

NIR MICROSPECTROMETERS

HELIOSPIR, CIRAD, IRSTEA

SAMPLE AND REFERENCE DATA: CIRAD AGAP, CIRAD SELMET

Abdallah Zgouz, Daphné Héran, Ryad Bendoula, Gilles Chaix

Avec les contributions de Vincent Baeten (CRA-W), Denis Bastianelli (CIRAD), Jean Michel Roger (IRSTEA), Nathalie Gorretta (IRSTEA), Pierre Dardenne, Laurent Bonnal (CIRAD), Bernard Barthes (IRD), Vincent Larat (ADISSEO), Sébastien Lurol (CTIFL), Anne Clément Vidal (CIRAD), Sylvie Roussel (ONDALYS), Michaël Bonin (FONDIS ELECTRONICS)



- Etape 1 : caractérisation des spectromètres -

Objectif : caractériser les performances optiques des différents spectromètres et micro-spectromètres étudiés.

Matériels et Méthodes

- 1. Caractérisation de la réponse du capteur***
- 2. Stabilité de la mesure spectrale de l'appareil***
- 3. Caractérisation spectrale de l'appareil***

Matériels et Méthodes

1. Caractérisation de la réponse du capteur :

- Mesure du Dark Current (DC) :
 - **Méthode:** mesures spectrales dans le noir, éclairage du spectromètre allumé, pour différents Temps Intégration (Ti) ou gain.
 - **Objectif:** tracer la fonction : $DC=f(Ti)$ ou $DC=f(G)$.
- Mesure du Bruit par Pixel (BP):
 - **Méthode:** deux mesures dans le noir à 0 ms (si possible).
 - **Objectif:** $BP = (Mesure\ 1 - Mesure\ 2)/\sqrt{2}$
- Linéarité du Capteur (LC) :
 - **Méthode:** mesures spectrales sur une référence blanche, pour différents temps d'intégration ou gain jusqu'à saturation du spectre.
 - **Objectif:** tracer la fonction : $LC=f(Ti)$ ou $DC=f(G)$.
- Rapport Signal/Bruit (SNR) :
 - **Méthode:** mesures spectrales d'une référence répétées n fois. Le temps d'intégration est optimisé afin de maximiser le signal mesuré tout en restant dans la zone de linéarité du capteur.
 - **Objectif:** calculer la moyenne et l'écart type: $SNR = \langle I(\lambda) \rangle / \sigma(\lambda)$

Matériels et Méthodes

2. Stabilité de la mesure spectrale de l'appareil

- ***Méthode***: après optimisation du temps d'intégration, une mesure d'une référence blanche sera effectuée toute le 2 minutes durant 60 minutes.
- ***Objectif***: observer les dérives rapides et lentes de la mesure spectrale

Matériels et Méthodes

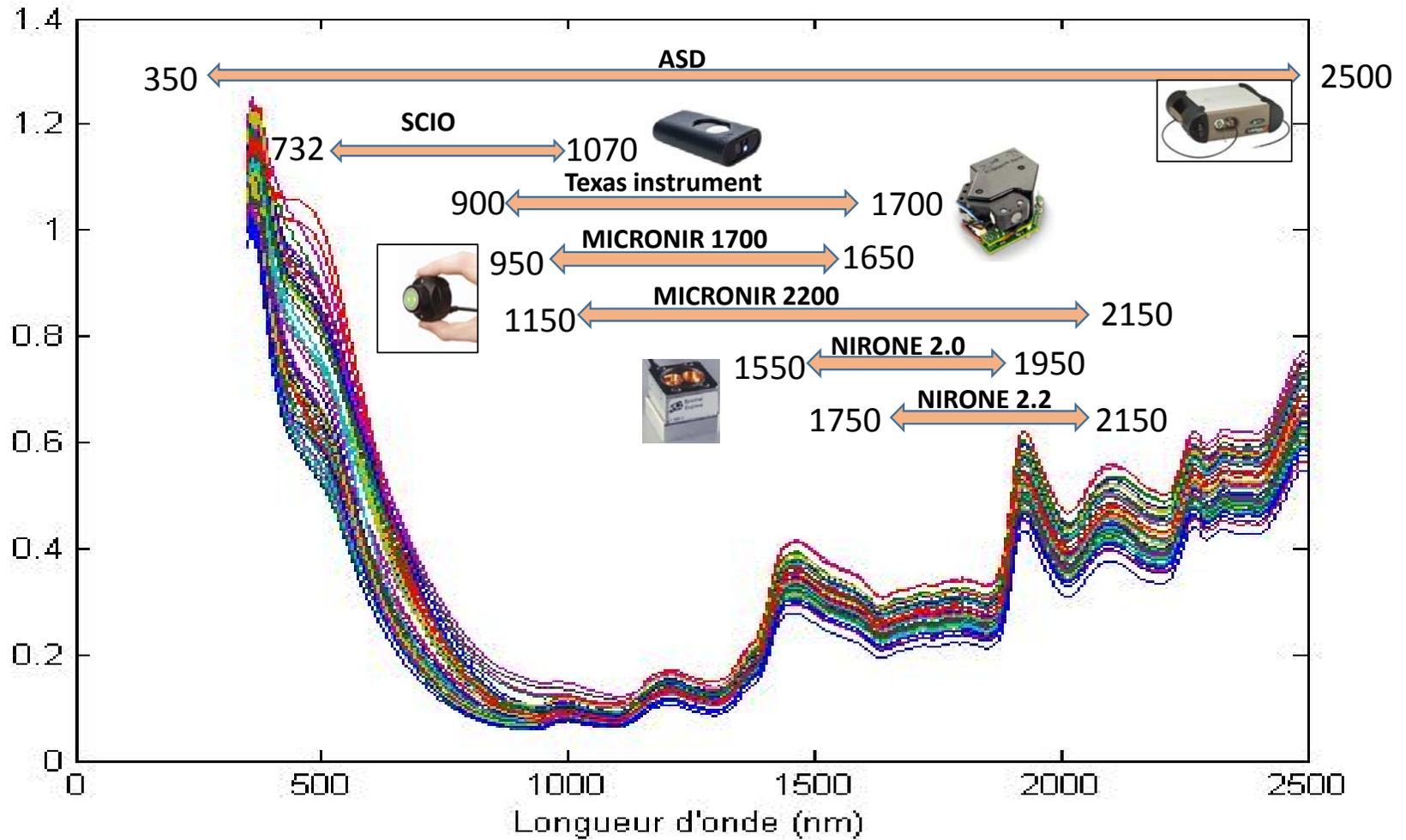
3. Caractérisation spectrale l'appareil

- Justesse de la calibration :
 - **Méthode**: des échantillons présentant de signatures spectrales bien définies sont mesurés.
 - **Objectif**: mesurer la justesse de la calibration fournie par le constructeur

- Résolution spectrale :
 - **Méthode**: sources lasers ou filtrées seront mesurées
 - **Objectif**: mesure de la résolution spectrale

- Lumière parasite :
 - **Méthode**: l'éclairage de chaque spectromètre sera filtré (passe-haut). Une mesure spectrale de cette lumière filtrée sera mesurée sur un échantillon blanc.
 - **Objectif**: quantifié la lumière résiduelle (lumière parasite) dans la zone coupée par le filtre

