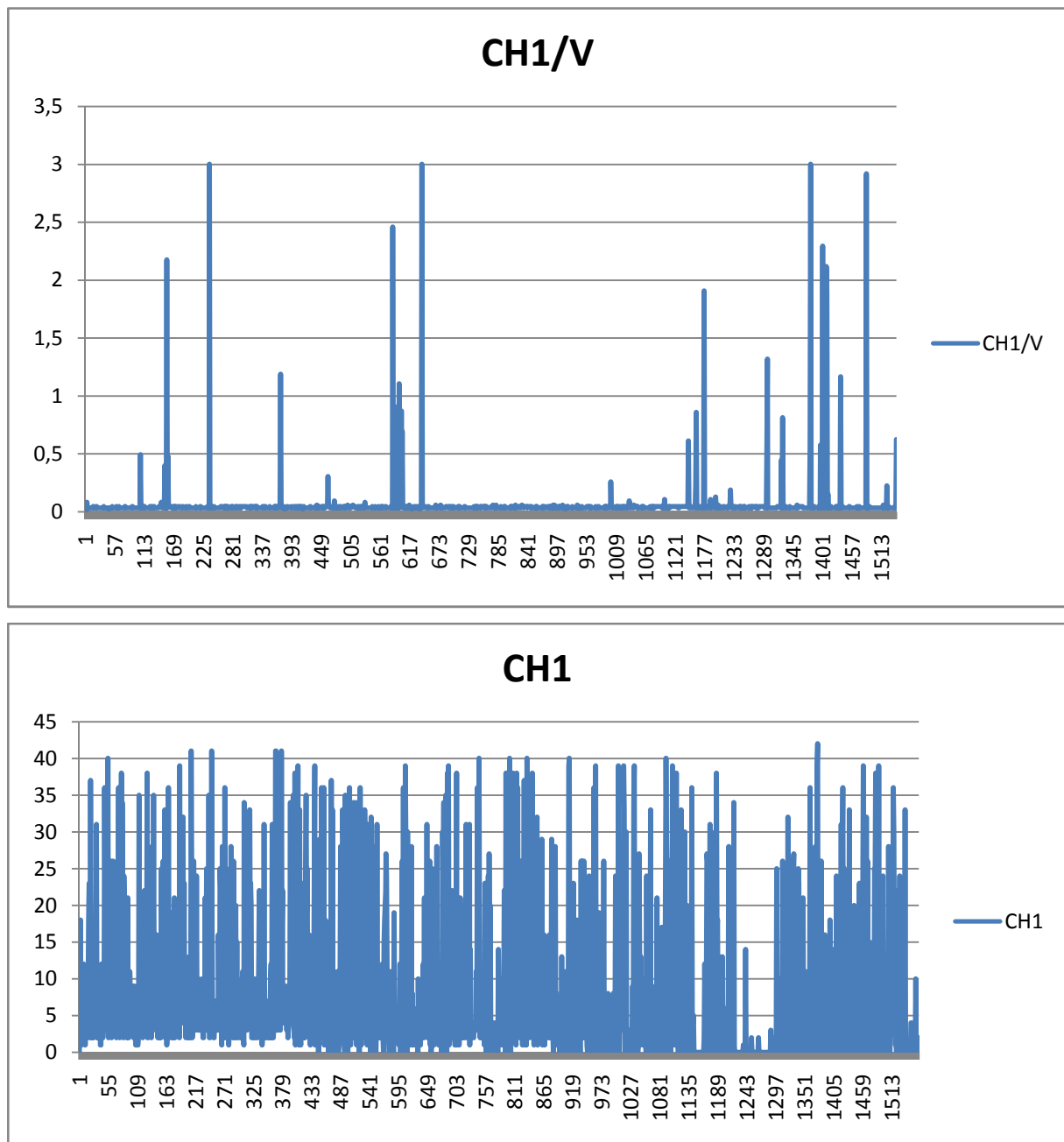


Fig.4.9 : Les figures obtenues après prises des données

Comme dans tous les domaines, on rencontre des inconvénients et aussi des avantages, ainsi voici les différents inconvénients et avantages de la radioastronomie.

Les avantages :

Les observations peuvent être effectuées quelque soient les conditions météorologiques et quel que soit le moment de la journée car l'atmosphère diffuse très peu les rayonnements RADIO. Donc pas de site privilégié.

La précision mécanique des surfaces réflectrices est plus faible que celle nécessaire en astronomie optique. Des matériaux peu nobles peuvent être utilisés.

