



Etude avancée et réalisation d'un radiomètre huit canaux compatible à NOAA-AVHRR

Présenté par: Zemaili Nawel Moktharia

Encadreur : Pr. Nouredine Benabadji

Co-Encadreur : Pr. Abdelatif Hassini



Introduction

- 1- Rappel des fondements théoriques
- 2- Présentation générale des satellites météorologiques
- 3- Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR
- 4- Conception de notre mini-radiomètre
- 5- Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion.



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

- ❖ La télédétection est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance par des radiomètres imageurs.
- ❖ Les capteurs installés à bord des satellites destinés à l'observation de la Terre mesurent la quantité de radiation réfléchie ou émise par celle-ci. Pour chaque point observé du terrain ou pixel, la quantité de radiation réfléchie ou réflectance se mesure dans plusieurs bandes spectrales. Le nombre et la largeur de bande que le radiomètre peut discriminer déterminent sa résolution spectrale.

Les différents types de couvertures terrestres (forêts, sols cultivés, sols nus, eau, voies de communication, etc...) sont distingués par l'énergie qu'ils réfléchissent ou émettent. Ces «spectres» qui caractérisent le type de couverture observée constituent leur signature spectrale

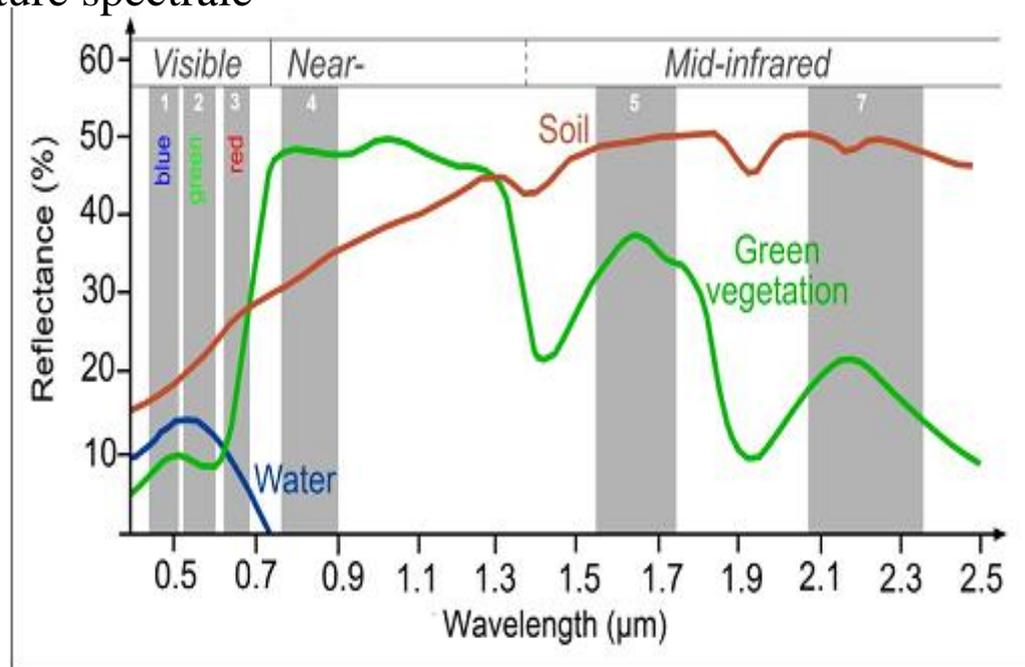


Figure 1. Typical spectral signatures



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

**Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI**

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Afin de pouvoir analyser et interpréter les données acquises par ces capteurs, il est nécessaire d'effectuer des mesures de réflectance au laboratoire avec un radiomètre. Donc l'objectif que nous poursuivons dans la réalisation instrumentale au niveau du Laboratoire d'Analyse et d'Application du Rayonnement (LAAR) est d'obtenir les caractéristiques des spectres de réflectance de certains types de sol et de végétation existants à ORAN (pour constater les principaux états de dégradation) :

1. pour pouvoir les localiser à partir des images satellitaires.
2. pour réaliser une calibration radiométrique des images par la suite.

1 . Rappel des fondements théoriques

Introduction

Rappel des fondements théoriques

Présentation générale des satellites météorologiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

La réflectance R , d'une surface est définie comme le quotient entre la radiation réfléchie et la radiation totale reçue.

$$R = \frac{\text{Energie réfléchie}}{\text{Energie incidente}}$$

Comme la quantité de radiation réfléchie par la surface sera toujours inférieure ou égal à l'énergie reçue, R aura des valeurs comprises entre 0 et 1. Nous exprimerons la valeur de la réflectance en pourcentage (%)

$$R\% = \frac{\text{Energie réfléchie}}{\text{Energie incidente}} * 100$$

1 . Rappel des fondements théoriques

Introduction

Rappel des fondements théoriques

Présentation générale des satellites météorologiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

R est une caractéristique du milieu, que nous utiliserons comme base pour la reconnaissance de plusieurs objets.
R dépend de la longueur d'onde $R(\lambda)$.

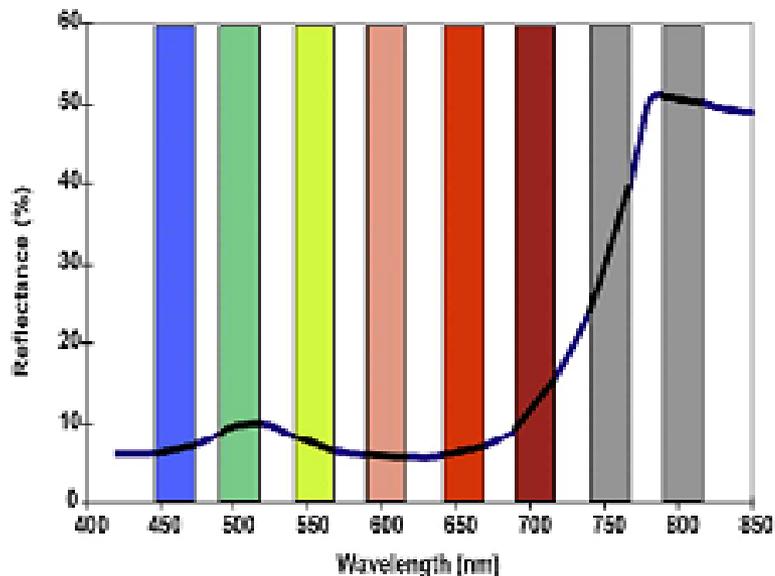


Fig. 3. A typical green vegetation reflectance spectrum.