Matériels et Méthodes



Matériels et Méthodes

	TEXAS DLP NIR SCAN NANO EVM	Micro NIR 1700 by Viavi	Micro NIR 2200 by Viavi	Scio by Consumer Physics	NIRONE 2.0 by Spectral Engines	NIRONE 2.0 by Spectral Engines	QualitySpec Trek Portable Spectrometer
Plage spectrale	900-1700 nm	950-1650 nm (10526 – 6060 cm ⁻¹)	1150-2150 nm	732-1070 nm	1550-1950 nm	1750-2150 nm	350-2500 nm
Full width half maximum (Resolution)	15 nm	<1,25% de la longueur d'onde centrale	<1,25% de la longueur d'onde centrale		16-22 nm	20-26 nm	3 nm à 700 nm 9.8 nm à 1400 nm 8.1 nm à 2100 nm
Rapport signal : Bruit	5000 : 1 in 1 second scan	23000	6000				
Détecteur	InGaAs photodiode	128 pixel InGaAs photodiode	128 pixel InGaAs photodiode	Photodiode			
Module d'éclairage	2 lampes infrarouges intégrées	2 lampes au tungstène intégrées	2 lampes au tungstène intégrées	LED			
Poids	85 g	< 200 g	(<60 grams)	35 g			6 kg
Temps d'acquisition	3 sec	0.25 – 0.5 sec	0.5 seconds	2-5 sec			0.1 s
Contrôle du nombre de scan	oui	oui	oui				
T° de fonctionnement	25 à 50°C	- 20 à 40°C	- 20 à 40°C	4 à 35°C			5 à 35 °C
T° de stockage		- 40 à 70°C	- 40 à 70°C	-40 à 85°C			15 à 40 °C
Connectique	Micro USB/USB	USB 2,0	USB 2,0	Micro USB			
Alimentation	Via USB	USB 5V	USB 5V	Bluetooth			Prise électrique externe
Batterie	Oui (option)	oui	oui				oui
Possibilité récupérer les spectres	oui	oui	oui	oui (option payante)			oui
Accessoires	non	Module petits échantillons	Module petits échantillons				
Bulb life		> 40,000 hr	>18,000 Hours				
Sample working distance		0 – 15 mm from window, 3 mm optimal	3 mm from window	2 cm			
Dispersing element	Linear	Linear variable filter	Linear Variable Filter				
Pixel size/pitch	PAS BESOIN	30 µm x 250 µm/50 µm	30 x 250 µm/50 µm				
Pixel-to-pixel interval		6.2 nm for 950 – 1650 nm	7.4 nm				
Analog-to-digital convertor		16 bit	16 bit				
Dynamic range (Max)		41,66736111	1000 : 1				
Integration time	PAS DE BESOIN (photodiode)	10 ms typical, minimum 10 µsec	Minimum 10 µs; Maximum limited by dark signal				
Connectivity	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0				
Size (Length/Diameter)	62 x 58 x 36 mm	45 x 42 mm	45 x 42 mm	27.5 x 9.5 x 3.15mm			31 x 10 x 30 cm
Power	USB Cable 4.75 to 5.25	USB powered (<500 mA @5 V)	USB powered (<500 mA @5 V)				
Data format	CSV	Unsb, CSV, and SPC output	Unsb, CSV, and SPC output				
Software included	DLP NIRscan Nano GUI	MicroNIR OnSite, Unscrambler X Lite, MicroNIR Pro	MicroNIR OnSite, Unscrambler X Lite, MicroNIR Pro	SCIO			ASD LabSpec® Pro
Dust and water resistance		IP 65	MIL-PRF-28800F Class 2				
Shock and vibration		MIL-PRF-28800F Class 2	MIL-PRF-28800F Class 3				

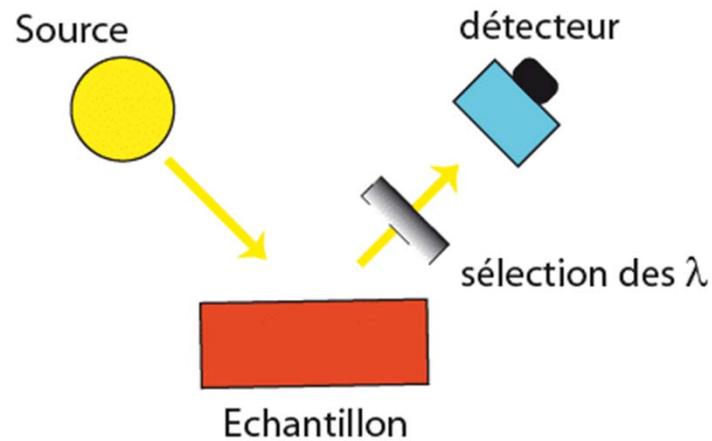
Matériels et Méthodes

Appareils	Nombre d'appareils	Plage spectrale (nm)	Résolution	Technologie	Module d'éclairage
ASD LabSpec 4	2	350 - 2500	3 nm à 700nm et 10nm à (1400- 2500 nm)	-Barrette de silicium - 2 barrettes photodiodes InGaAs	Lampe halogène
TEXAS DLP NIR SCAN NANO EVM	1	900 - 1700	10 nm	1 Photodiode InGAS	2 lampes halogènes
MicroNIR2200 (JDSU)	2	1150 - 2150	20 nm	1 photodiode InGaAs	2 lampes tungstène
MicroNIR1700 (JDSU)	2	950 - 1650	16 nm	Barrette de photodiode InGaAs	2 lampes tungstène
Scio (Consumer Physics)	1	732-1070	Non communiquée	Deux Photodiodes	Lampe LED
NIRONE 2.0	1	1550-1950	16-22 nm	Barrette de photodiode InGaAs	2 lampes tungstène
NIRONE 2.2	1	1750-2150	20-26 nm		

Matériels et Méthodes

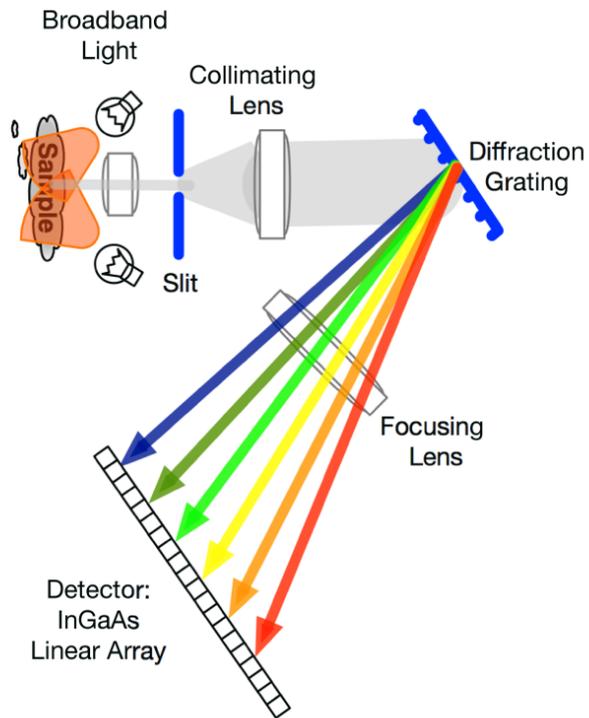
Différents éléments d'un spectromètre PIR:

- ✓ une source lumineuse
- ✓ un dispositif de sélections de longueurs d'onde: monochromateur
- ✓ un dispositif de positionnement de l'échantillon sur le faisceau
- ✓ un (ou des) détecteur(s)

