

Plate-forme de radio définie par logiciel NI USRP pour les lycées



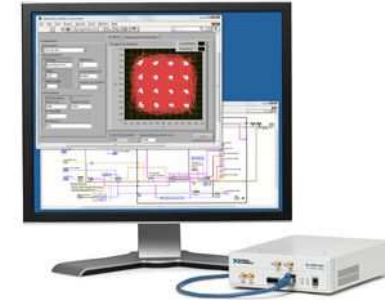
Frédéric BOULLOT
Responsable du Programme Lycée
Séminaire inter-académique LAVAL 30-01-15

france.ni.com/enseignement



Programme

- Présentation de l'USRP
 - Caractéristiques techniques
- Comment enseigner les communications numériques
 - Utilisation du Baseband Developer Kit
 - Utilisation de l'USRP en récepteur FM
- Activités pédagogiques
 - Emetteur FM
 - Faisceaux Hertziens
 - Décodeur de télécommande
 - TV par satellite
- Programmation de systèmes embarqués : myRIO



NI USRP

Frontaux RF réglables

- Gammes de fréquences
50 MHz – 2,2 GHz (NI-2920
ou 2930 horloge GPS)
400 MHz – 4,4 GHz (NI 2922
ou 2932 horloge GPS)
2,4 GHz et 5,5 GHz (NI-2921)

Synthèse et traitement du signal

- NI LabVIEW pour le développement
- Toolkit NI Modulation et les add-ons de LabVIEW pour simuler ou traiter des signaux réels



Applications

- FM Radio
- TV
- GPS
- GSM
- ZigBee
- OFDM
- Radar passif
- Accès dynamique au spectre
- TNT

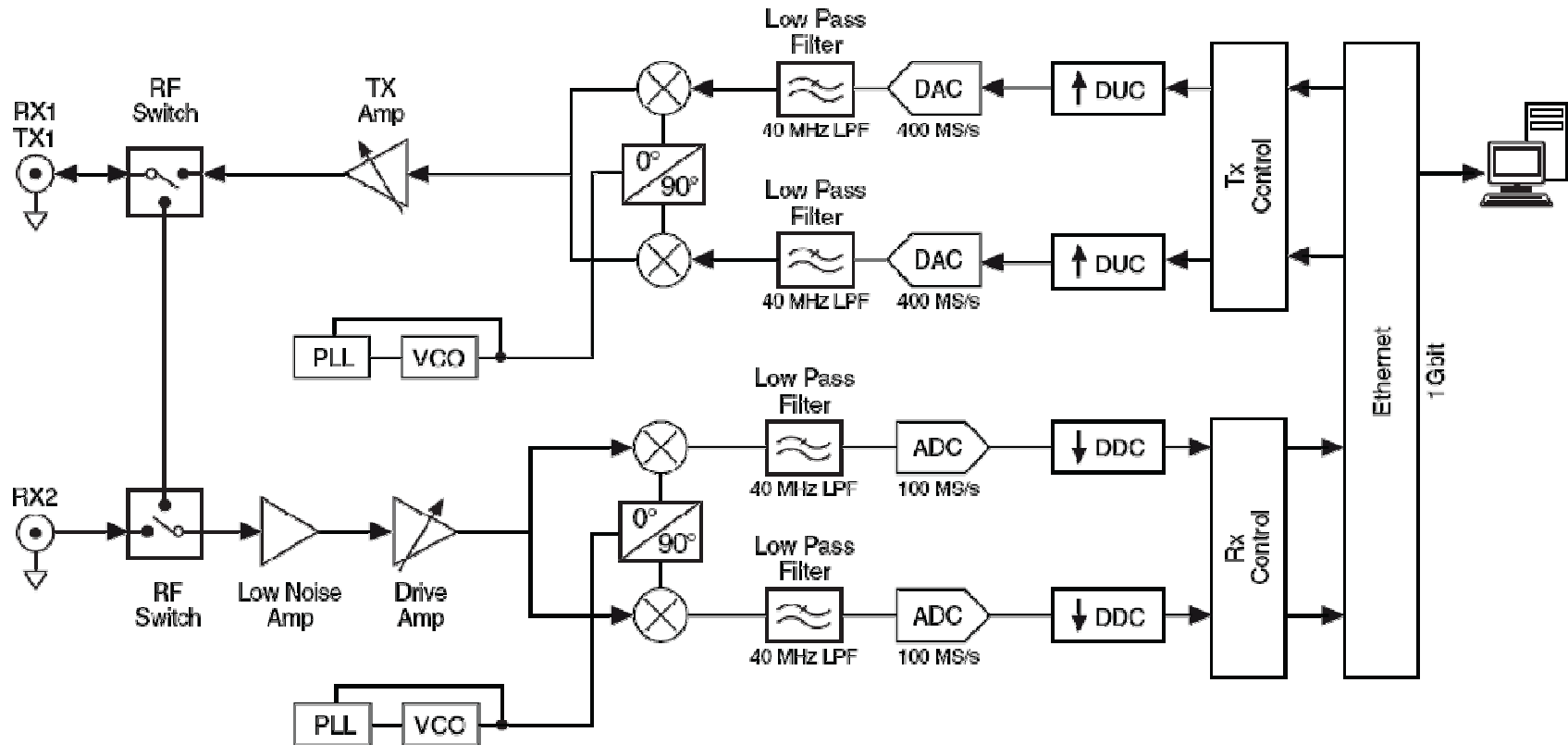
Connectivité 1 Gigabit Ethernet

- Plug-and-Play
- Jusqu'à 25 Méch./s Streaming IQ en bande de base

Spécifications

NI USRP-2920 Characteristics		NI USRP-2921 Characteristics	
Transmitter		Transmitter	
TX Frequency Range	50 MHz to 2.2 GHz	TX Frequency Range (Lower Band)	2.4 GHz to 2.5 GHz
Software Adjustable TX Frequency Step	< 1 kHz	TX Frequency Range (Upper Band)	4.9 GHz to 5.9GHz
TX Power (50 MHz to 1.2 GHz)	50-100mW (17-20dBm)	Software Adjustable TX Frequency Step	< 1 kHz
TX Power (1.2 GHz to 2.2 GHz)	30-70mW (15-18dBm)	TX Power	50 - 100mW
TX Output Power Gain Range	up to 25 dB	Tx Output Power Gain Range	up to 25 dB
Software Adjustable Output Power Step Size	0.5 dB	Software Adjustable Output Power Step Size	0.5 dB
TX Frequency Accuracy [1]	50 PPM	TX Frequency Accuracy [1]	50 PPM
Instantaneous Real-Time Bandwidth [2]	up to 20 MHz	Instantaneous Real-Time Bandwidth [2]	up to 20 MHz
DAC (Digital to Analog Conversion)	2 channels, 400MS/s, 16 bit	DAC (Digital to Analog Conversion)	2 channels, 400MS/s, 16 bit
DAC SFDR (Spurious Free Dynamic Range)	80 dB	DAC SFDR (Spurious Free Dynamic Range)	80dB
Receiver		Receiver	
RX Frequency Range	50 MHz to 2.2 GHz	RX Frequency Range (Lower Band)	2.4 GHz to 2.5 GHz
Software Adjustable RX Frequency Step	< 1 kHz	RX Frequency Range (Upper Band)	4.9 GHz to 5.9GHz
Max Input Power (Pin)	0 dBm	Software Adjustable RX Frequency Step	< 1 kHz
Noise Figure	5 to 7 dB	Max Input Power (Pin)	0 dBm
RX Frequency Accuracy [1]	50 PPM	Noise Figure	5 to 7 dB
Instantaneous Real-Time Bandwidth [2]	up to 20 MHz	RX Frequency Accuracy [1]	50 PPM
ADC (Analog to Digital Conversion)	2 channels, 100MS/s, 14 bit	Instantaneous Real-Time Bandwidth [2]	up to 20 MHz
ADC SFDR (Spurious Free Dynamic Range)	88 dB	ADC (Analog to Digital Conversion)	2 channels, 100MS/s, 14 bit
		ADC SFDR (Spurious Free Dynamic Range)	88 dB

NI USRP-2920 : schéma fonctionnel



Émetteur -récepteur RF analogique

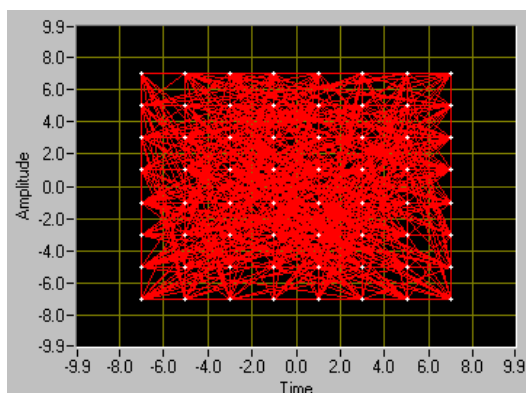
FPGA à fonctions fixes

PC

Outils logiciels de génération et de traitement de signaux

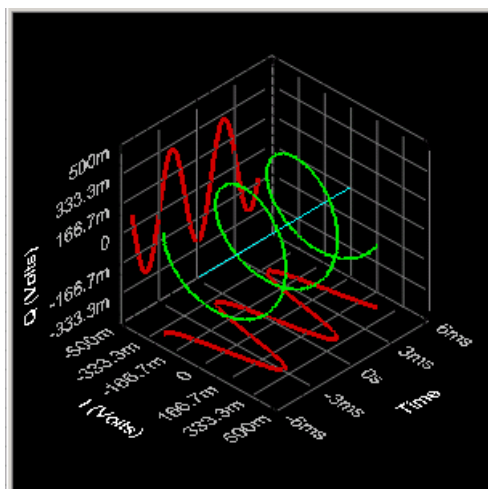
Modulation

- 4, 16, 64, 256 QAM
- BPSK, QPSK, 16-PSK
- ASK, FSK, MSK, GMSK
- AM, FM, PM
- OFDM
- EVM, MER
- Déviation en quadrature
- Déséquilibre IQ/offset DC
- Offset de fréquence
- Rho
- Test du taux d'erreur (BERT)



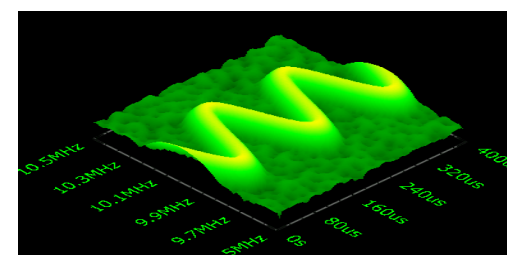
Traitement de signaux

- 9 fonctions de fenêtrage
- 3 modes de moyennage
- Filtres IIR et FIR numériques
- Mesures d'impulsion
- Mesures de transition
- Rééchantillonnage
- Conversion ascendante/descendante
- ...