2. Présentation générale des satellite météorologiques



Introduction

Rappel des fondements théoriques

Présentation générale des satellite météorologiques

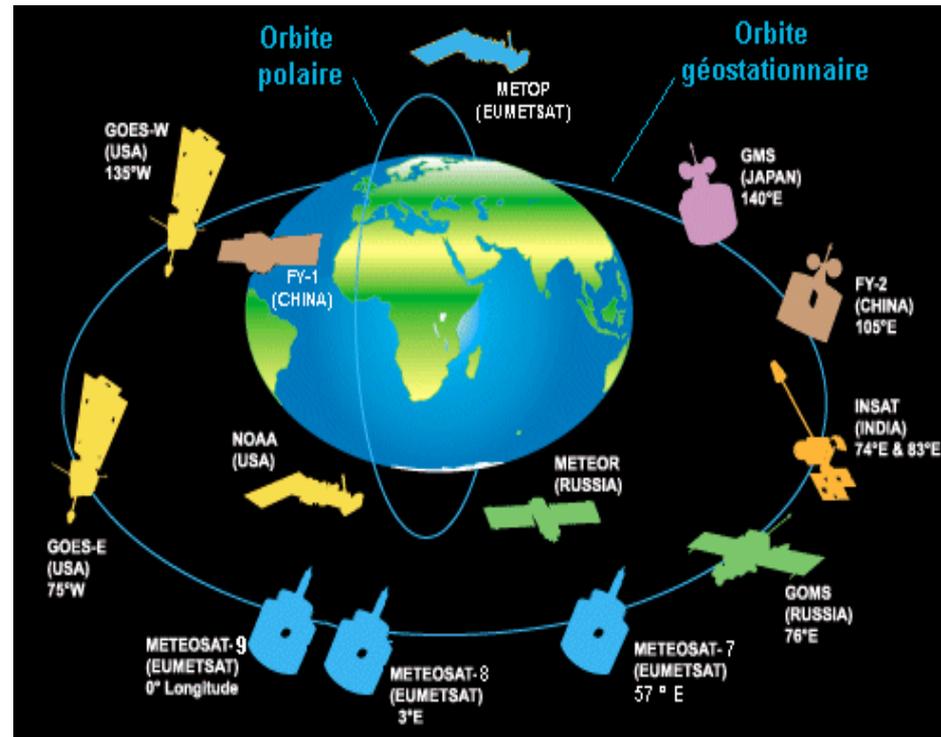
Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

- Satellites géostationnaires (Météosat)
- Satellites défilants (NOAA)



Satellites météorologiques opérant dans le cadre de l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale)

Satellites météorologiques défilants



Introduction

- Orbite polaire, le plus souvent héliosynchrone ($i = 99^\circ$)
- Altitude de l'ordre de 700 à 1000 km
- Période de l'ordre de 100 min.

**Rappel des fondements
théoriques**

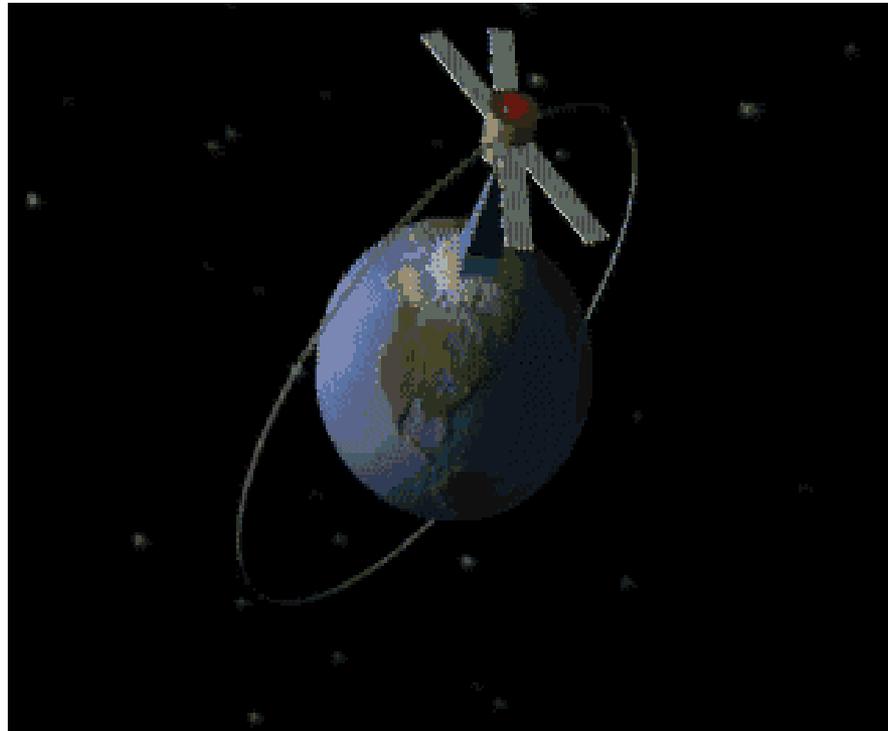
**Présentation générale
des satellite
météorologiques**

**Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI**

**Conception de notre mini-
radiomètre**

**Premières mesures avec le
mini-radiomètre**

Conclusion



Satellites météorologiques défilants NOAA



Introduction

Rappel des fondements théoriques

Présentation générale des satellites météorologiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