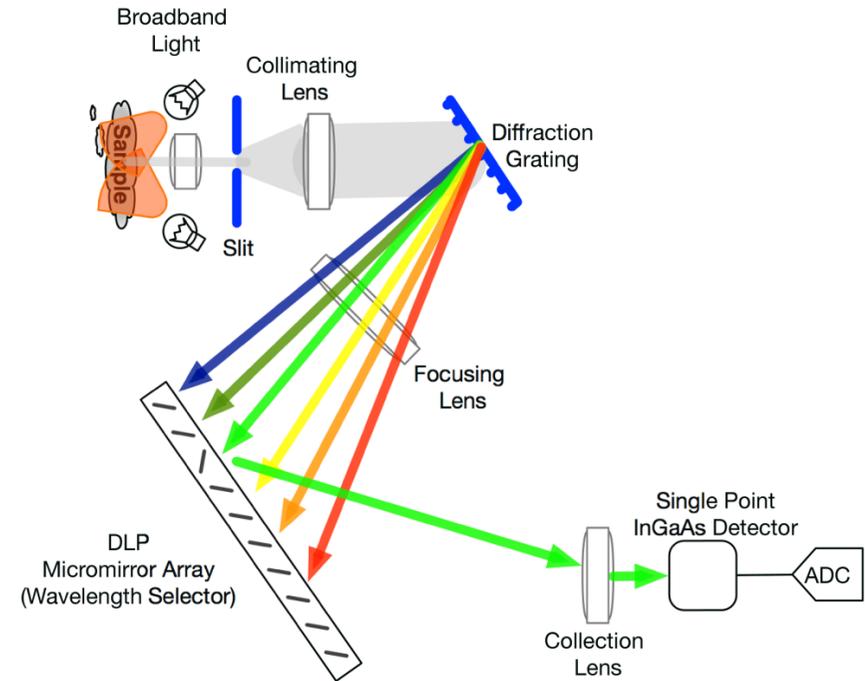


Matériels et Méthodes

Détecteur linéaire

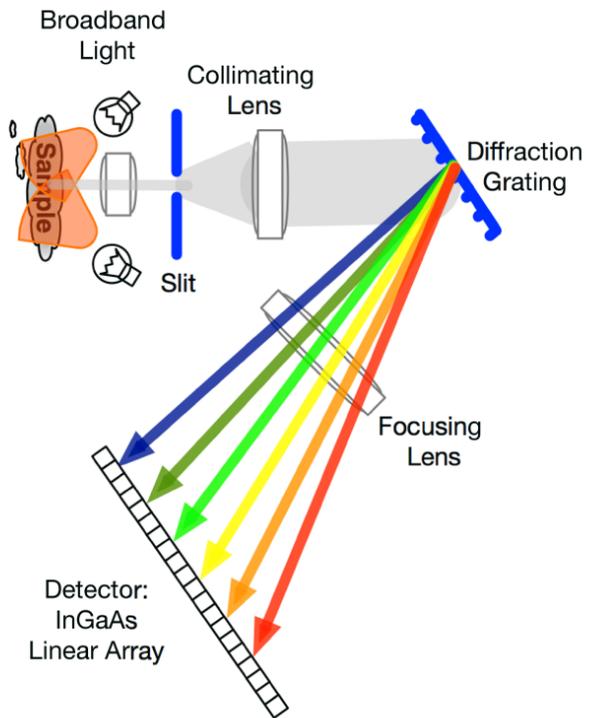


Détecteur ponctuel

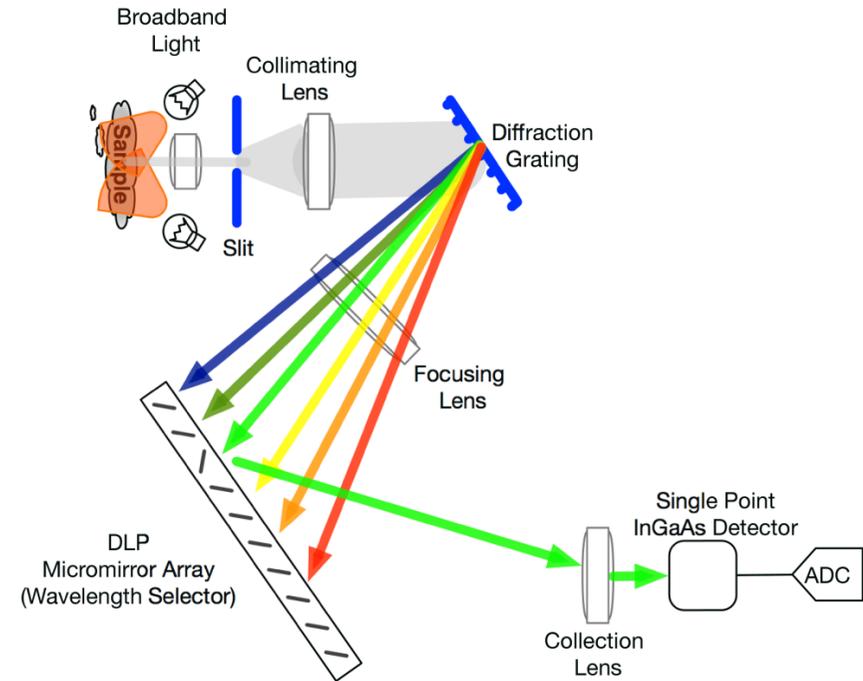


Matériels et Méthodes

Détecteur linéaire



Détecteur ponctuel

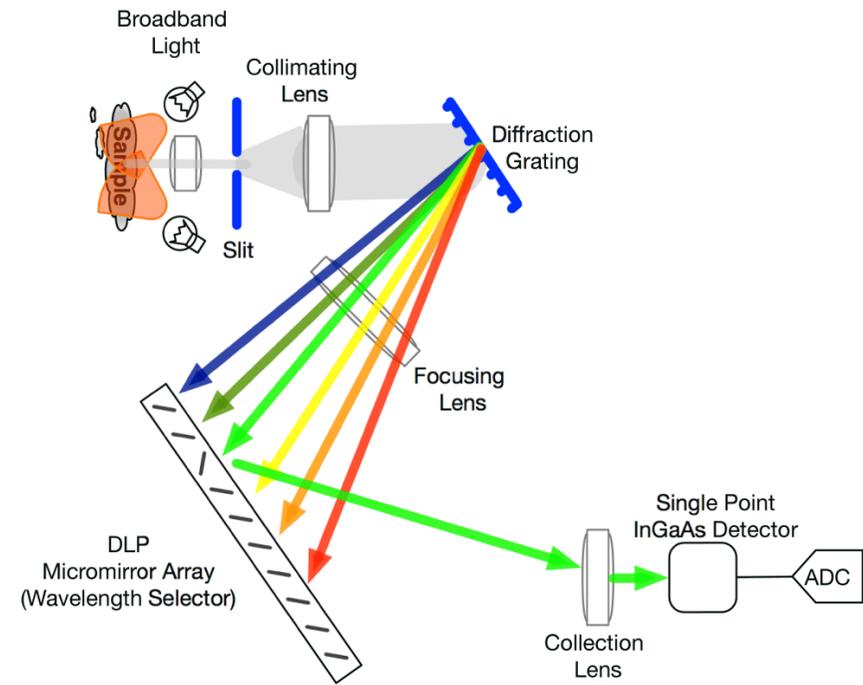


Matériels et Méthodes

Détecteur linéaire

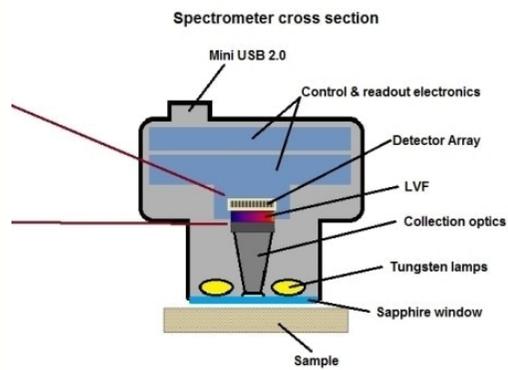
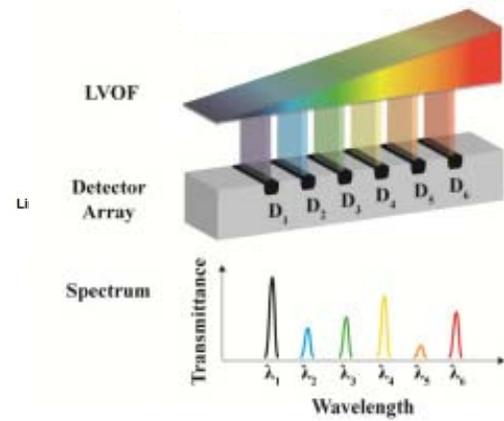