Le contrôle de la phase dans les réseaux d'antennes permet de viser des objets sans nécessiter un déplacement de capteurs.

L'utilisation des techniques de la radio permet intrinsèquement l'analyse de spectre avec une très grande résolution.

Certains objets ayant une grande importance pour l'astrophysique ne peuvent être mis en évidence que grâce aux techniques de la radioastronomie.

Les inconvénients :

La radioastronomie nécessite d'avoir un site non perturbé au point de vue parasites radio, sachant que certaines perturbations sont quasiment impossibles à éliminer comme tous les émetteurs terrestres.

Les flux d'énergie disponibles sont en général beaucoup plus faibles que ceux disponibles dans le domaine optique, d'où la nécessité de grands collecteurs.

La dimension des collecteurs dans le domaine de la radioastronomie est trop faible devant la longueur d'onde ce qui impose des réseaux d'antennes et des calculs complexes pour reconstituer les images.

Grandes difficultés pour trouver un intérêt esthétique aux documents obtenus pour favoriser la communication avec le grand public.

Les récepteurs en ondes millimétriques sont à la limite des possibilités de la technologie et nécessitent des systèmes de refroidissement sophistiqués.

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

Cette étude a permis de mettre en pratique les théories déjà faites et de tester les matériels installés par les étudiants de l'année antérieure. Le travail est orienté à la capture de l'onde électromagnétique capturée par une antenne parabolique et les matériels correspondants.

Cette recherche s'est arrêtée sur l'étude du rayonnement solaire qui est la limite de notre antenne en ce moment, mais elle peut être améliorée voire étendue sur l'étude des autres astres en utilisant des matériels plus performants.

Pendant les premières prises de données, on a rencontré des problèmes. Comme l'antenne n'ait plus sa forme initiale et que l'orientation de l'antenne, pendant l'expérience, aussi est un peu difficile avec seulement une personne. Mais en améliorant et en prenant des valeurs à plusieurs prises, on aboutit à un résultat. Tel que la Température de brillance trouvée pendant cette recherche est $T_b = 5380 \text{ K}$.

Maintenant le radiotélescope est bien monté et qu'on peut bien y travailler sans problèmes et on peut encore l'améliorer pour une étude d'autres astres que le soleil.

RÉFÉRENCES

- BIBLIOGRAPHIE

- Dictionnaire universel HACHETTE 3^e édition
- P. Catardière, Dictionnaire de l'astronomie, Larousse : France, Jan. 1996.
- Séguin, M. Villeneuve. Astronomie et astrophysique. Renouveau Pédagogique Inc., 1995
- CH. Guilbert, La pratique des antennes, Radio : France, 4^{ème} trimestre 1972
- V. Guinzburg, Physique théorique et astrophysique, Mir : Union Soviétique, 1978.
- D. Bensoussan, Les antennes, Dunod : France, Jul. 1984.
- L. Eyraud et consorts, Théorie et technique des antennes, Vuibert, France, 1^{er} trim 1973.
- Article tiré dans l'encyclopédie Universalis, édition 2008
- M. Boulay et Pierre-André, La conception d'un radiotélescope, EXPO-JOURNAL 2002
- M. Jean Auvray, cours de traitement du signal
- M. Rabezanahary Herbert Roméo Solotahina, « Observation radio du Soleil utilisant in radiotélescope construit à partir d'une antenne parabolique du type « PRIME FOCUS » »

- WEBOGRAPHIE

- <http://www.nrao.edu/index.php/learn/radioastronomy>
- <http://www.astronomes.com/>
- <http://exam2ham.free.fr/RM01/RM01G01.HTM>
- <http://www.bieuzent.org/astronomie/>
- <http://pagesperso-orange.fr/f5zv/RADIO/RM/RM09/RM09i03.html>
- <http://my.integritynet.com.au/purdic/radio-telescope.htm>.
- <http://www.astro-fr.com/?id=130>.
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Soleil>
- <http://system.solaire.free.fr/soleil.htm>.
- <http://www.astrosurf.com/luxorion/menu-soleil.htm>.
- <http://www.nirgal.net/SETI - La détection d'un signal artificiel.html>.
- <http://www.astrosurf.com/lombry/seti.htm>.