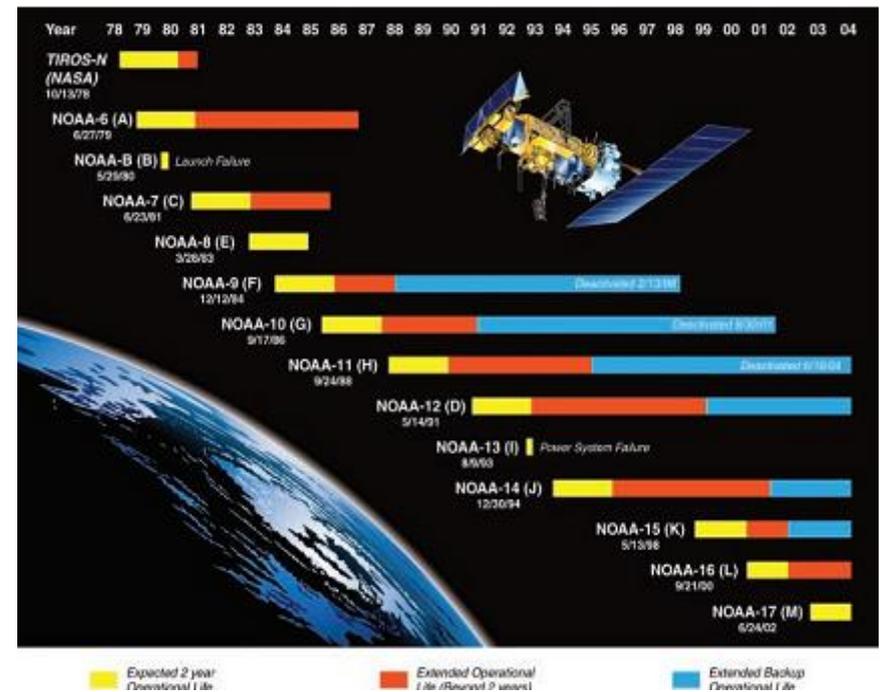
Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Le premier qui était mis sur orbite en 1970, et depuis cette date, 19 satellites NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ont été lancés

- altitude : 856 km
- période : 102 min
- inclinaison : 99°
- 14 révolutions par jour
- champ d'observation de 2700 km



Les durées de service opérationnelles et étendues des satellites NOAA

3. Radiomètres Imageurs



Introduction

- ❖ C'est un appareil **électro-optique** qui réunit toute la technologie nécessaire à l'acquisition d'images à distance et qui est transporté par le satellite . Il permet de capturer l'information pour différentes régions du spectre. Chacune de ces régions donne lieu à une image, appelée alors canal ou bande.
- ❖ Un capteur optronique est conçu pour recueillir et focaliser un rayonnement lumineux (partie optique) et pour la convertir en un signal électrique (partie électronique)

Rappel des fondements théoriques

Présentation générale des satellites météorologiques

**Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI**

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

3. Radiomètres Imageurs

Introduction

Rappel des fondements théoriques

Présentation générale des satellites météorologiques

**Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI**

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Principaux éléments d'un instrument de télédétection:

- ❖ Système optique : antenne, miroir, filtre
- ❖ Système d'étalonnage: pour comparer le signal reçu à un signal de référence
- ❖ Système de détection: convertit l'énergie électromagnétique reçue en signal électrique

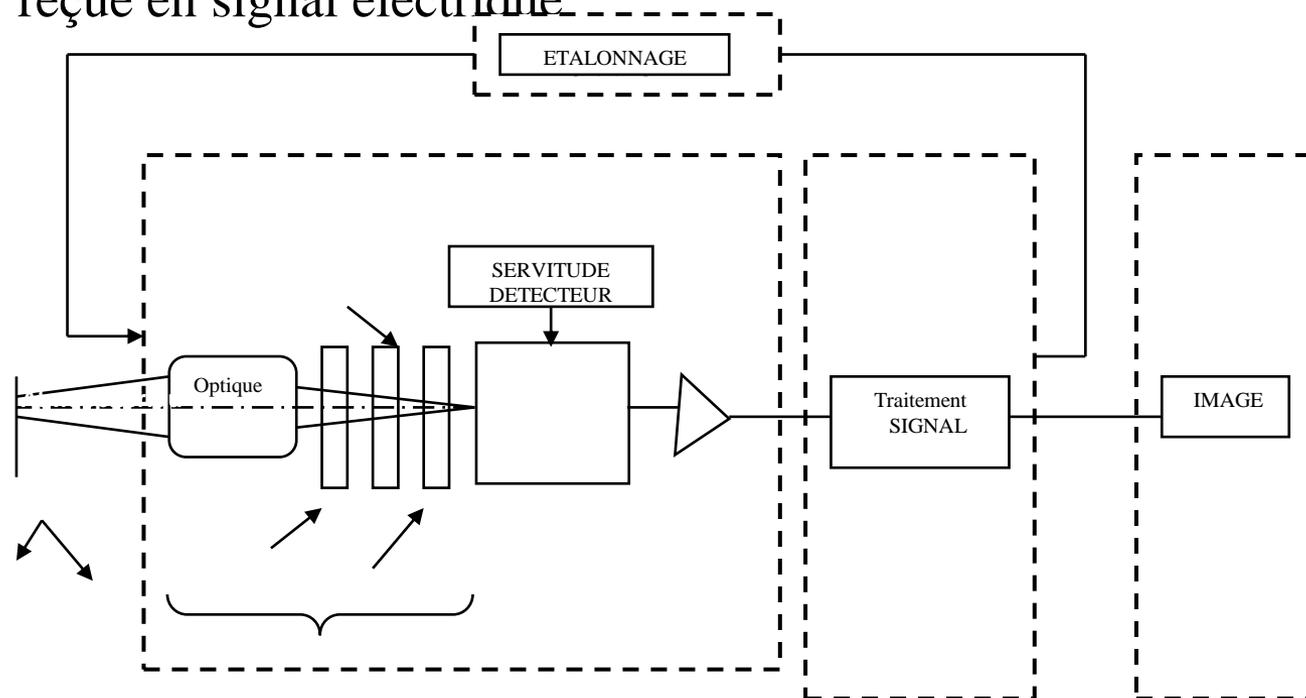


Schéma fonctionnel d'un radiomètre

3 Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR

Introduction

Les satellites NOAA sont équipés de multiples capteurs dont le plus connu est le capteur imageur AVHRR/3 (Advanced Very High Resolution Radiometer).