Détecteur ponctuel



Matériels et Méthodes

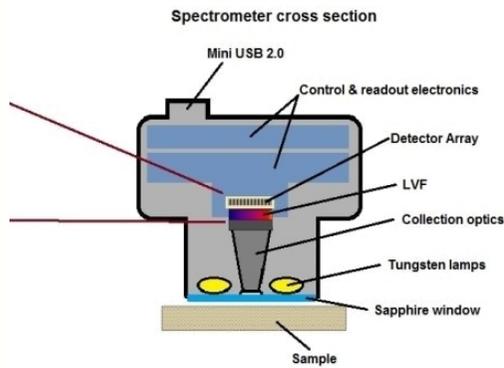
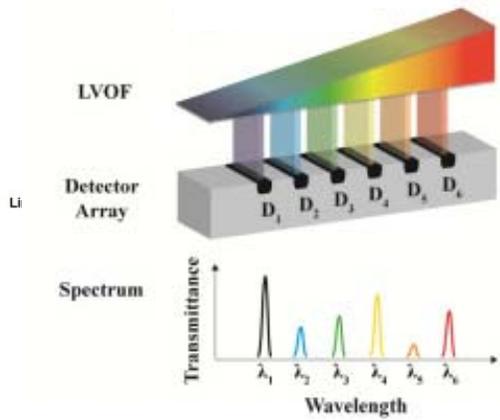
Détecteur linéaire



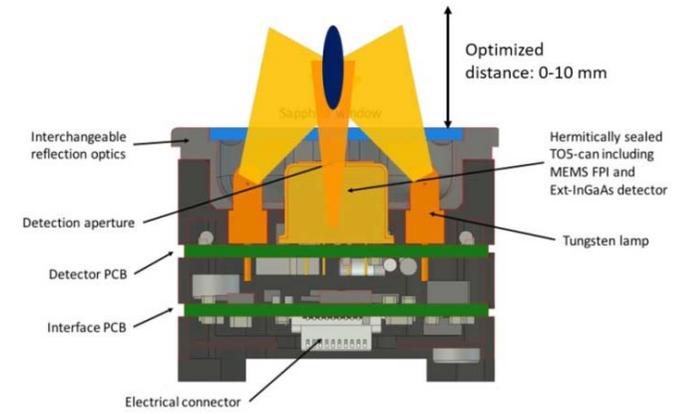
Détecteur ponctuel

Matériels et Méthodes

Détecteur linéaire

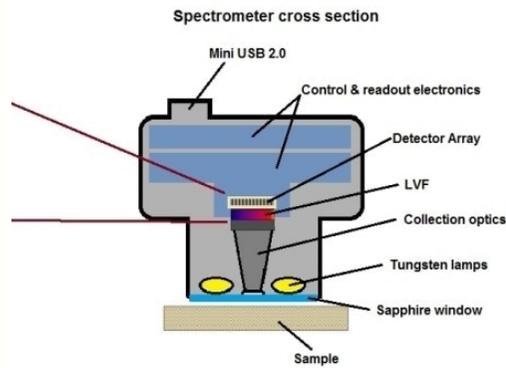
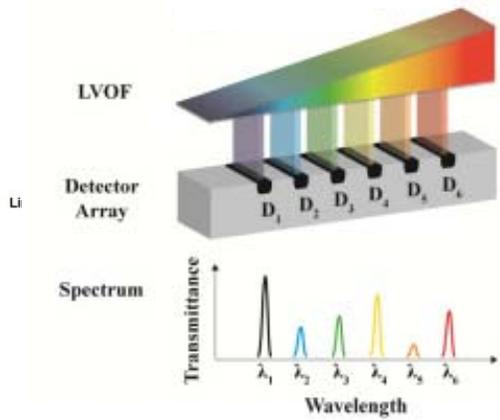


Détecteur ponctuel

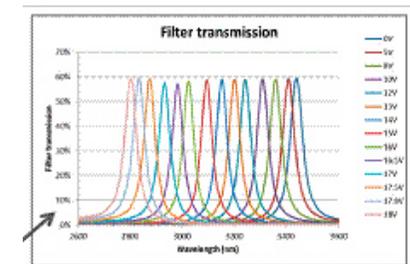
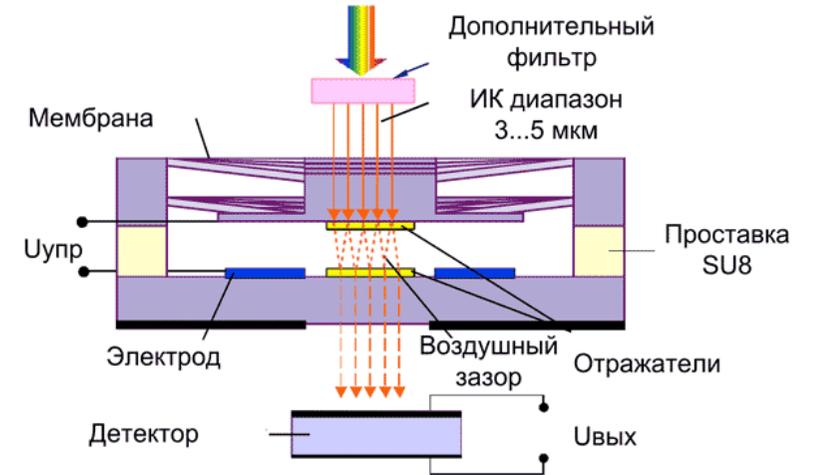


Matériels et Méthodes

Détecteur linéaire



Détecteur ponctuel



Matériels et Méthodes

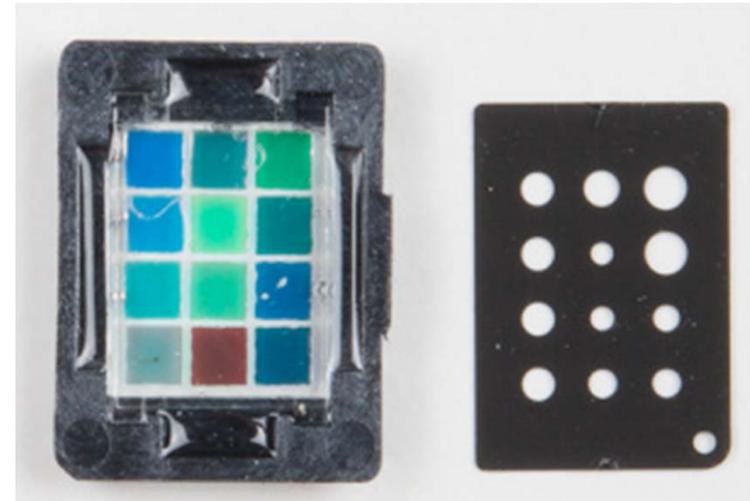
Détecteur linéaire

?