- <http://msowww.anu.edu.au/library/thesaurus/french/RADIOTELESCOPE.html>.
- <http://www.astrosurf.com/nezenlair/nel8/radioastro.htm>.
- <http://www.astrosurf.org/cheminots/theorie/radioastro/chap3.html>.
- <http://www.astrosurf.com/skylink/radio/theorie.html>.
- http://www.fr.wikipedia.org/wiki/Antenne_parabolique.htm.
- http://wapedia.mobi/fr/Antenne_parabolique
- <http://wapedia.mobi/fr/Parabolo%C3%AFde>.
- <http://tice.ens2m.fr/tsa/>
- <http://www.nrao.edu>.
- <http://www.cv.nrao.edu/~eschulma/h2o.html>.
- <http://spec.jpl.nasa.gov>
- http://radioastronomy_all
- Wikipedia: Soleil
- Construction-radiotel.pdf

ANNEXES

ANNEXE 1: Les unités utilisées en astronomie :

K kilo (10^3 , ou mille)

M méga (10^6 , ou million)

G Giga (10^9)

T Tera (10^{12} , ou million de million)

P Peta (10^{15})

E Exa (10^{18})

Hz Hertz

K Kelvin

m mètre

nm nanomètre (10^{-9} mètre)

al (année lumière = $9461 \text{ Tm} = 9\,460\,730\,472\,580,800 \text{ km}$)

seconde-lumière = $300\,000 \text{ km}$

minute-lumière = $18\,000\,000 \text{ km}$

au (l'unité astronomique = $(149\,597\,870,691 \pm 0,030) \text{ km}$)

ANNEXE 2: Certaines différentes formes des radiotélescopes existantes.

Mesure de la distance TERRE - LUNE (E.M.E)

Phénomènes d'échos obtenus sur la lune en utilisant du matériel de radioamateur dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques. Le magnétron des fours à micro-ondes peut être envisagé.



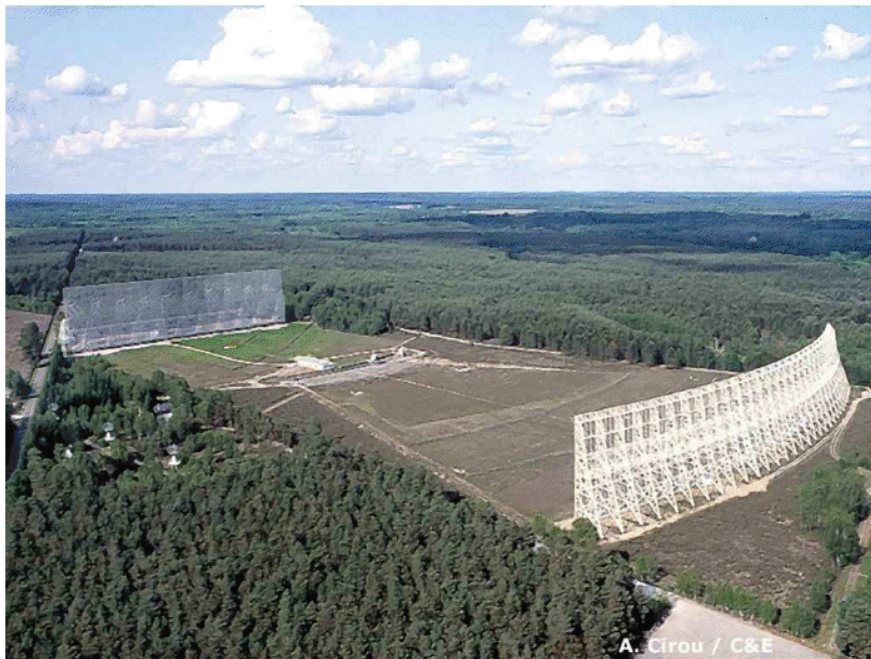
antenne parabolique

Réseau à base variable : Synthèse d'ouverture

En profitant de la rotation de la Terre ; on réalise la super synthèse d'ouverture.