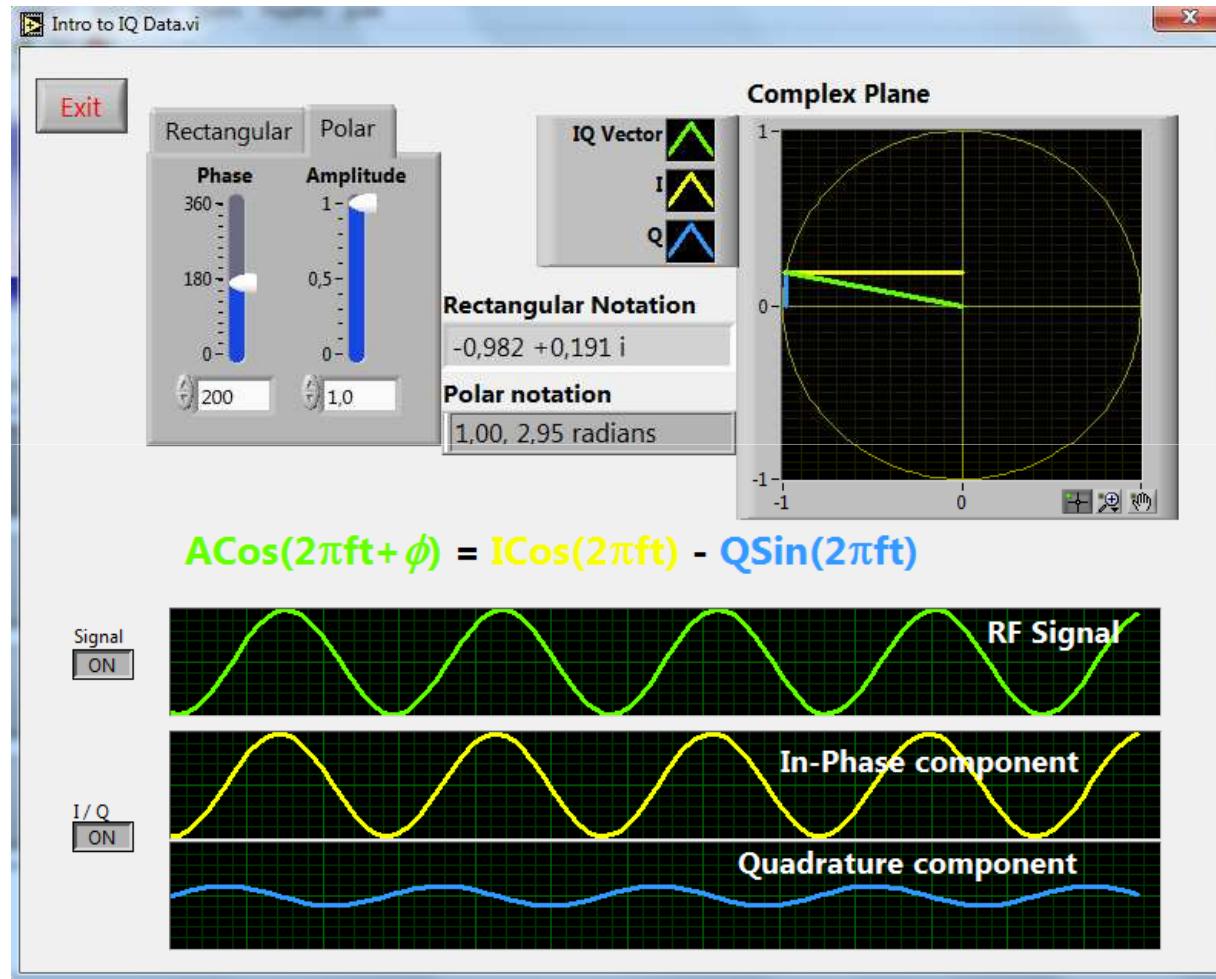


Mesures de spectres

- Puissance des voies adjacentes
- Bande passante occupée
- Masque d'émissions spectrales
- Fonction de distribution cumulative complémentaire
- Inter-modulation
- Spectre de balayage
- THD, SINAD, SNR, SFDR
- Niveau harmonique spécifique
- Puissance par bande
- Détection de pic
- Zoom FFT
- Réponse en fréquence
- Analyse dans le domaine temps-fréquence ...



Fondamentaux : Introduction à la modulation IQ



NI USRP – Comment ça marche ?

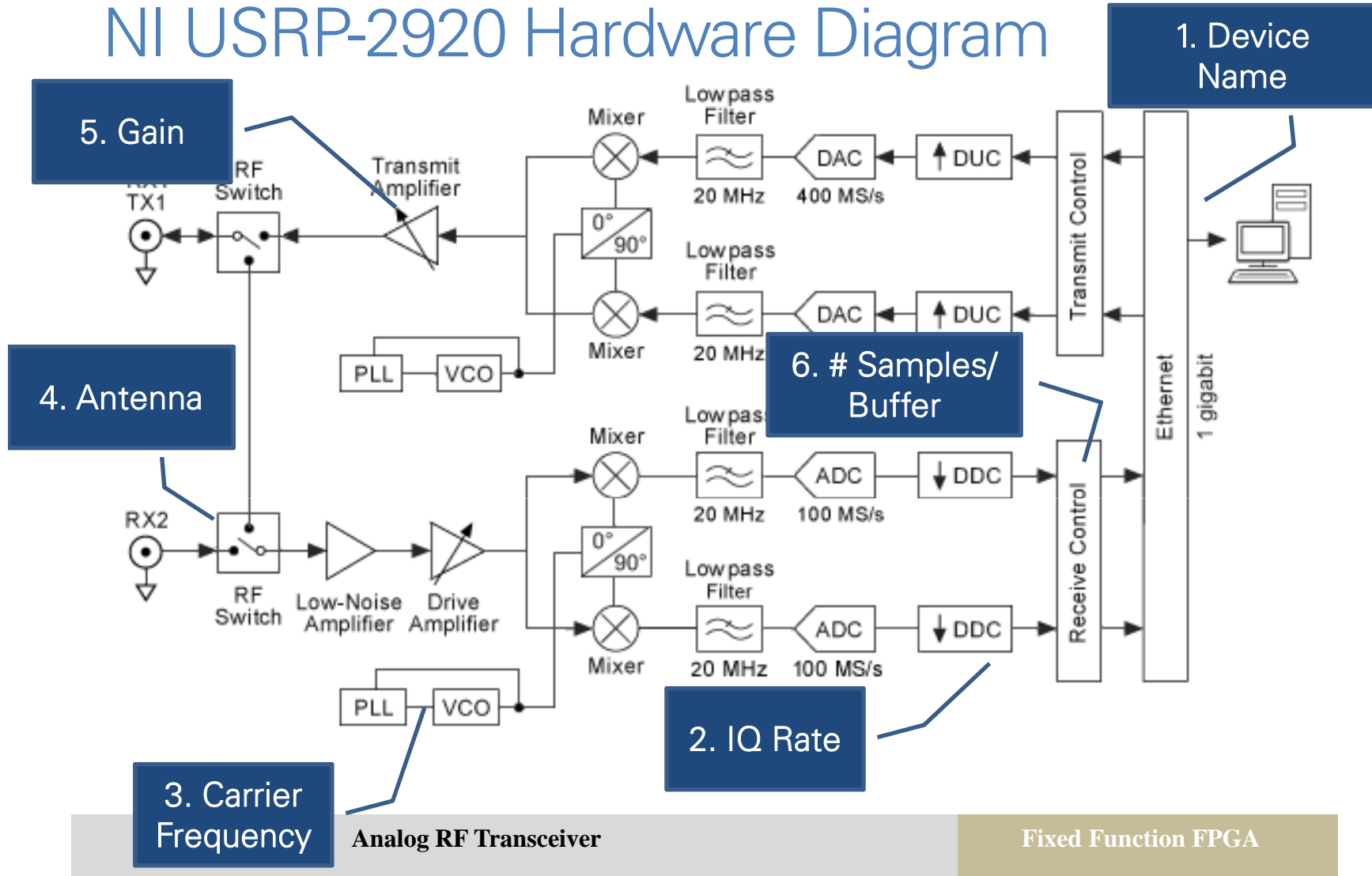
Transcepteur
RF

IQ en bande de
base

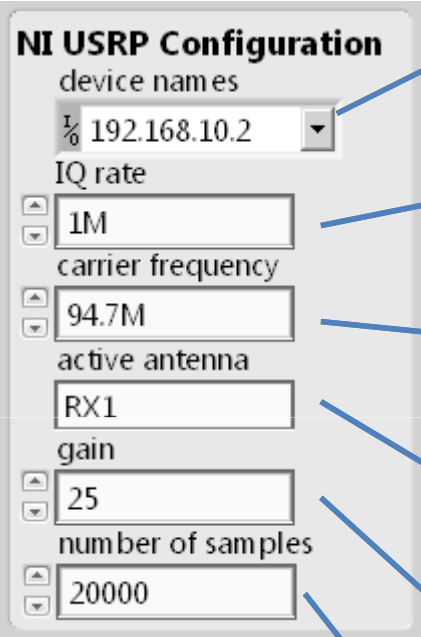
Traitement du signal



NI USRP-2920 Hardware Diagram



USRP : Configuration en 6 paramètres



The image shows a screenshot of the 'NI USRP Configuration' dialog box. It contains several fields with blue arrows pointing to them from the right. The fields are: 'device names' with a dropdown menu showing '192.168.10.2'; 'IQ rate' with a dropdown menu showing '1M'; 'carrier frequency' with a dropdown menu showing '94.7M'; 'active antenna' with a dropdown menu showing 'RX1'; 'gain' with a dropdown menu showing '25'; and 'number of samples' with a dropdown menu showing '20000'.