Détecteur ponctuel

?



Matériels et Méthodes

	ASD	Texas instrument	MICRONIR 2200	MICRONIR 1700	NirOne 2.0	NirOne 2.2	Scio
<i>Dark current</i>	-	-	+	+	-	-	-
<i>Bruit par pixel</i>	-	-	+	+	-	-	-
<i>Linéarité du capteur</i>	-	-	+	+	-	-	-
<i>Rapport Signal/Bruit du capteur</i>	-	-	+	+	-	-	-
<i>Stabilité de la mesure spectrale</i>	+	+	+	+	+	+	-
<i>Justesse de calibration</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Résolution spectrale</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lumière parasite</i>	-	-	-	-	-	-	-

(-) : Non réaliser

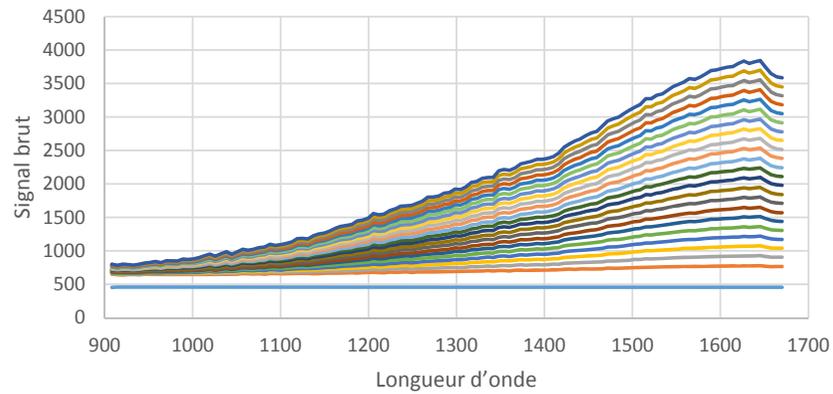
(+) : réaliser

Résultats

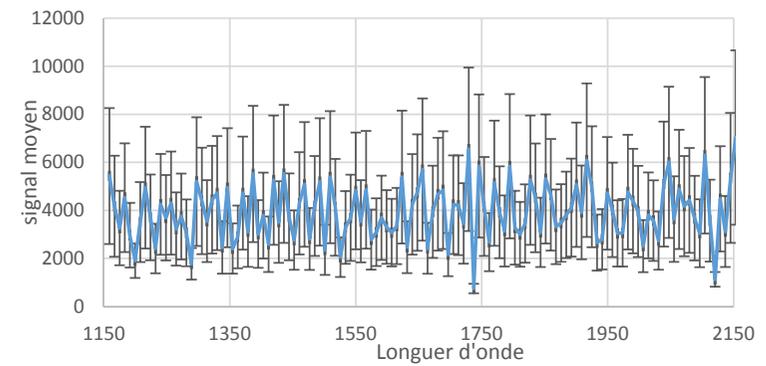
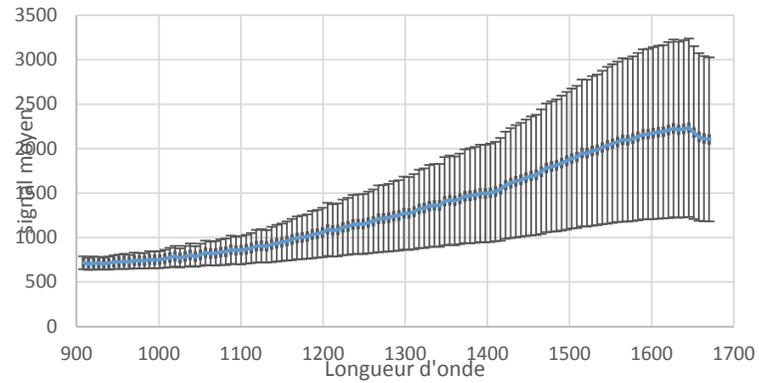
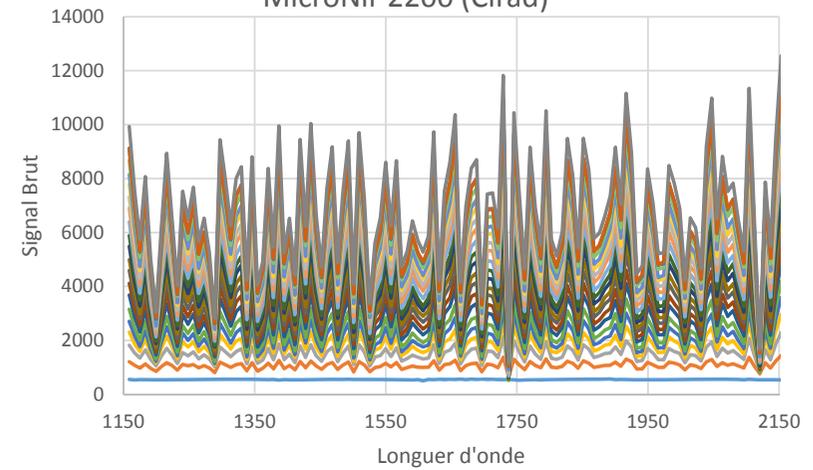
1. Caractérisation de la réponse du capteur :

Mesure du Dark Current: $DC=f(TI)$ ou $DC=f(G)$

MicroNir1700 (CRAW)



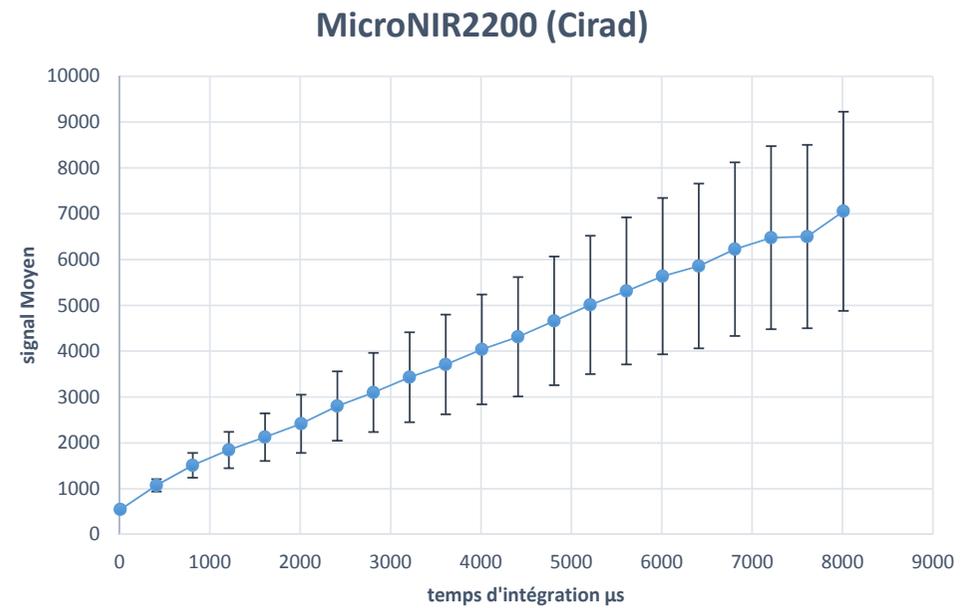
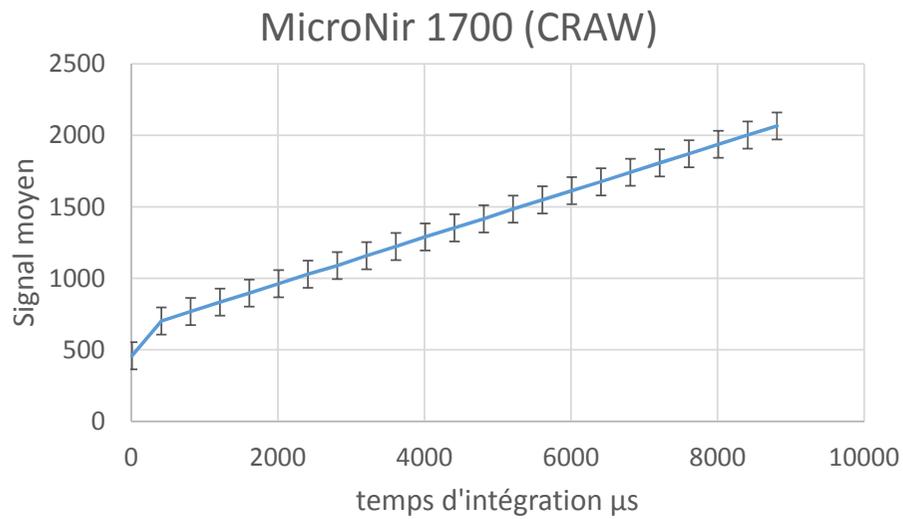
MicroNir 2200 (Cirad)