Rappel des fondements théoriques

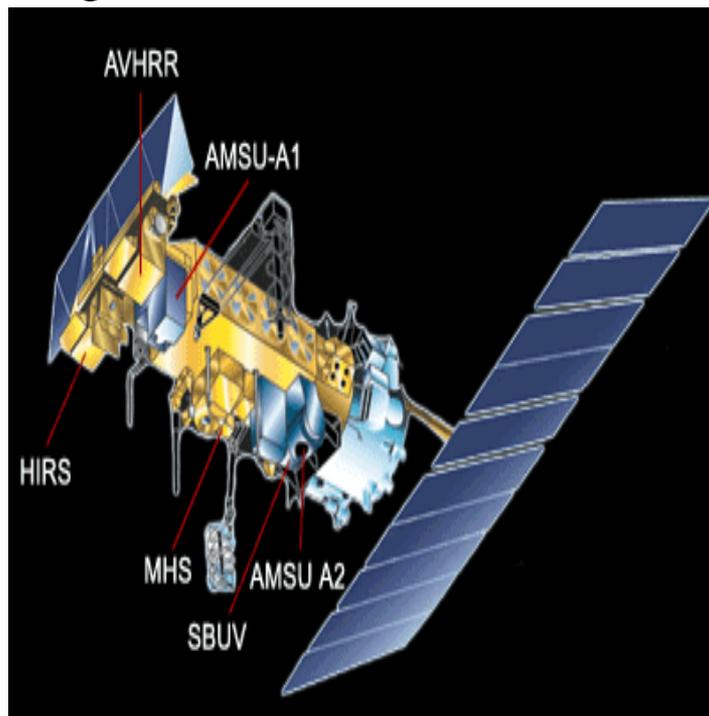
Présentation générale des satellites météorologiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion



Le capteur AVHRR installé dans le satellite NOAA



Instrument AVHRR/3

3 Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR



Introduction

Rappel des fondements théoriques

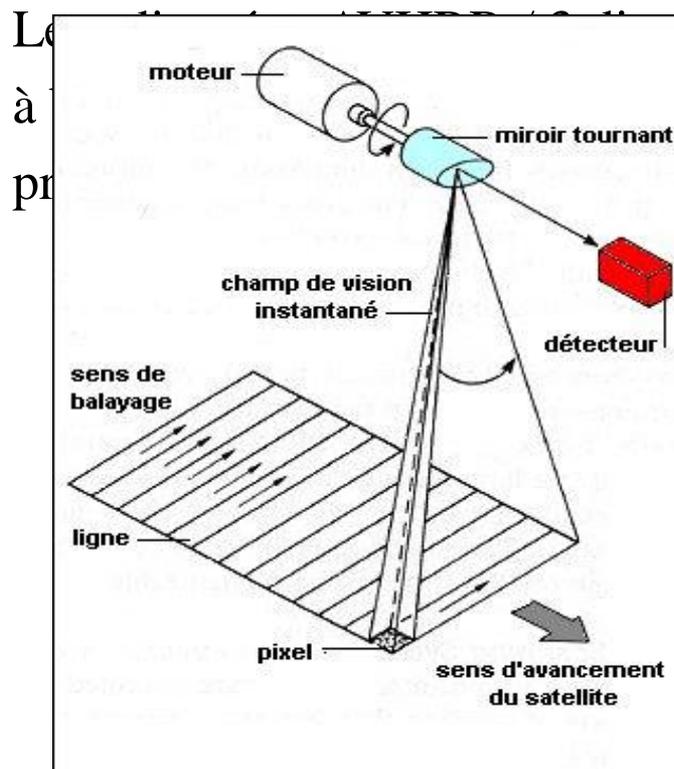
Présentation des instruments

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

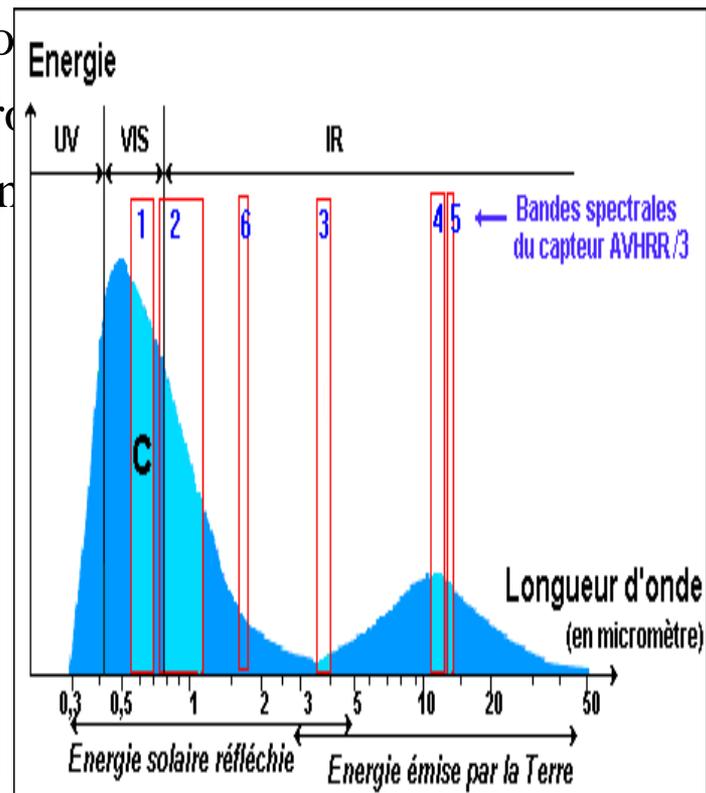
Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion



Balayage par miroir tournant



Les rayonnements reçus par le capteur AVHRR/3

3 Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR



Introduction

Rappel des fondements théoriques

Mesure à distance des paramètres physiques

Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI

Etalonnage radiométrique

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Les caractéristiques spectrales pour les canaux AVHRR / 3 :

Paramètre	Ch.1	Ch.2	Ch.3A	Ch.3B	Ch.4	Ch.5
Spectrale (μm)	0.58-0.68	0.725-1.0	1.58-1.64	3.55-3.93	10.3-11.3	11.5-12.5
Détecteur de type	Si	Si	InGaAs	InSb	HgCdT	HgCdT
Résolution (km)	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Application	surveillance des nuages, de la neige et de la glace	surveillance de l'eau, de la végétation, et des produits agricoles	température de la surface des océans, volcans, feux de forêts	température de la surface des océans, volcans, feux de forêts	température de la surface des océans, humidité du sol	température de la surface des océans, humidité du sol