1. **Device Name** – Adresse IP de l'USRP

2. **IQ Rate** – Vitesse d'échantillonnage, équivalent à la bande passante

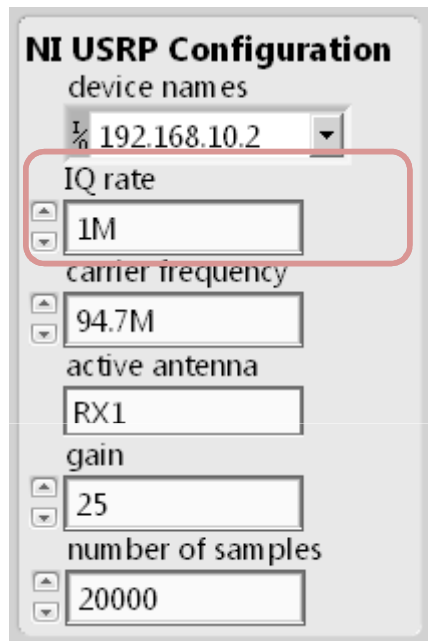
3. **Carrier Frequency** – Fréquence de la porteuse

4. **Antenna** – Sélection de l'antenne

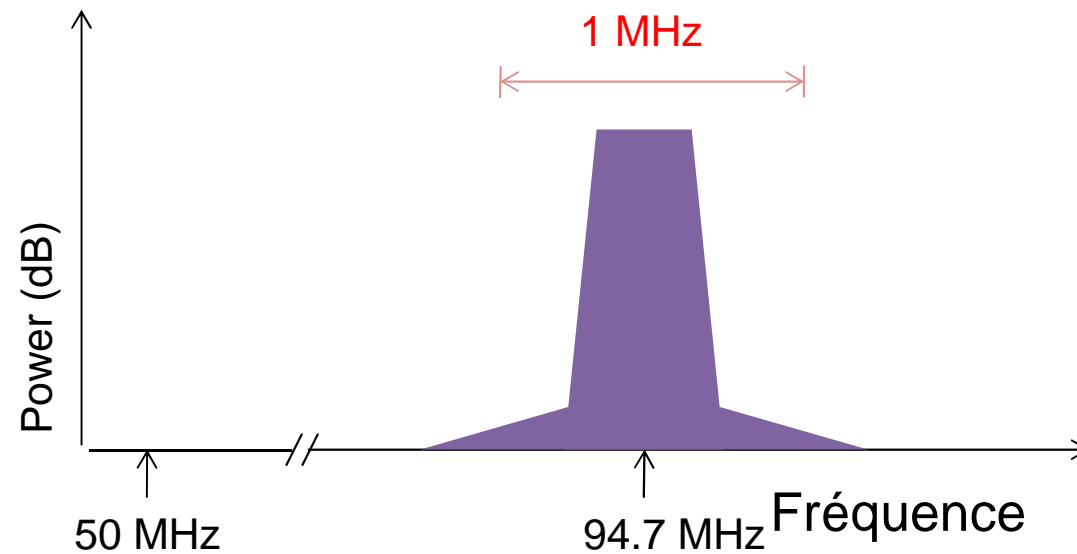
5. **Gain** – Amplification du signal avant la numérisation

6. **Fetch size** – Nombre d'échantillons à lire à chaque cycle

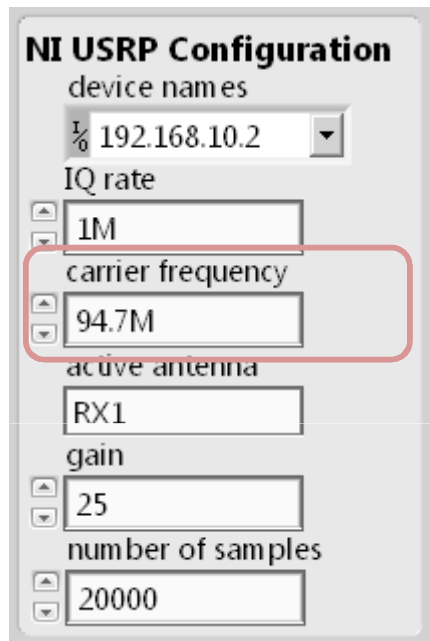
NI USRP RF Paramètres de réception



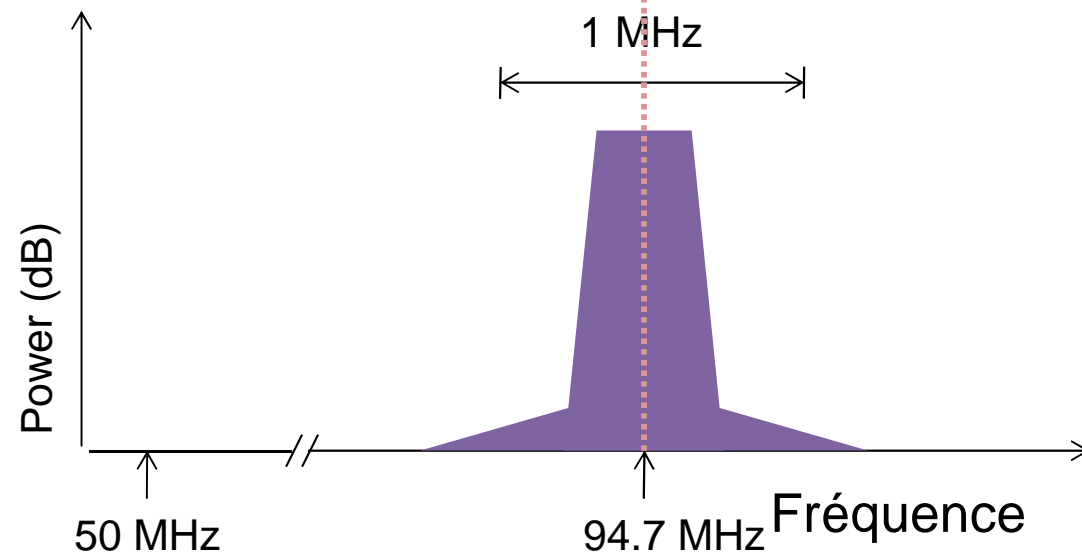
IQ Rate \approx Bande Passante



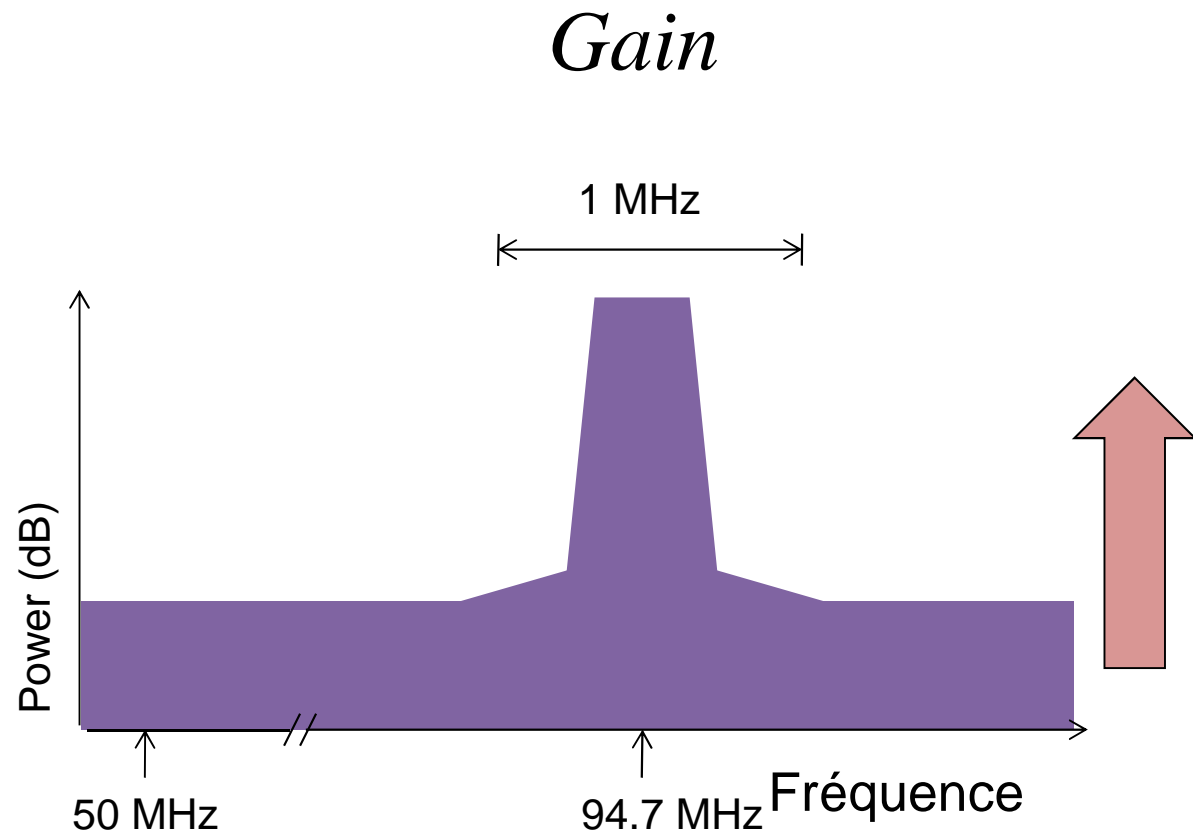
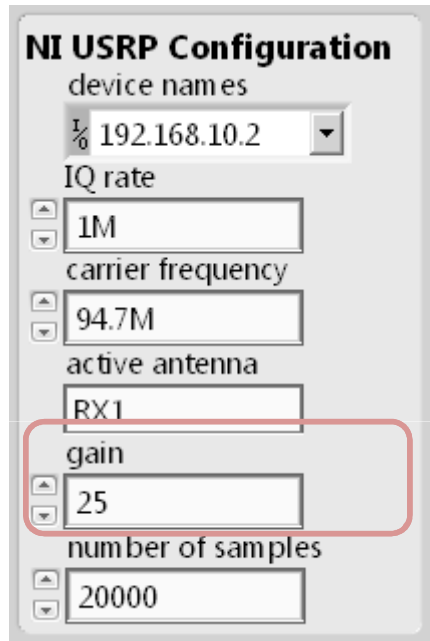
NI USRP RF Paramètres de réception