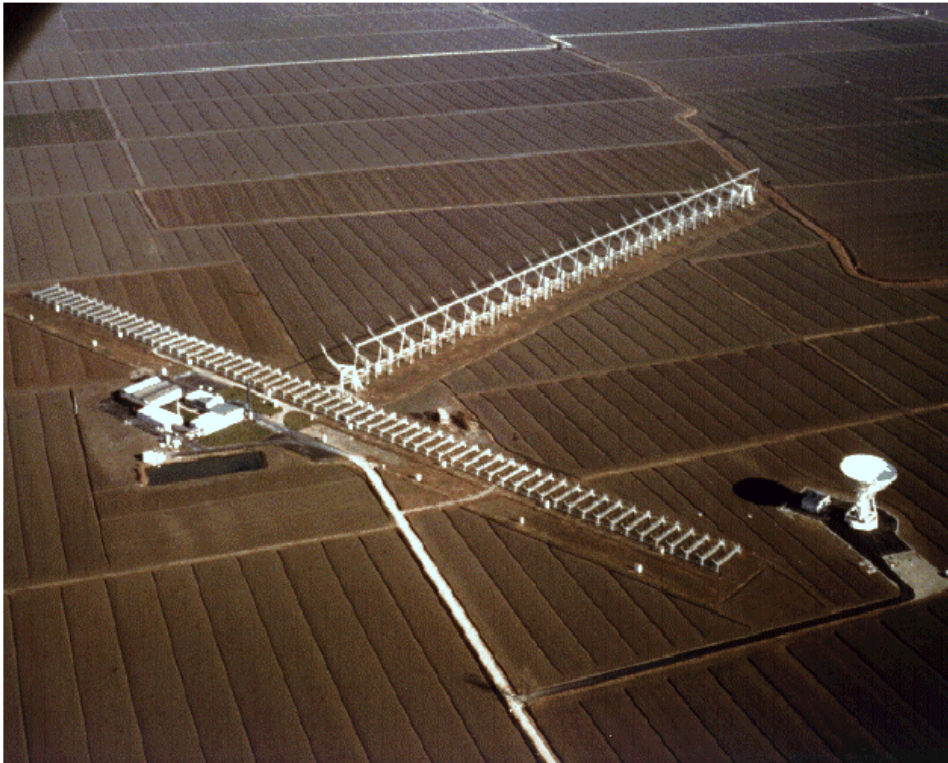
Exemple : V.L.A. Very Large Array du Nouveau Mexique



NANCAY surface : 6000 m² ; un grand réflecteur plan permet de viser en site



Spécifications de la croix de Mills de l'Observatoire de MOLONGLO : Australie
 Taille de l'antenne : 778 m x 12 m soit 9000 m²
 Fréquence centrale : 843 MHz c'est la bande de la télévision
 Bande passante : 3 MHz comme pour la télévision.
 Polarisation : circulaire
 Gamme angulaire : -90 deg à -30 deg
 Champ angulaire : 43" x 43" : cela correspond aux gros cratères sur la lune
 Sensibilité : 0.5 - 1 mJy : 100 000 fois mieux que le poste de TV



Radiotélescope de BOLOGNE avec une longueur de 600 m Vue du ciel

PRINCIPES DES RADIOTELESCOPES

- 1) ANTENNE UNIQUE
Cf. Télescope optique



Parabole fixe avec foyer mobile Exemples ARECIBO $D=300\text{ m}$

TITRE: CONTRIBUTION A L'ETUDE DES DONNEES PROVENANT DE L'ASTRE SOLAIRE. ESSAI EXPERIMENTALE SUR LE NOUVEAU RADIOTELESCOPE DU LABORATOIRE

RESUME :

Ce présent mémoire consiste à l'installation d'un radiotélescope au cours de laquelle on a capté le rayonnement électromagnétique venant directement du soleil. Le radiotélescope installé est construit à partir de l'assemblage de quelques composantes.

Après la séance de prise des données, le travail s'est fixé sur leurs analyses et la déduction de certaines propriétés du soleil, duquel on a déduit le diamètre angulaire du soleil et sa température de brillance. En arrivant à ce stade, il a fallu aussi savoir les propriétés des ondes électromagnétiques et les différentes sources des rayons émetteurs.

Mots clés: radiotélescope, radioastronomie, rayonnement électromagnétique.

ABSTRACT:

This present memoir consists to install a radio telescope for catching the electromagnetic ray directly from the sun. The radio telescope is built by assembling some components.

After the capture of the data, the work is fixed about analyzing and concluding some sun's properties. The main calculate is about the temperature of brightness and the angular diameter of the sun. To reach this aim, we should know the properties of the electromagnetic ray and the different source existing.

Key words: antennas, radio astronomy, electromagnetic ray

Encadreur:

Professeur RAKOTOMALALA Minoson

Impétrante:

Nom: ANDRINIRINA

Prénoms: Mampionina Lilia

E-mail: andrinirina@ymail.com

Adresse: Lot A 65 Ter Ambohitrarahaba