3 Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR



Introduction

Rappel des fondements
théoriques

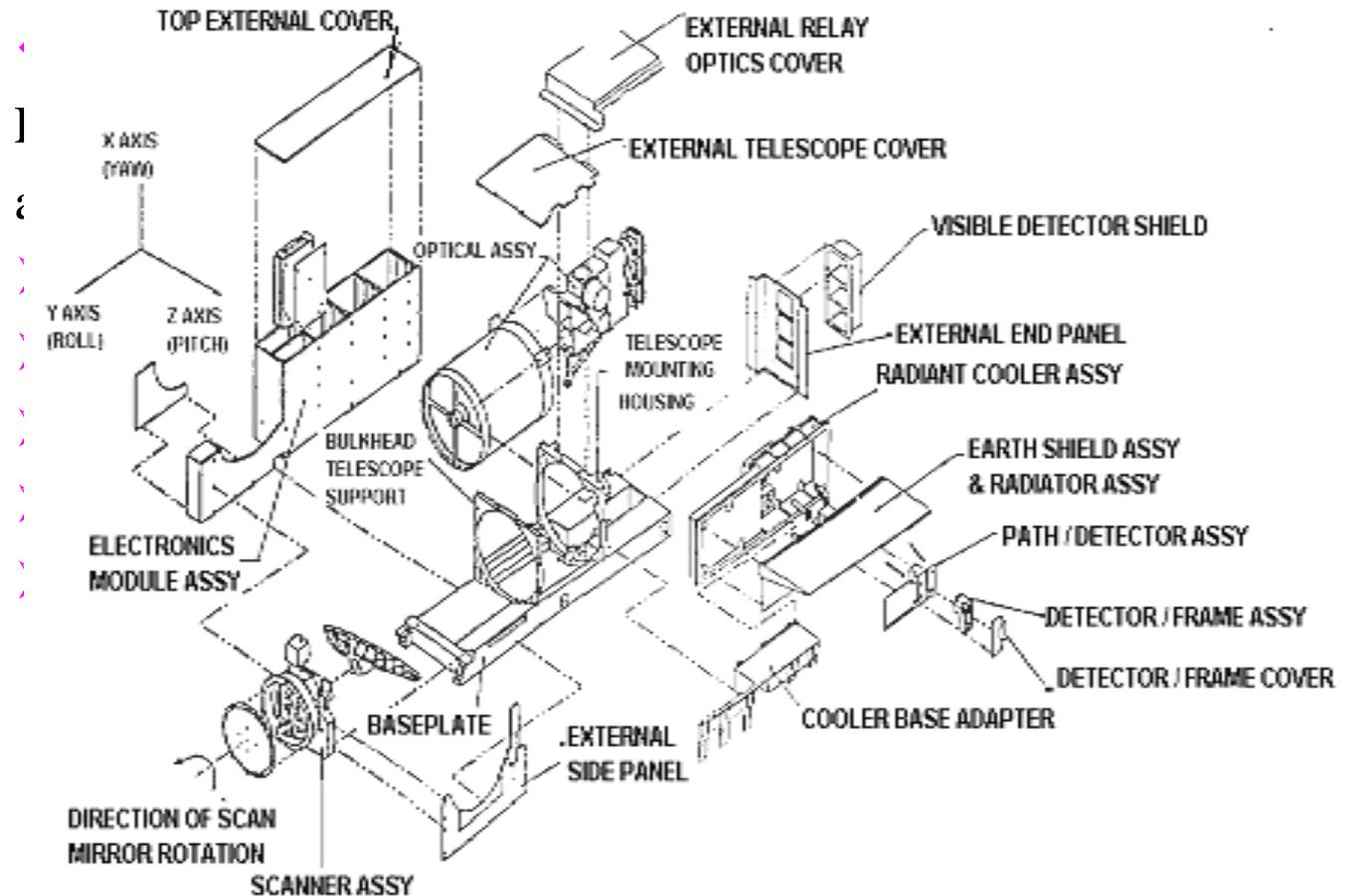
Présentation générale des
satellites météorologiques

Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-
radiomètre

Premières mesures avec le
mini-radiomètre

Conclusion



Architecture générale du l'AVHRR/3

3 Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR



Introduction

Rappel des fondements théoriques

Mesure à distance des paramètres physiques

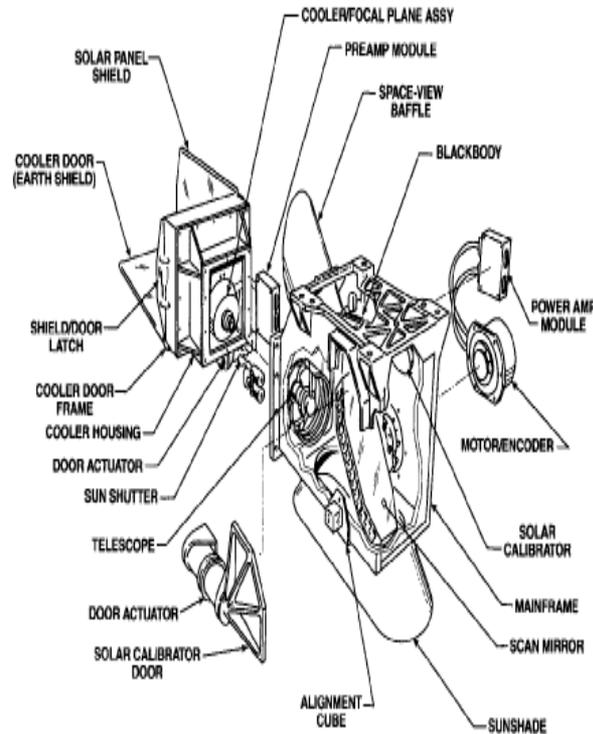
Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