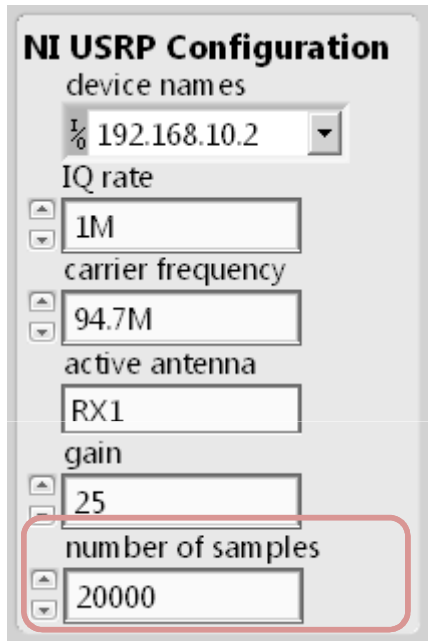
Fréquence de la porteuse



NI USRP RF Paramètres de réception



NI USRP RF Paramètres de réception



Nombre d'échantillons

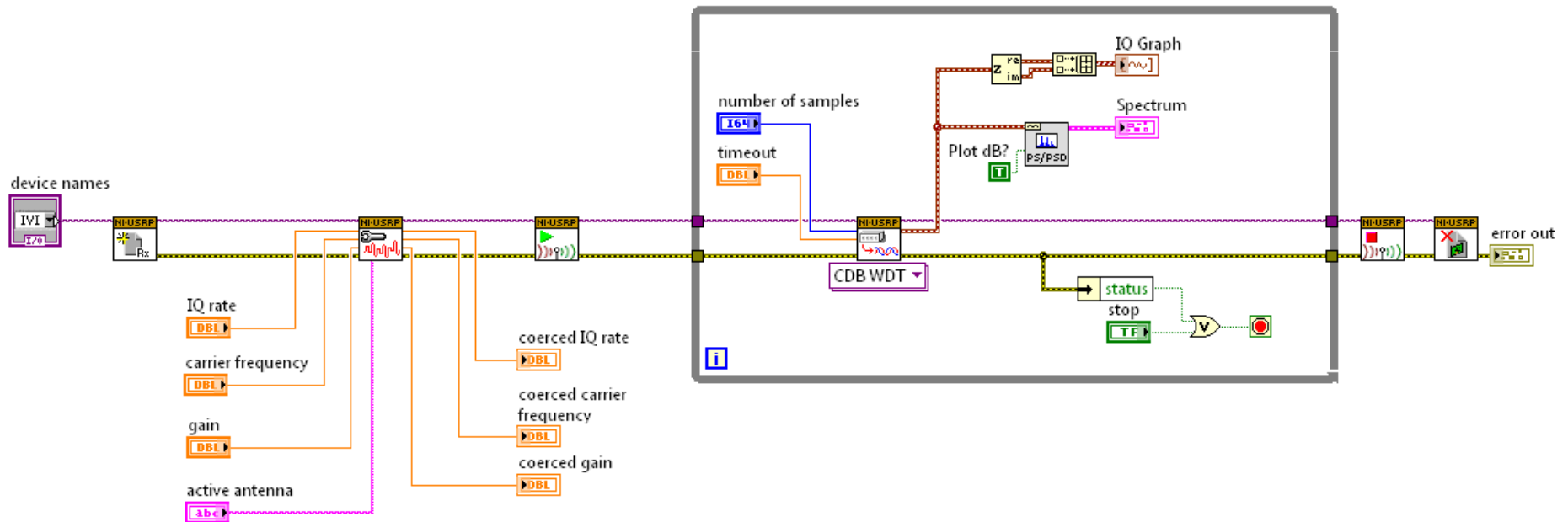
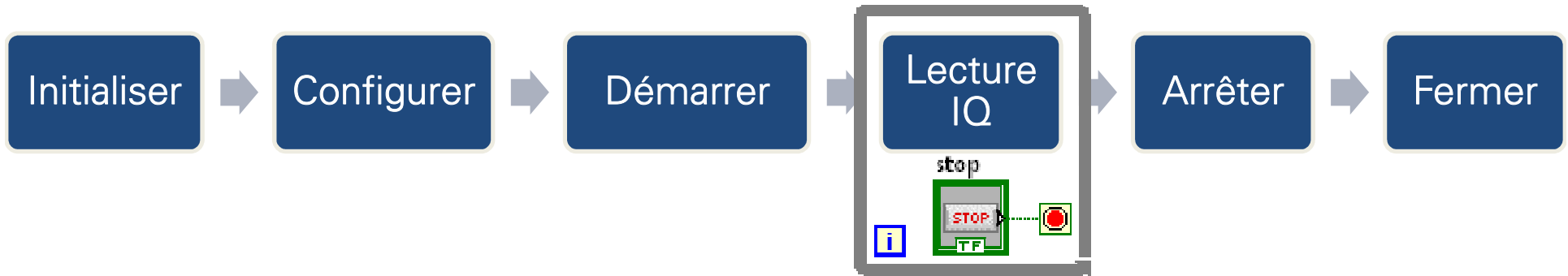
Time Domain

$$\frac{1}{IQ_rate} * number_samples = fetch_time$$

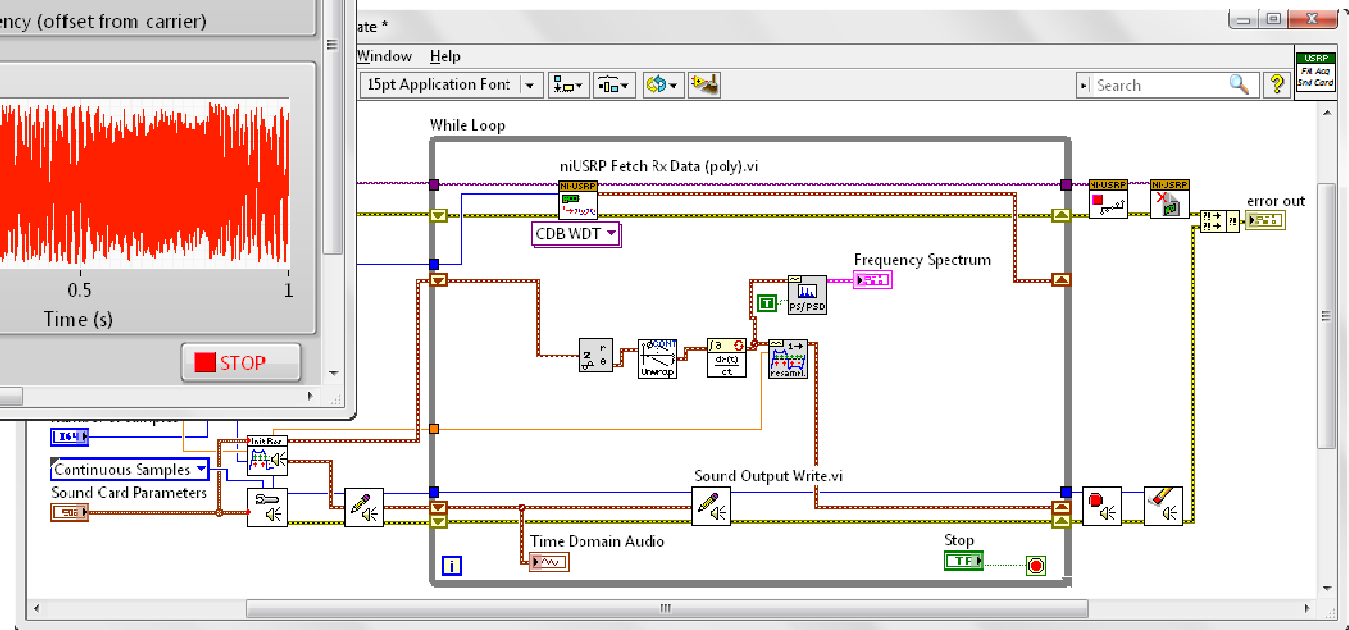
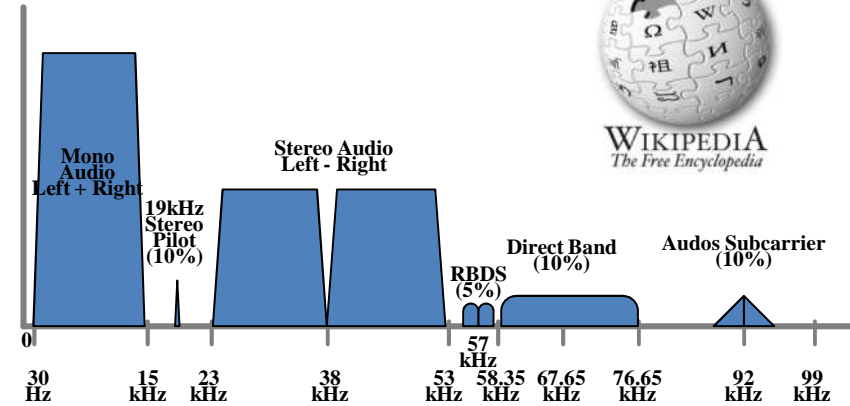
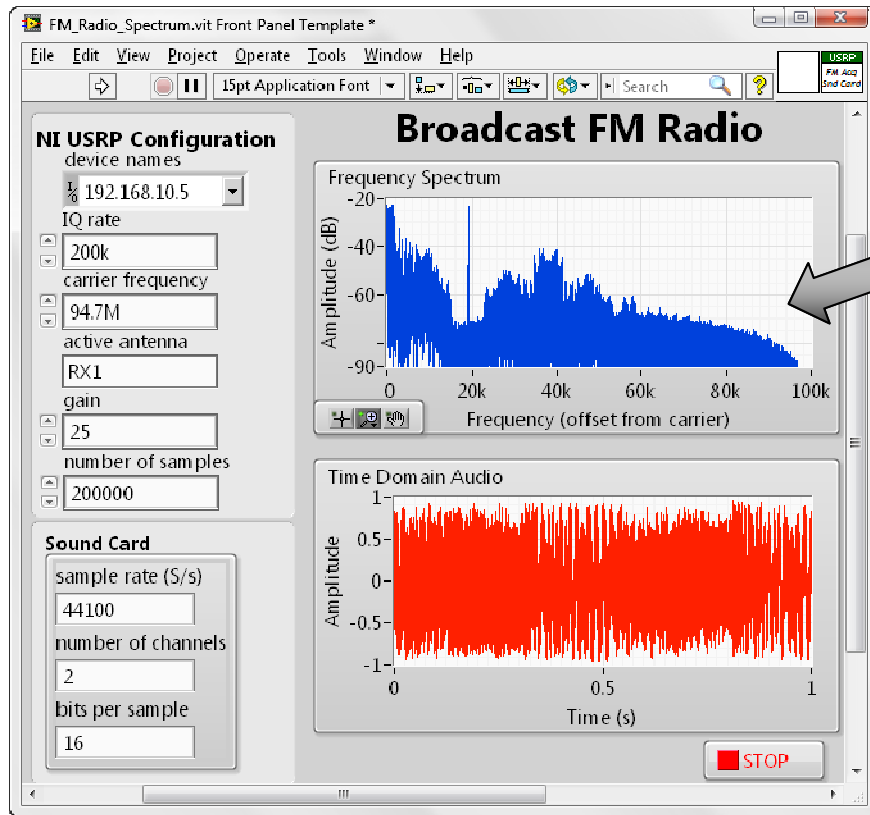
Frequency Domain