Résultats

1. Caractérisation de la réponse du capteur :

Mesure du Dark Current: $DC=f(TI)$ ou $DC=f(G)$



Résultats

1. Caractérisation de la réponse du capteur :

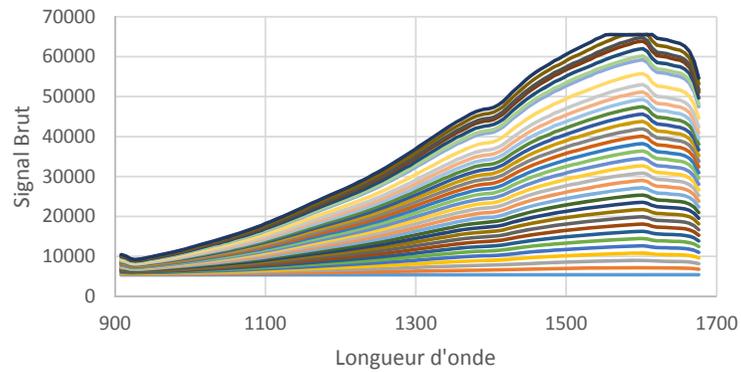
- Linéarité du Capteur (LC) :
 - **Méthode:** mesures spectrales sur une référence blanche, pour différents temps d'intégration ou gain jusqu'à saturation du spectre.
 - **Objectif:** tracer la fonction : $LC=f(T_i)$ ou $DC=f(G)$.

Résultats

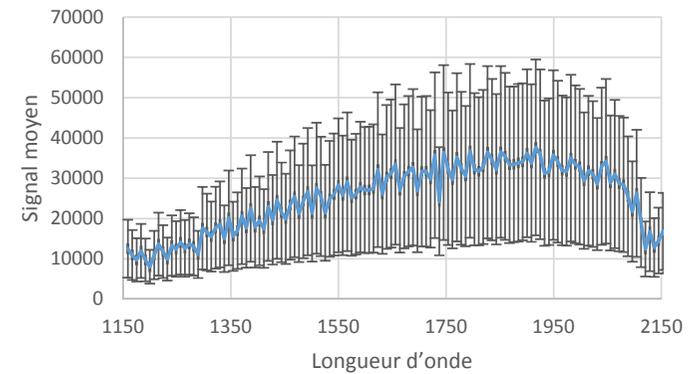
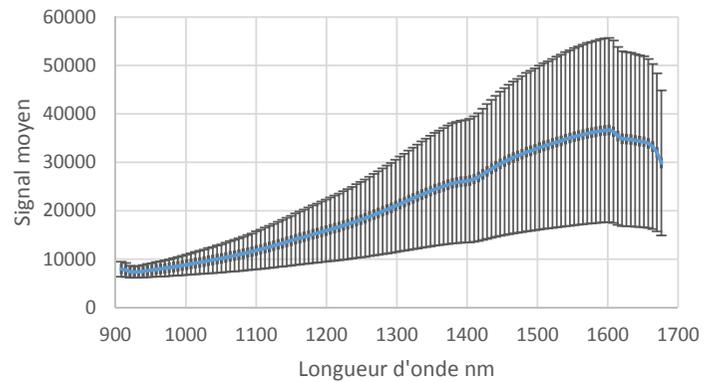
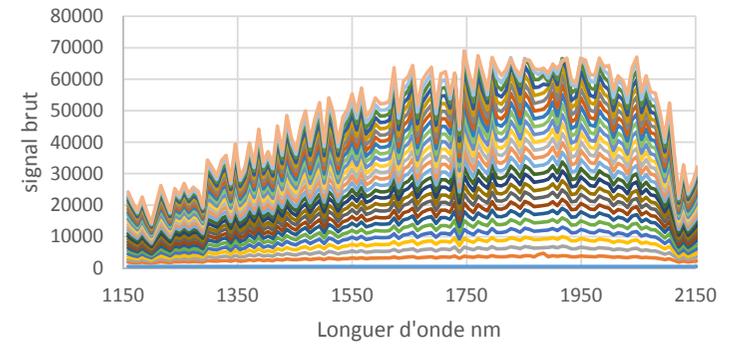
1. Caractérisation de la réponse du capteur :

Linéarité du Capteur : $LC=f(TI)$ ou $LC=f(G)$

MicroNir 1700 Craw



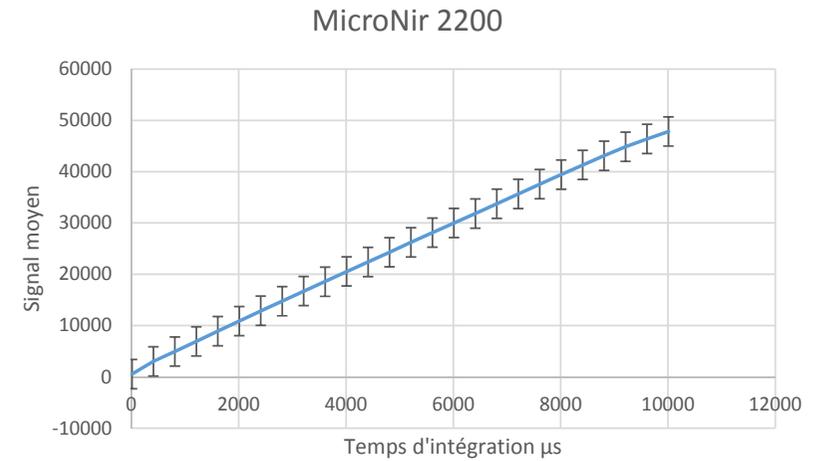
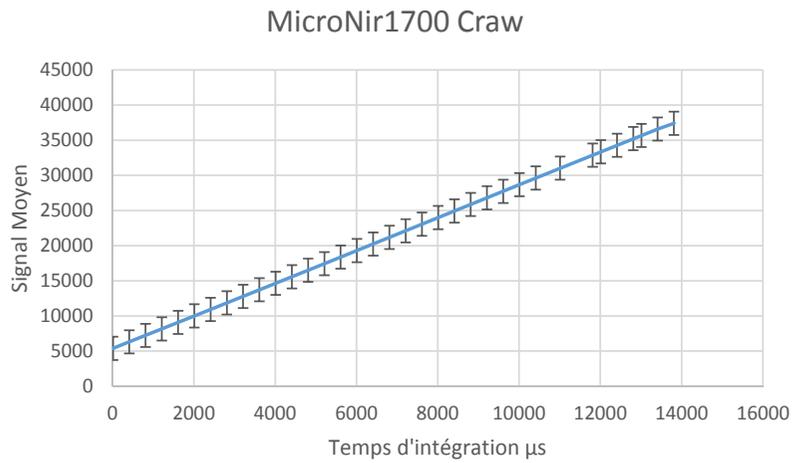
MicroNir 2200 (Cirad)