❖ Scanner Module



Vue détaillée de Scanner Visible - Infrarouge

❖ Sous-système optique

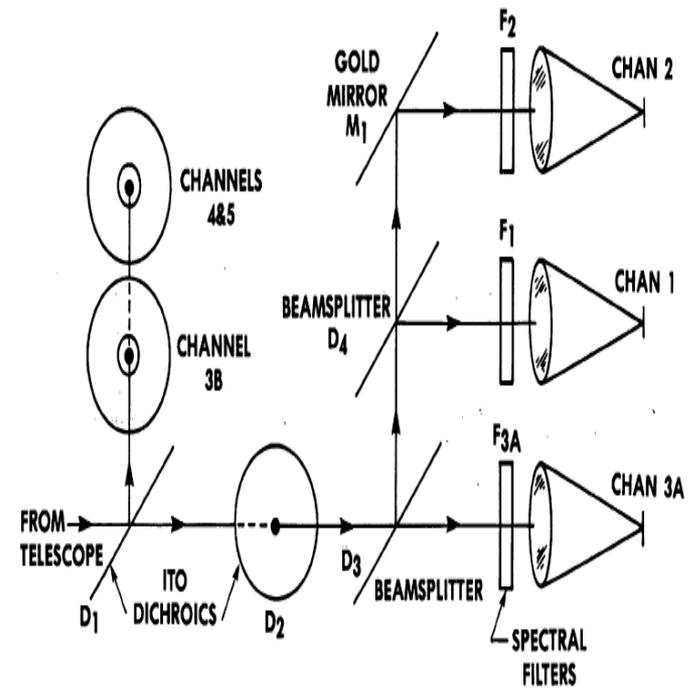


Schéma de la chaîne optique d'AVHRR/3

4. Conception de notre mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Le laboratoire LAAR du département de génie Physique de l'USTO s'est équipé d'une station de réception des images des satellites NOAA. En parallèle au suivi de l'acquisition de ces images satellitaires et à leurs traitements, plusieurs dispositifs électroniques ont été localement conçus dans le but d'améliorer cette station, tout en minimisant les coûts nécessaires.

4. Conception de notre mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

**Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI**

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion



4. Conception de notre mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

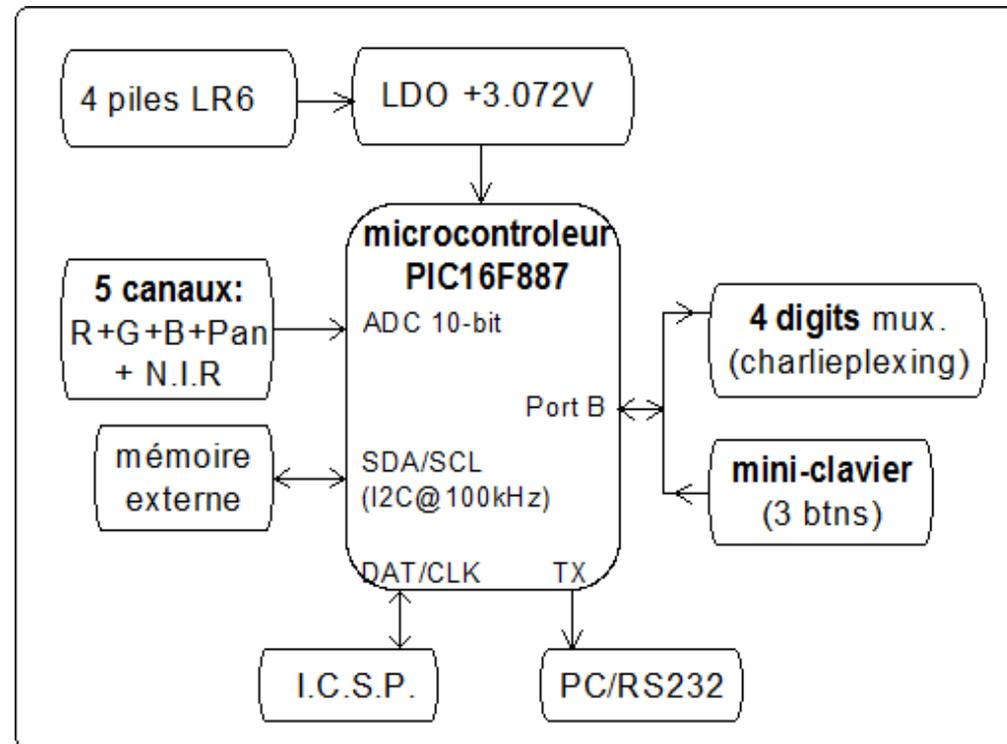
Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Le mini-radiomètre suivant est basé autour d'un Microcontrôleur PIC16F887 .Celui-ci fait partie de la gamme mid-range des microcontrôleurs 8-bit



4. Conception de notre mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

**Radiomètres Imageurs
NOAA-AVHRR et
MSG-SEVIRI**

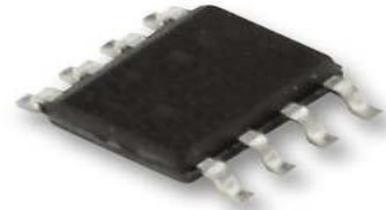
Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion



bpw21



24CL64



PIC16F887

4. Conception de notre mini-radiomètre

Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

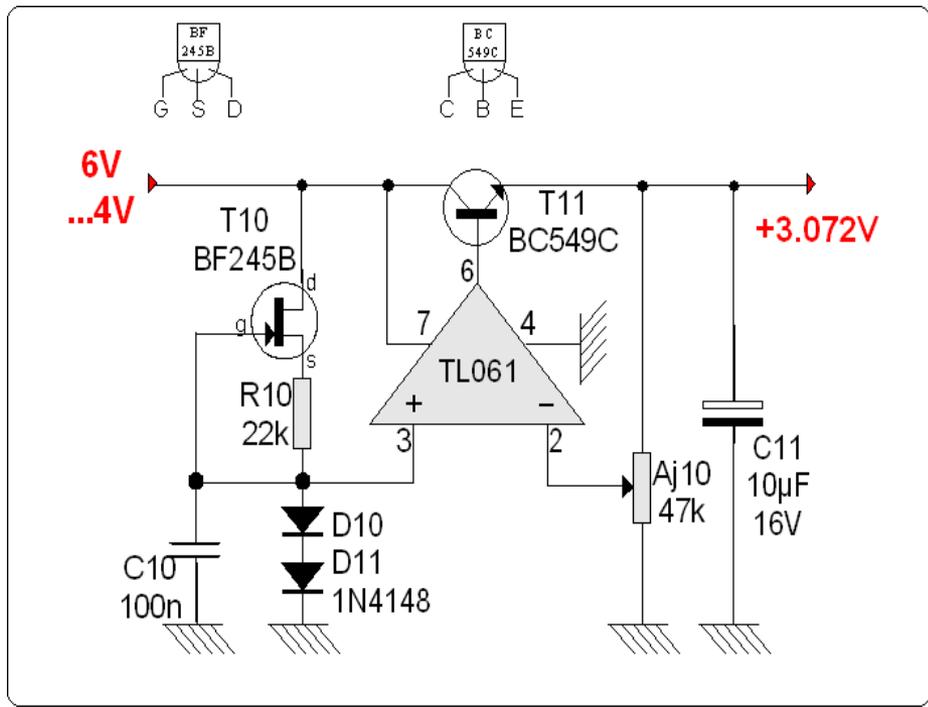
Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSC SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Circuit régulateur LDO, à faible courant de polarisation (0.34mA)