$$\frac{IQ_rate}{number_samples} = resolution_bandwidth$$

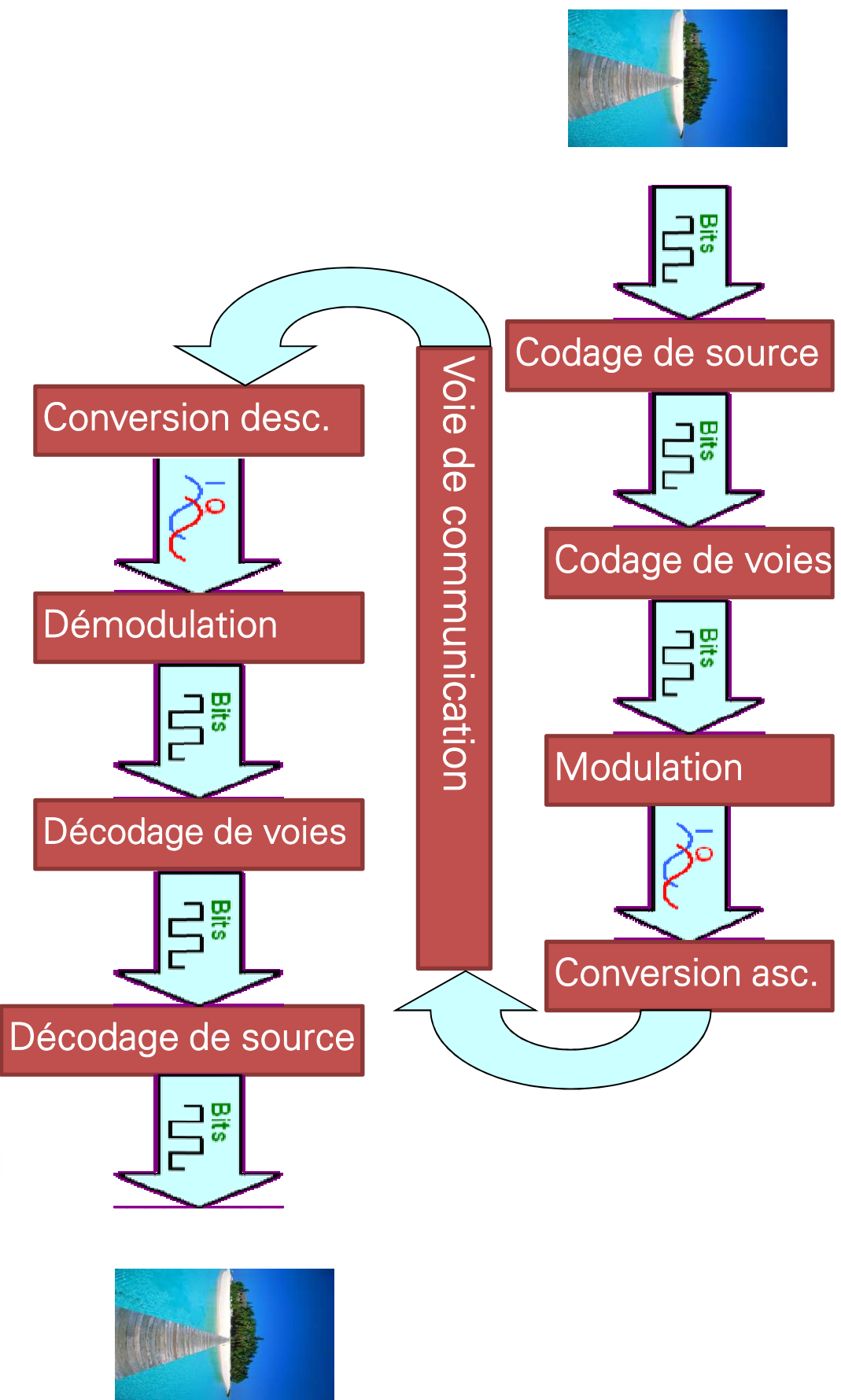
Driver logiciel NI-USRP



Récepteur de Radio FM (Exemple)