Résultats

1. Caractérisation de la réponse du capteur :

Linéarité du Capteur : $LC=f(TI)$ ou $LC=f(G)$



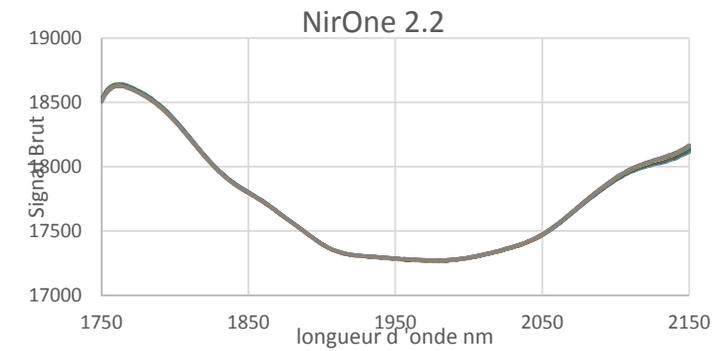
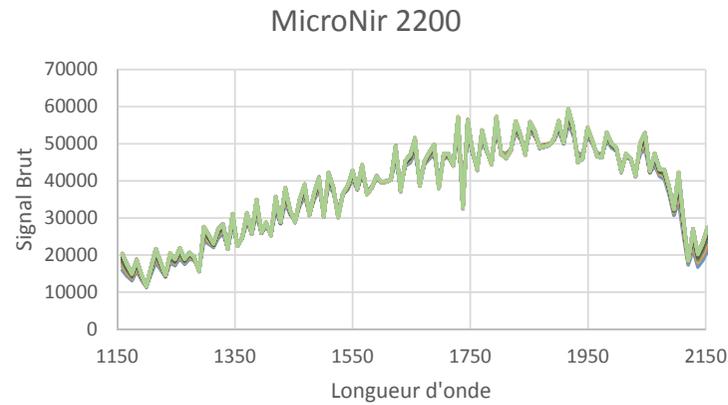
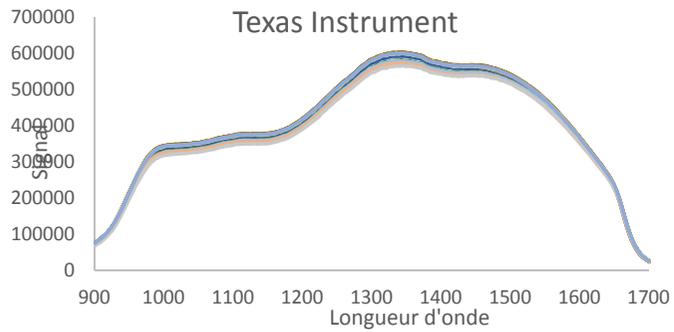
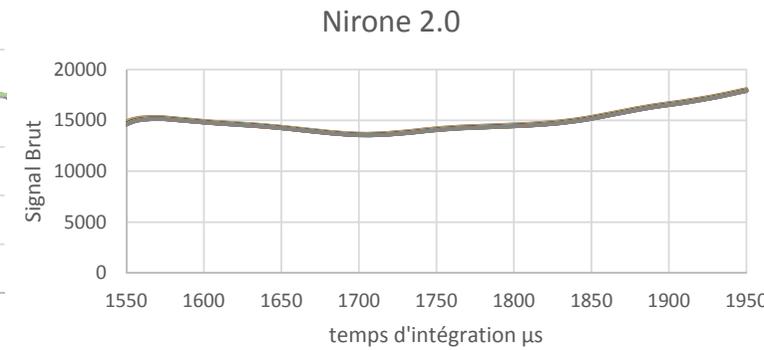
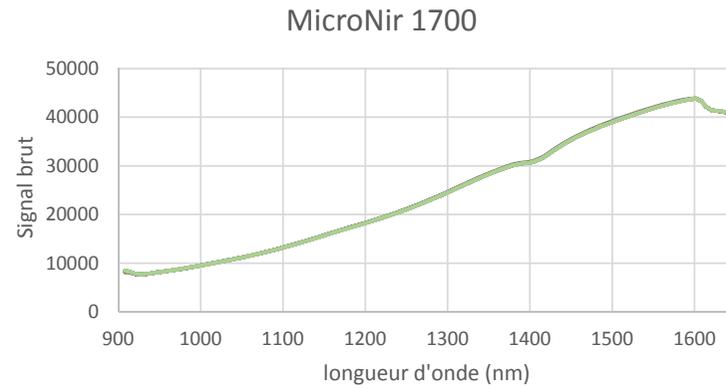
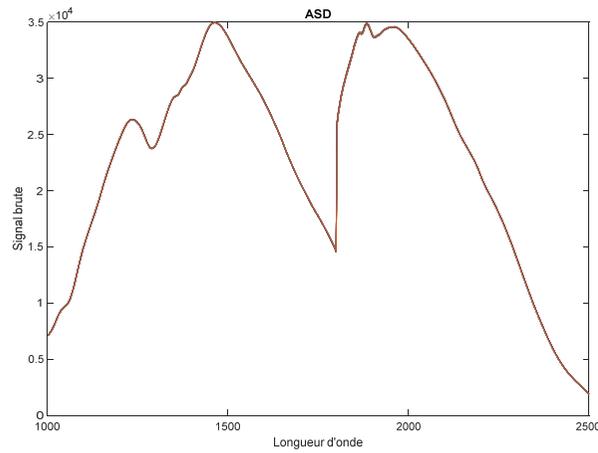
Résultats

2. Stabilité de la mesure spectrale de l'appareil

- **Méthode:** après optimisation du temps d'intégration, une mesure d'une référence blanche sera effectuée toute le 2 minutes durant 60 minutes.
- **Objectif:** observer les dérives rapides et lentes de la mesure spectrale