4. Conception de notre mini-radiomètre

Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

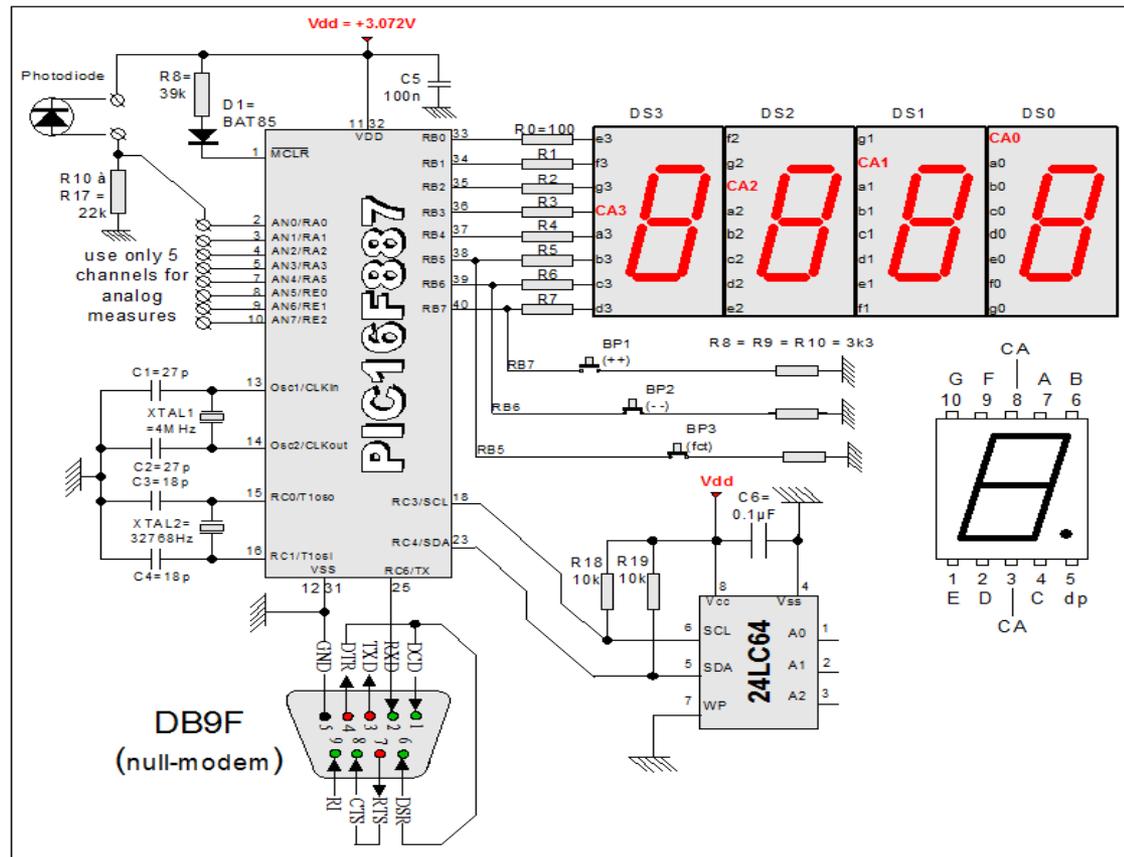
Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSC SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Circuit détaillé du mini radiomètre basé sur un microcontrôleur PIC16F887.



4. Conception de notre mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Aperçu du mini radiomètre réalisé.



4. Conception de notre mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Aperçu du programmeur type JDM2.

-



4. Conception de notre mini-radiomètre

Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

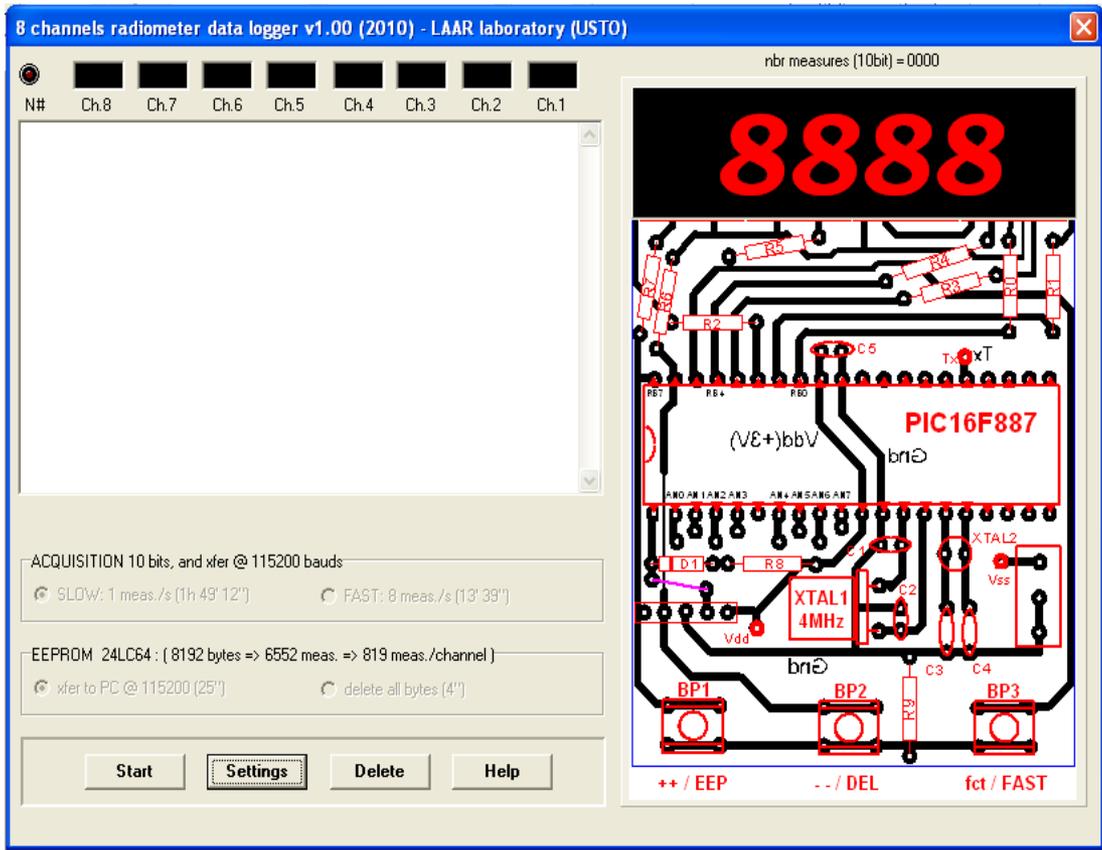
Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Interface graphique utilisateur, pour la réception des mesures à travers le port série d'un PC.