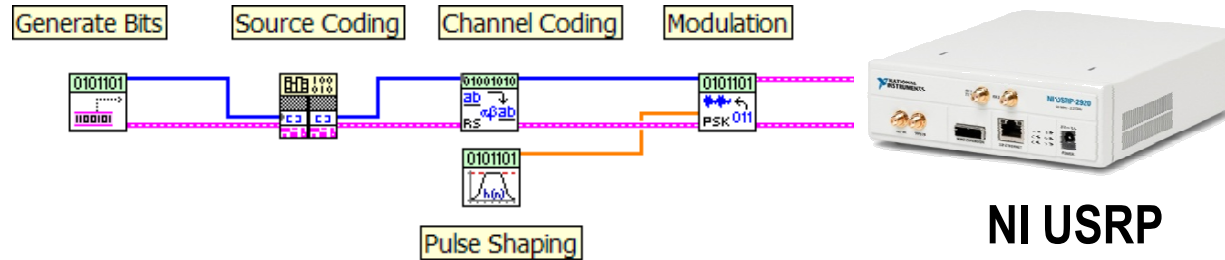
Système de transmission numérique



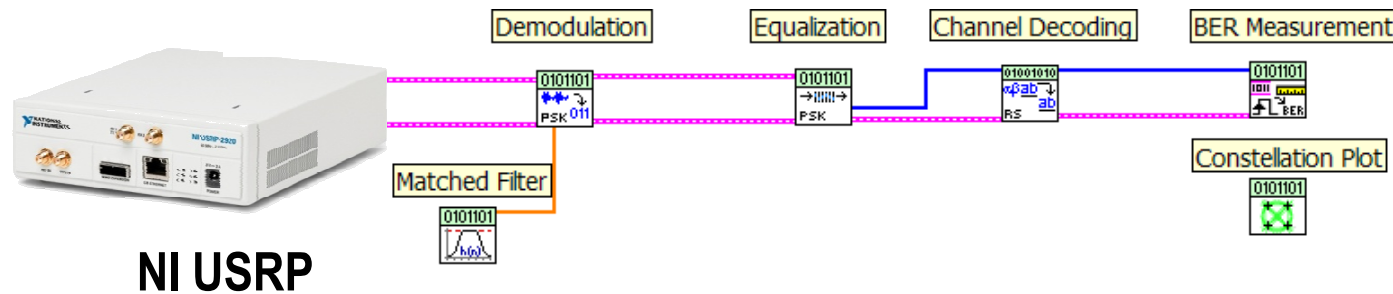
Systeme de transmission numerique



Toolkit NI Modulation

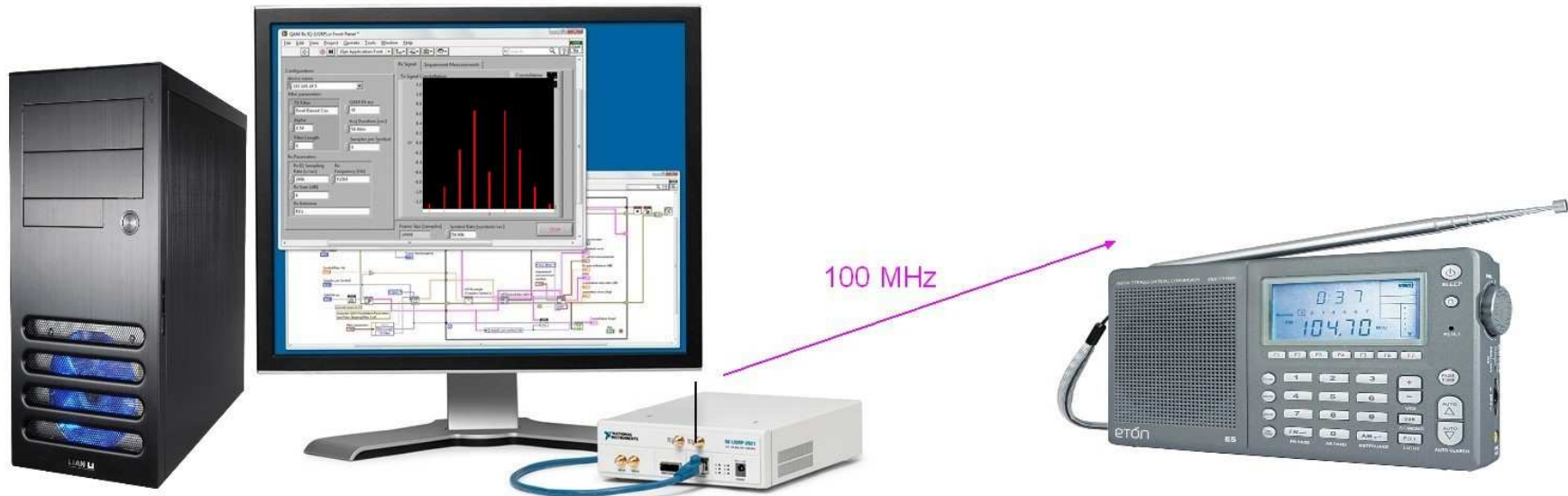


Toolkit NI Modulation



Exemple d'activité pédagogique

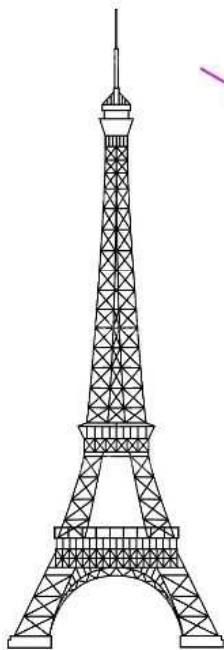
Emetteur FM



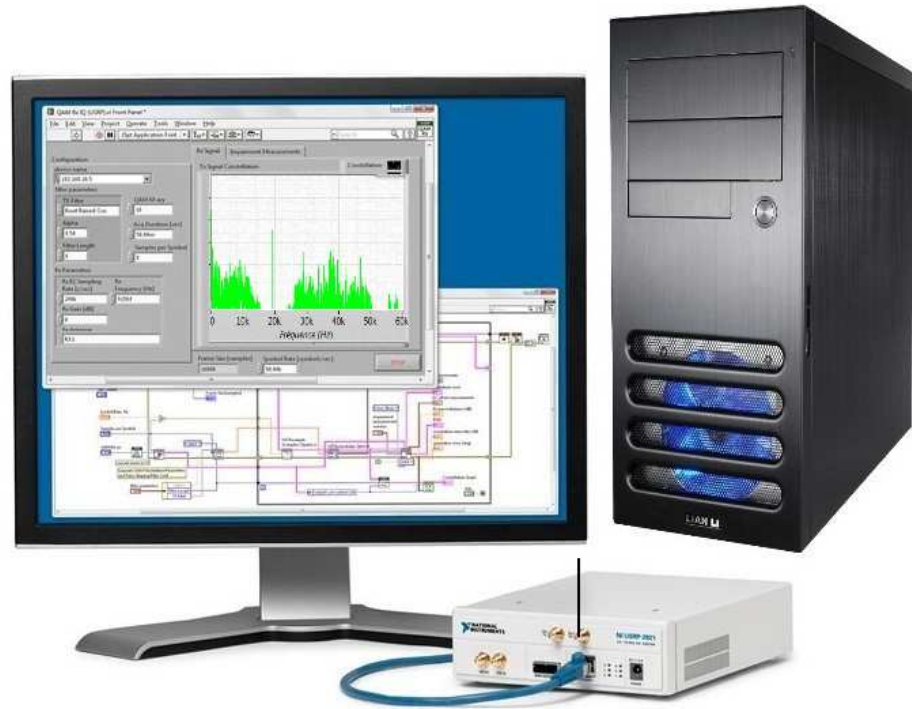
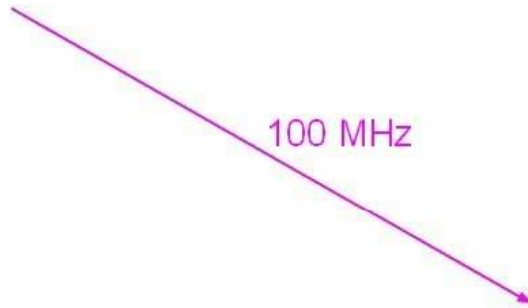
- Vérification de la transmission
- Observation du spectre émis
- Mesure du signal reçu à l'oscilloscope (sur jack casque) comparaison avec le signal émis, bande passante, distorsion, etc...
- Détermination de la fréquence image du récepteur

Exemple d'activité pédagogique

Récepteur FM



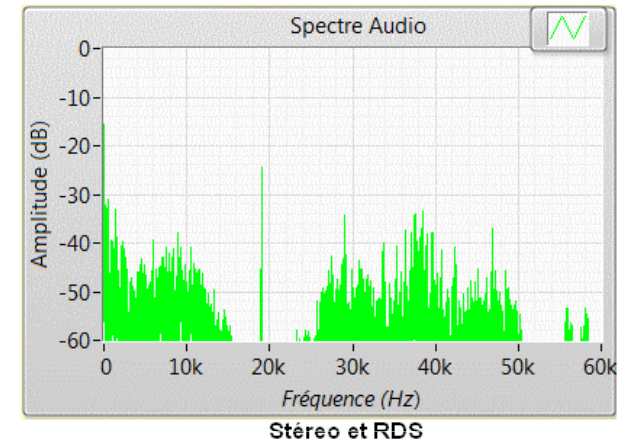
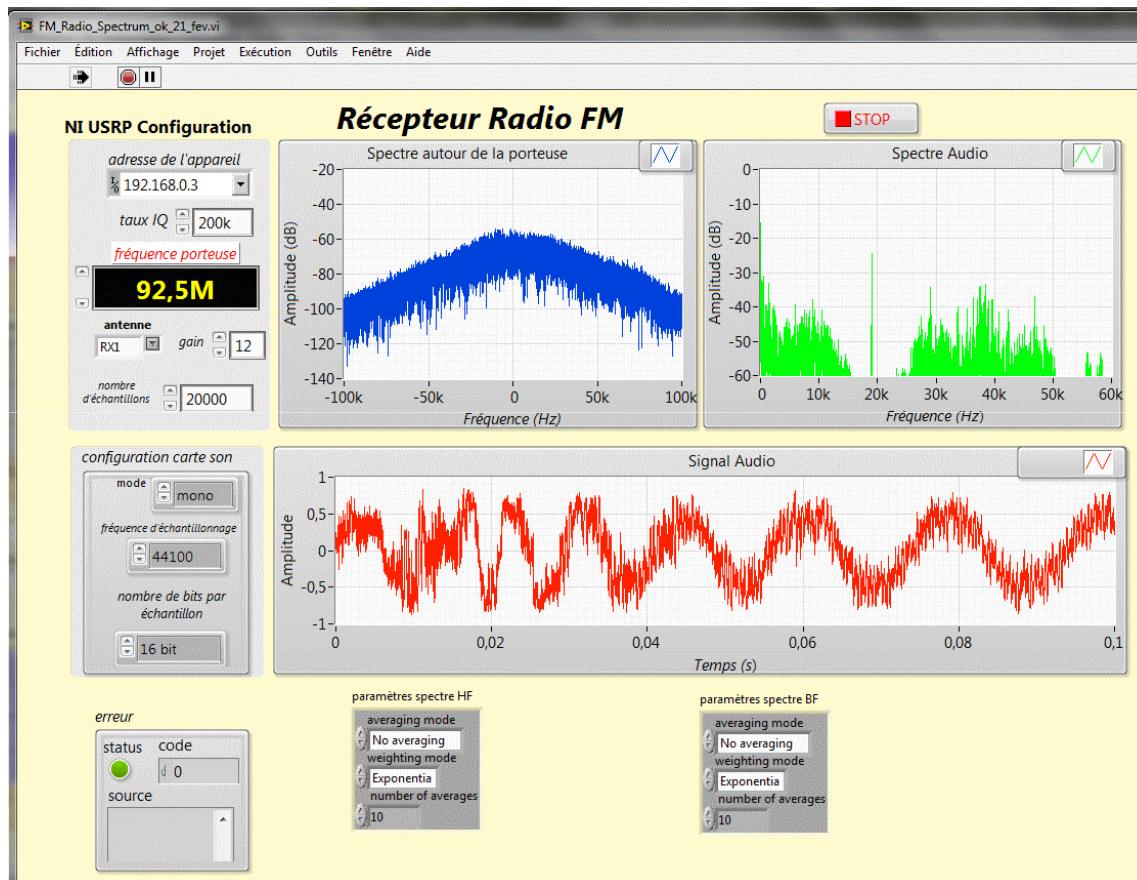
100 MHz



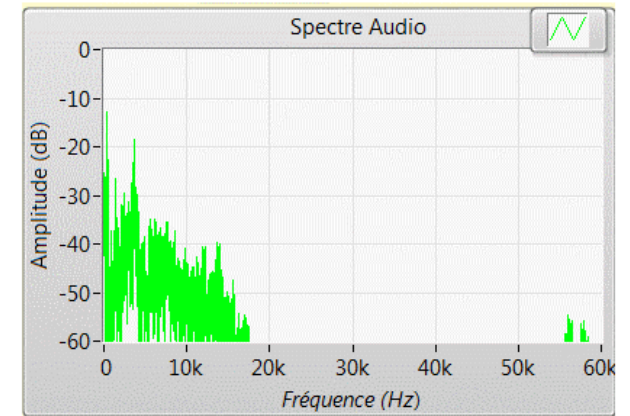
- Analyse du spectre du signal RF
- Analyse du spectre du signal démodulé
- Différence entre mono et stéréo, multiplex stéréo, porteuse 19 kHz, RDS, etc...