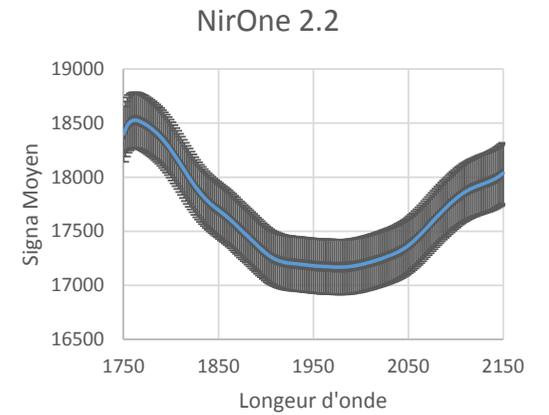
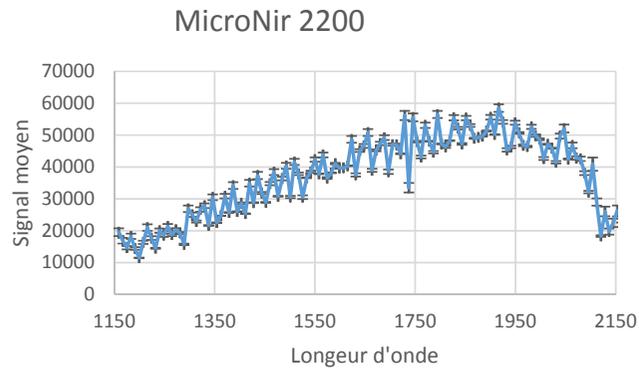
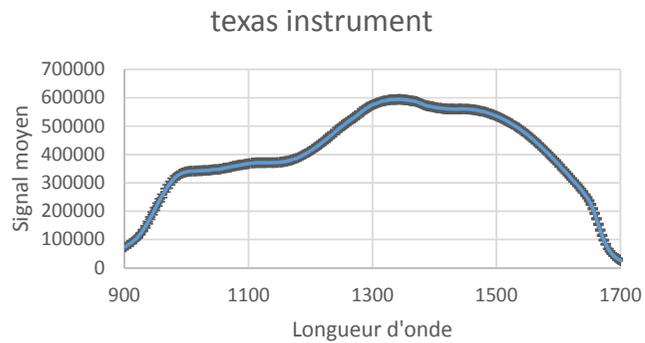
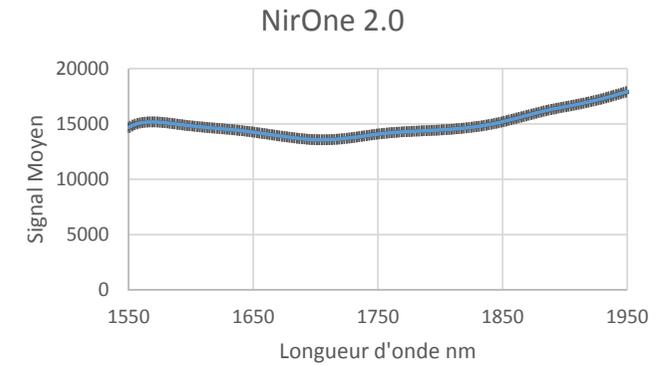
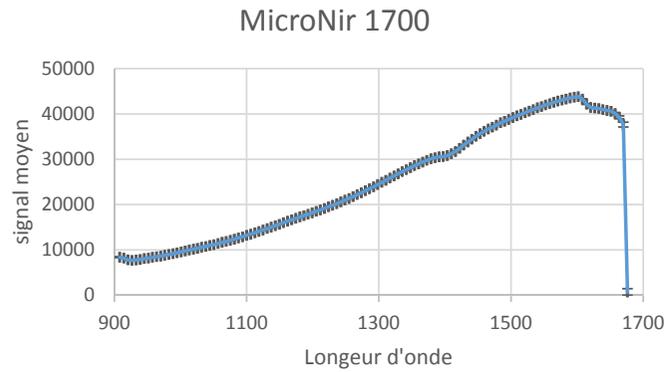
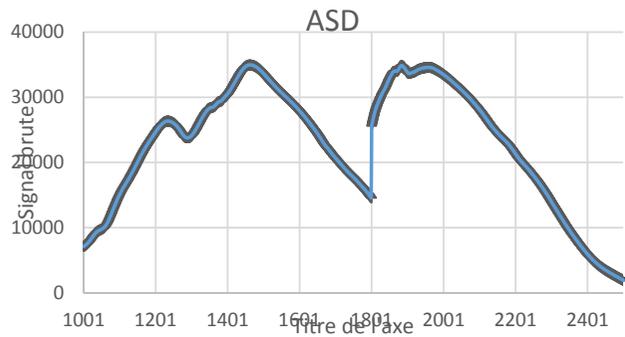
Résultats

2. Stabilité de la mesure spectrale de l'appareil



Résultats

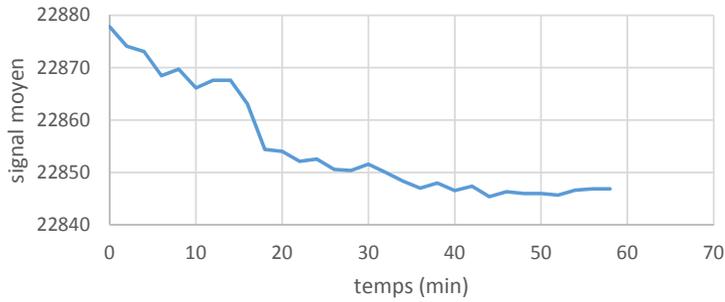
2. Stabilité de la mesure spectrale de l'appareil



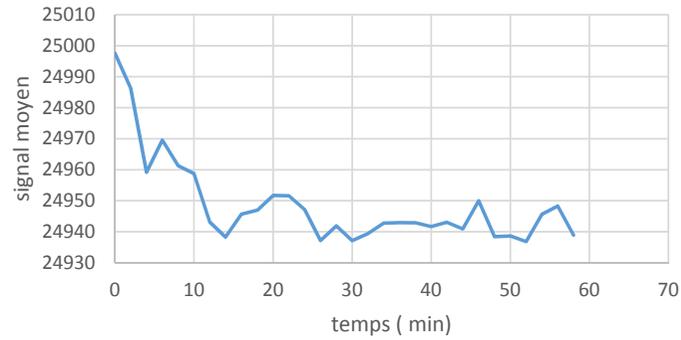
Résultats

2. Stabilité de la mesure spectrale de l'appareil

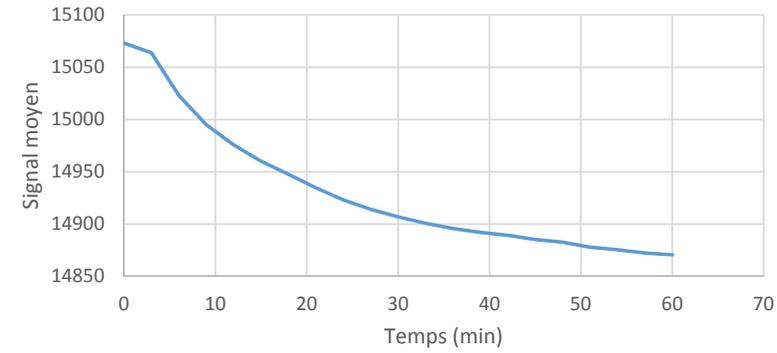
ASD



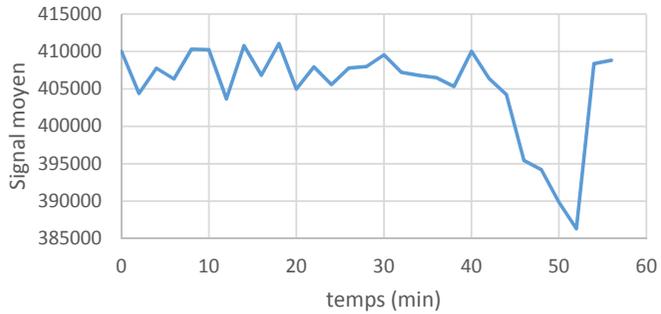
MicroNIR 1700



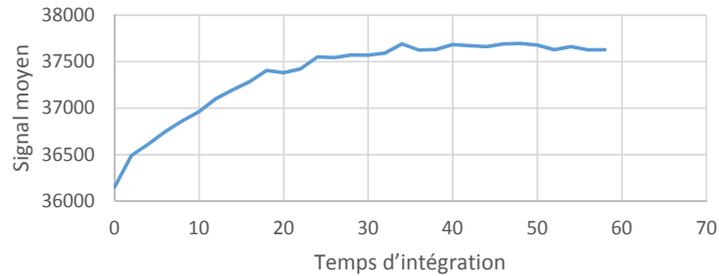
Nirone 2.0



texas Instrument



MicroNir 2200



NirOne 2.2