5-Premières mesures avec le mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Etalonnage radiométrique

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Le mini-radiomètre réalisé est utilisé pour évaluer l'énergie réfléchie ou émise par un objet sur une longueur d'onde dans une gamme comprise entre 4700nm (rayonnement électromagnétique de la lumière "bleu") et 1100 nm (rayonnement "proche infrarouge")



5-Premières mesures avec le mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

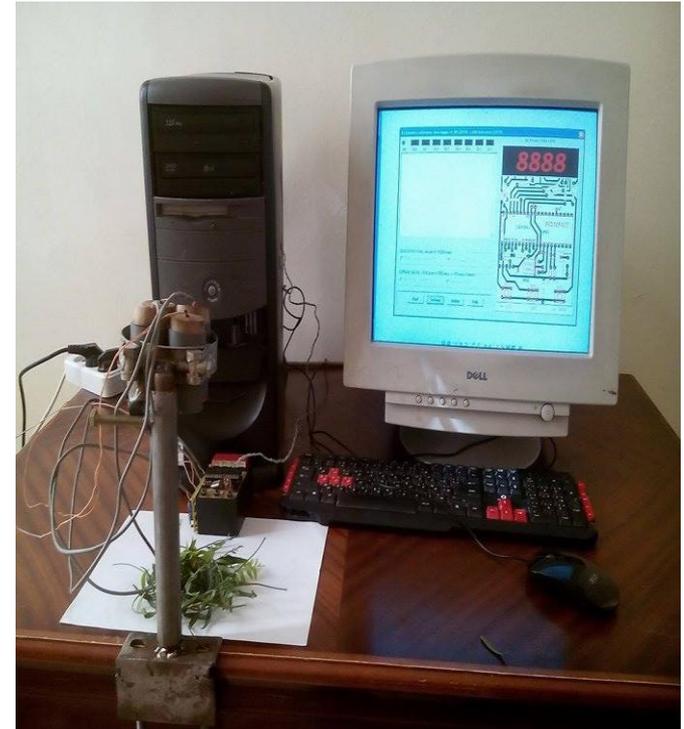
Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Une vue de l'essai qui a eu lieu dans le laboratoire LAAR.



5-Premières mesures avec le mini-radiomètre



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

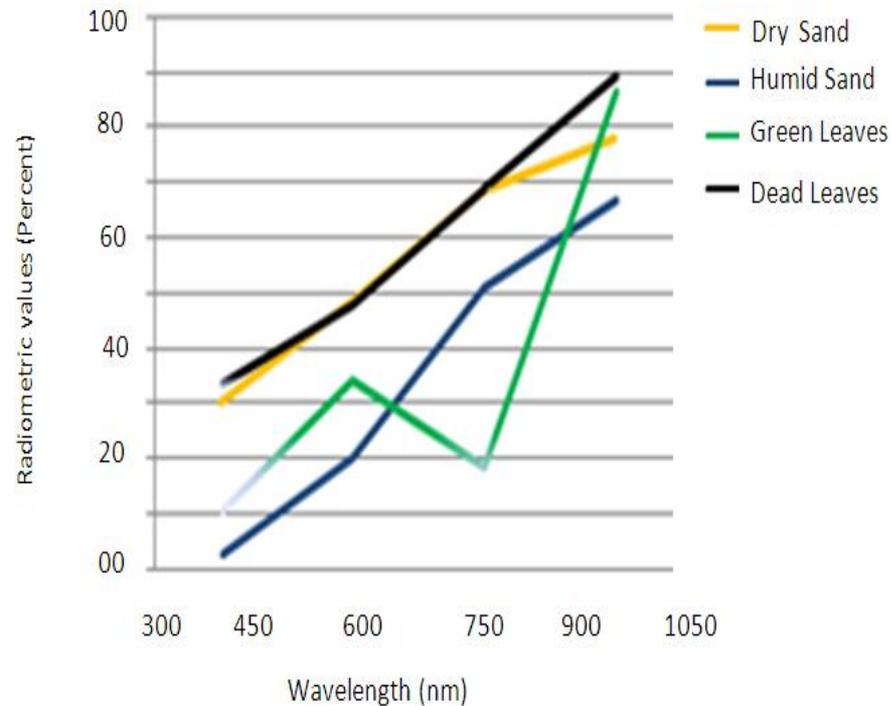
Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Ces graphiques montrent les mesures de réflectance des sables humide et sec dans chaque canal





Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

Conclusion

Ce travail comporte les principales parties impliquées dans la réalisation d'un mini-radiomètre dédié à la mesure de la lumière réfléchie (ou émise) par un échantillon cible avec une réponse radiatif significative. Au préalable, nous avons étudié les propriétés de certains produits thématiques (de sable et de végétation) pour valider l'aspect fonctionnel de notre dispositif.



Introduction

Présentation générale des satellites météorologiques

Mesure à distance des paramètres physiques

Radiomètres Imageurs NOAA-AVHRR et MSG-SEVIRI

Conception de notre mini-radiomètre

Premières mesures avec le mini-radiomètre

- Comme perspectives, nous tenons à citer les points suivants pour améliorer davantage ce mini-radiomètre :
- Augmenter la réponse spectrale de l'acquisition des données en rajoutant des photodiodes sensibles à différentes longueurs d'ondes de l'infrarouge.
- Choisir un autre microcontrôleur doté d'un nombre de canaux de mesures plus élevé.(par exemple un PIC18F87K22)
- Diminuer la sensibilité aux variations de la température ambiante, en disposant d'un boîtier hermétique.
- Ajouter une connectivité sans fil (Wifi, Bluetooth), en parallèle à la sortie RS232 disponible.

Conclusion



MERCI DE VOTRE ATTENTION