Exemple d'activité pédagogique

Récepteur FM



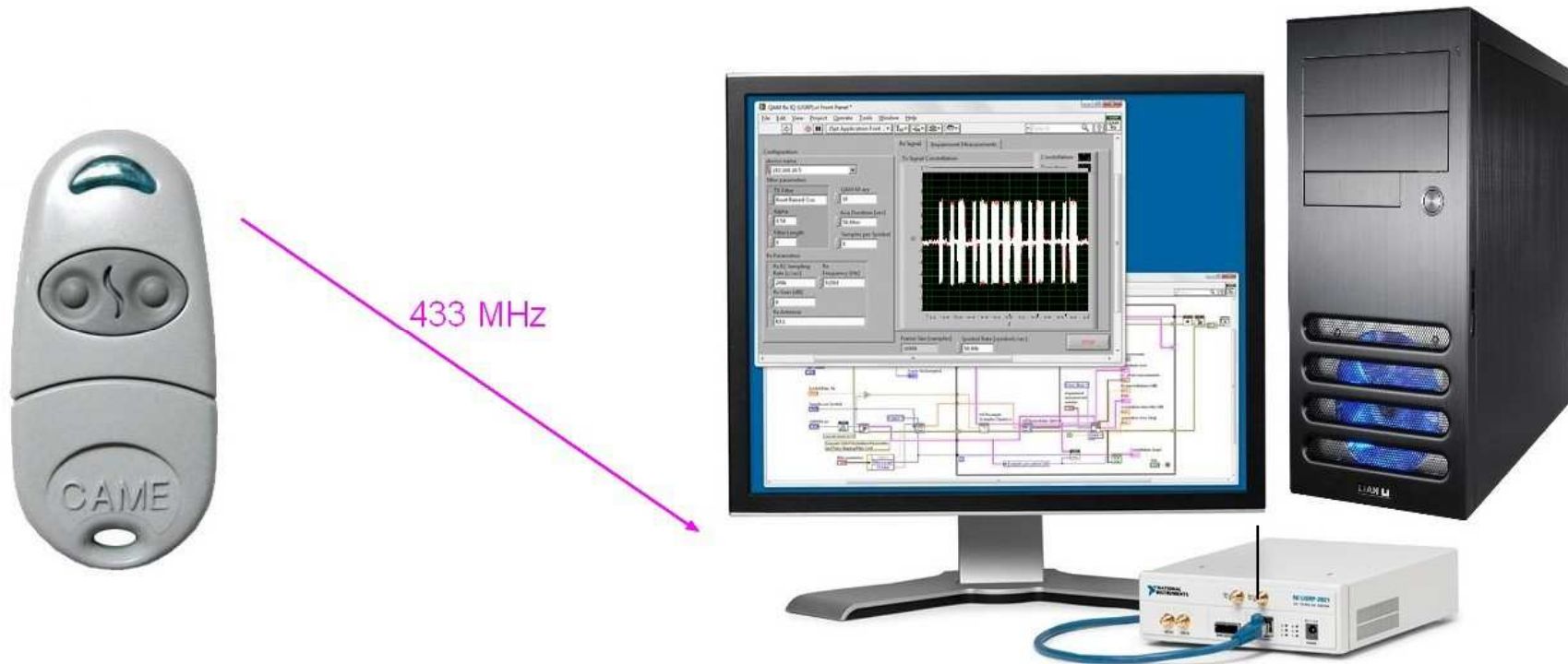
Stéréo et RDS



Mono et RDS

Exemple d'activité pédagogique

Télécommande de portail : récepteur

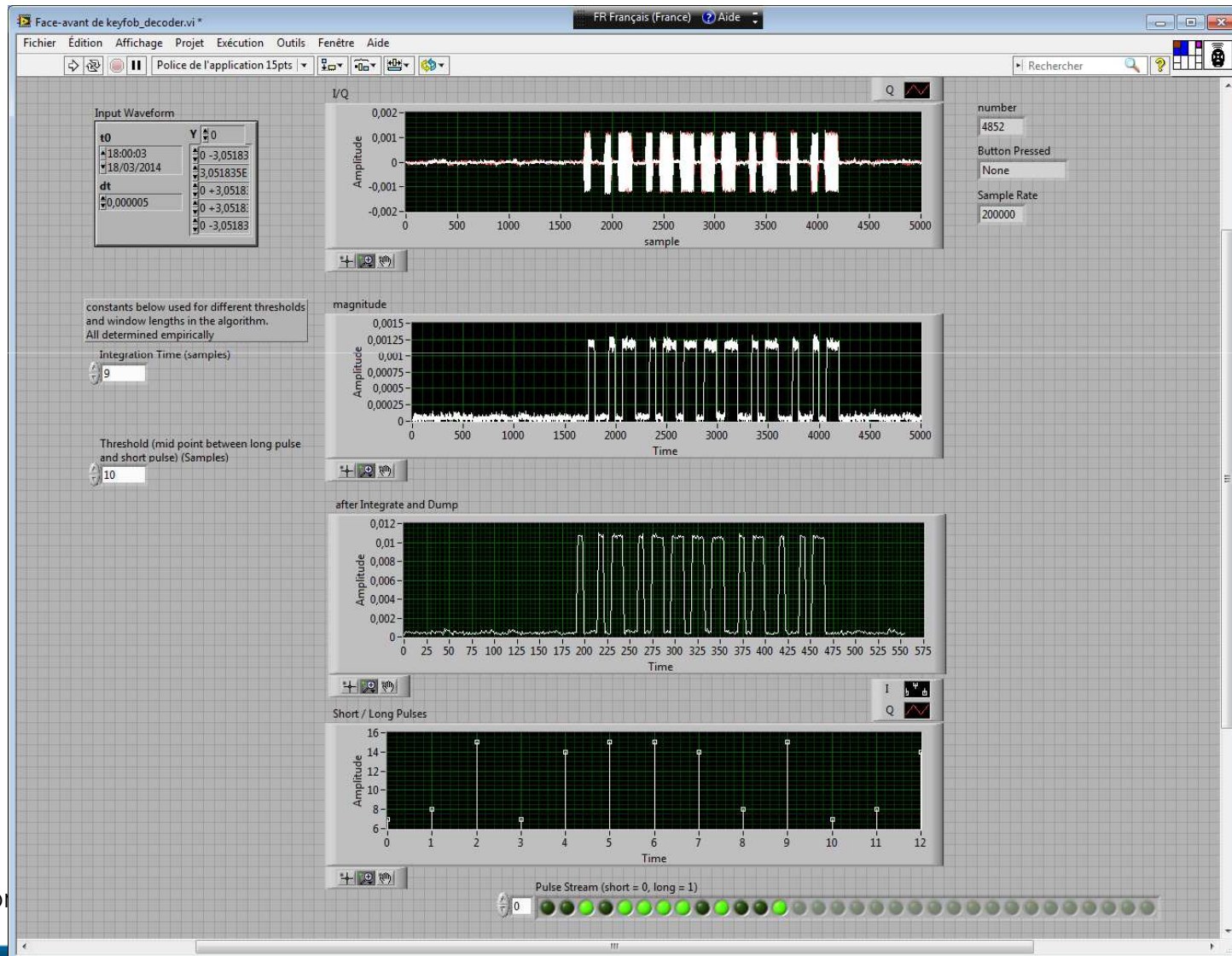


Récepteur de télécommande

- Analyse du signal reçu (modulation OOK) et du signal démodulé.
- Détermination du code émis par la télécommande : forme et durée des signaux

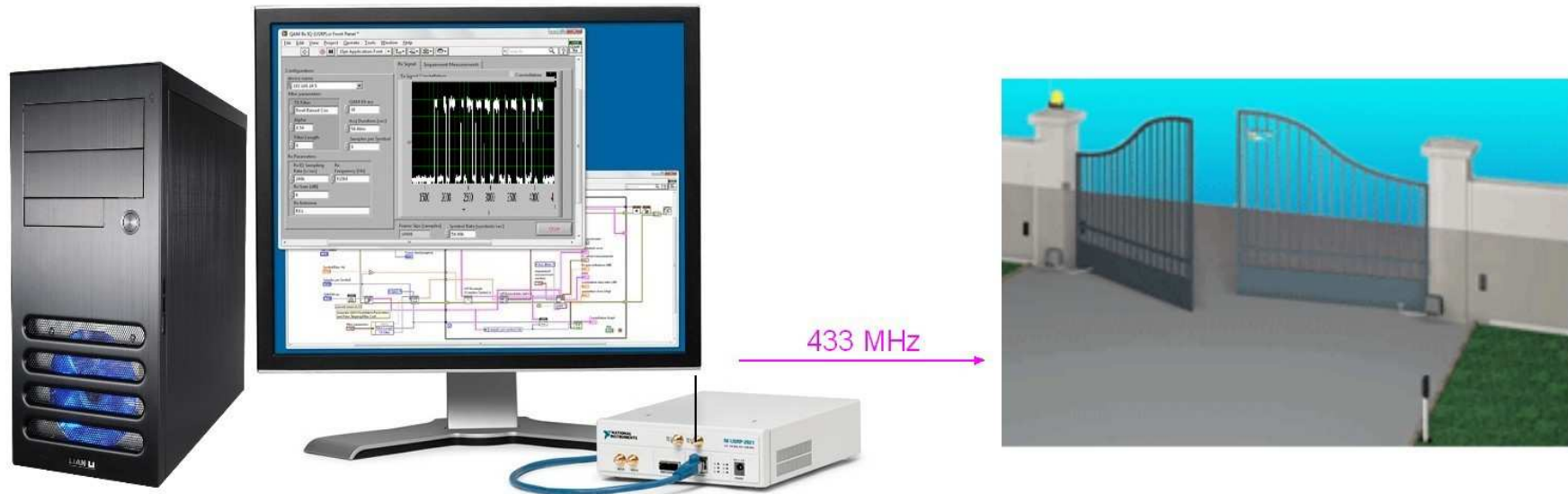
Exemple d'activité pédagogique

Télécommande de portail : récepteur



Exemple d'activité pédagogique

Télécommande de portail : émetteur

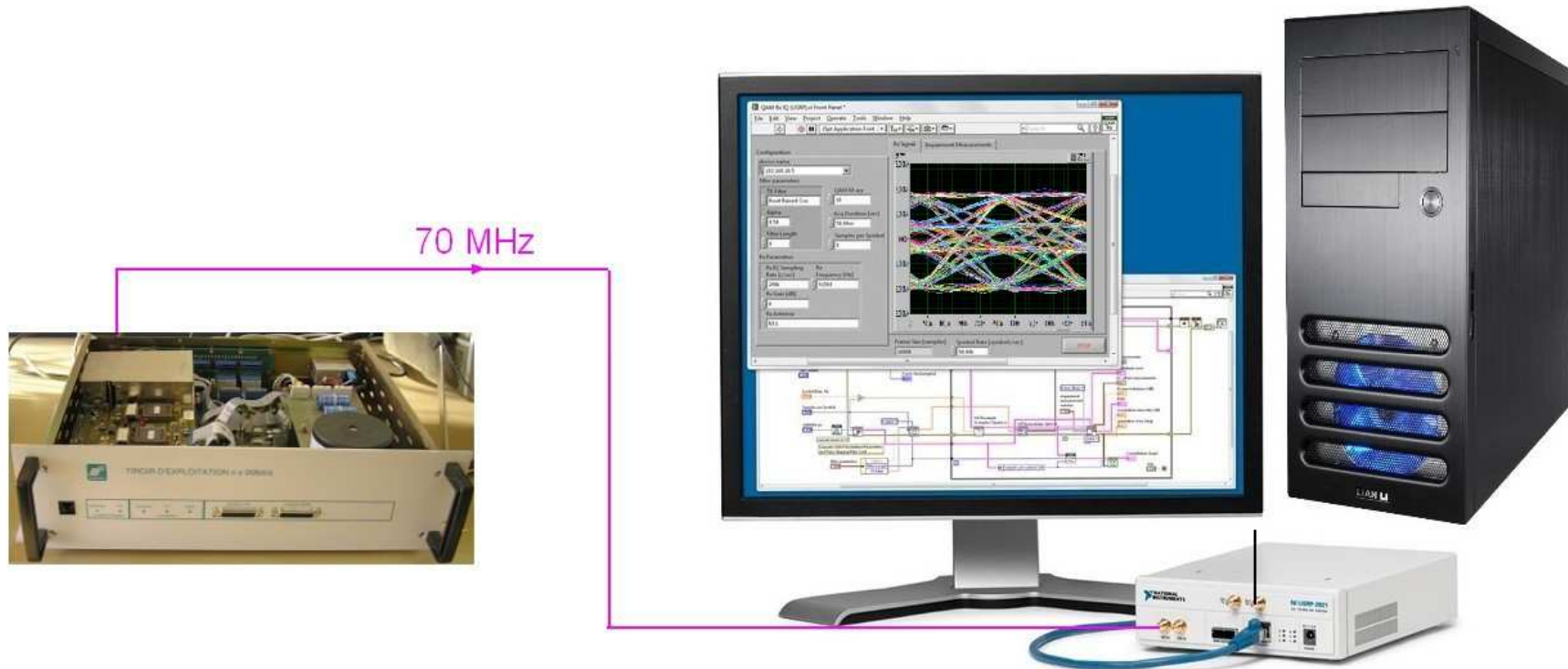


- Réalisation d'un émetteur conforme à la télécommande essayée précédemment
- Vérification du fonctionnement

Activités associées : mini-projet avec module Arduino ou Mbed ou PIC + modules 433 MHz. Réalisation d'une télécommande ou d'un décodeur de télécommande.

Exemple d'activité pédagogique

Faisceau hertzien



Mesure sur l'accès « fréquence intermédiaire » du faisceau hertzien (70 MHz)

Modulation 4FSK – 8448 kbit/s (4224 ksymboles/s)

- Mesure du spectre émis
- Observation du diagramme de l'œil
- Mesure de l'excursion

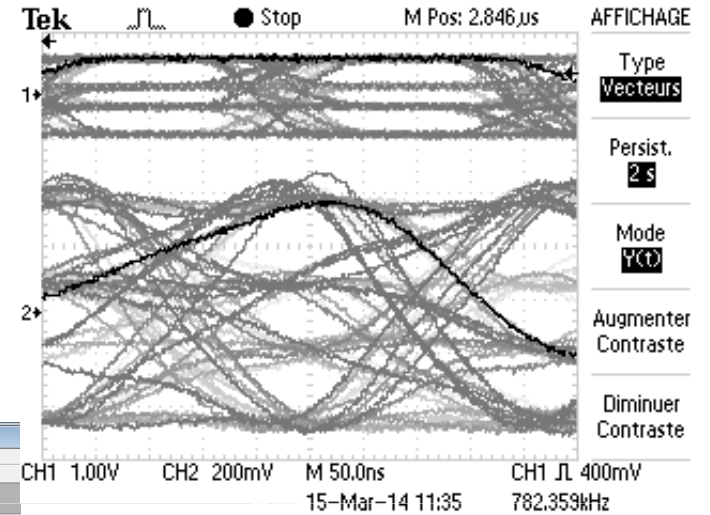
Exemple d'activité pédagogique

Faisceau hertzien

œil émis

Diagrammes de l'œil

œil reçu FH



œil reçu USRP



Exemple d'activité pédagogique

Faisceau hertzien

Analyseur de spectres



70 MHz

70 MHz



- Génération d'un signal modulé 4FSK
- Réglage de l'excursion pour avoir un spectre identique au faisceau hertzien
- Caractérisation : influence de l'excursion sur la largeur du spectre.

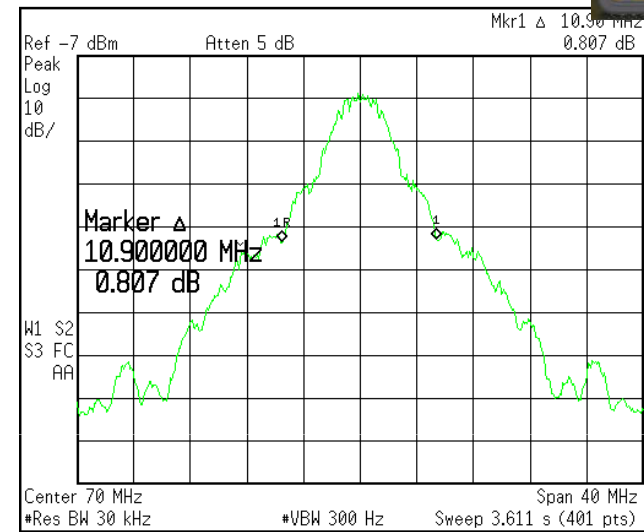
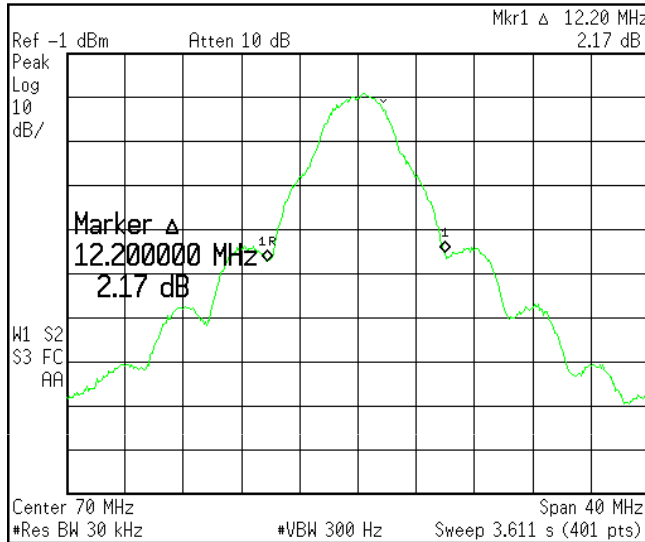
france.ni.com/enseignement

Exemple d'activité pédagogique



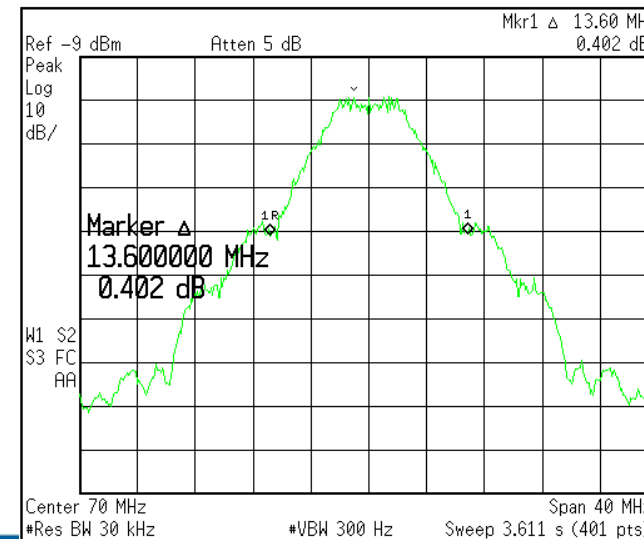
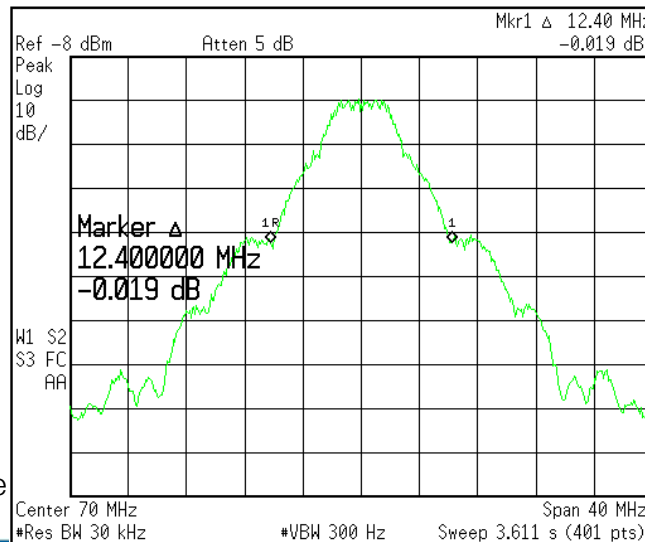
Faisceau hertzien

Spectre FH



Spectre USRP
 $\Delta F = 1,5$ MHz

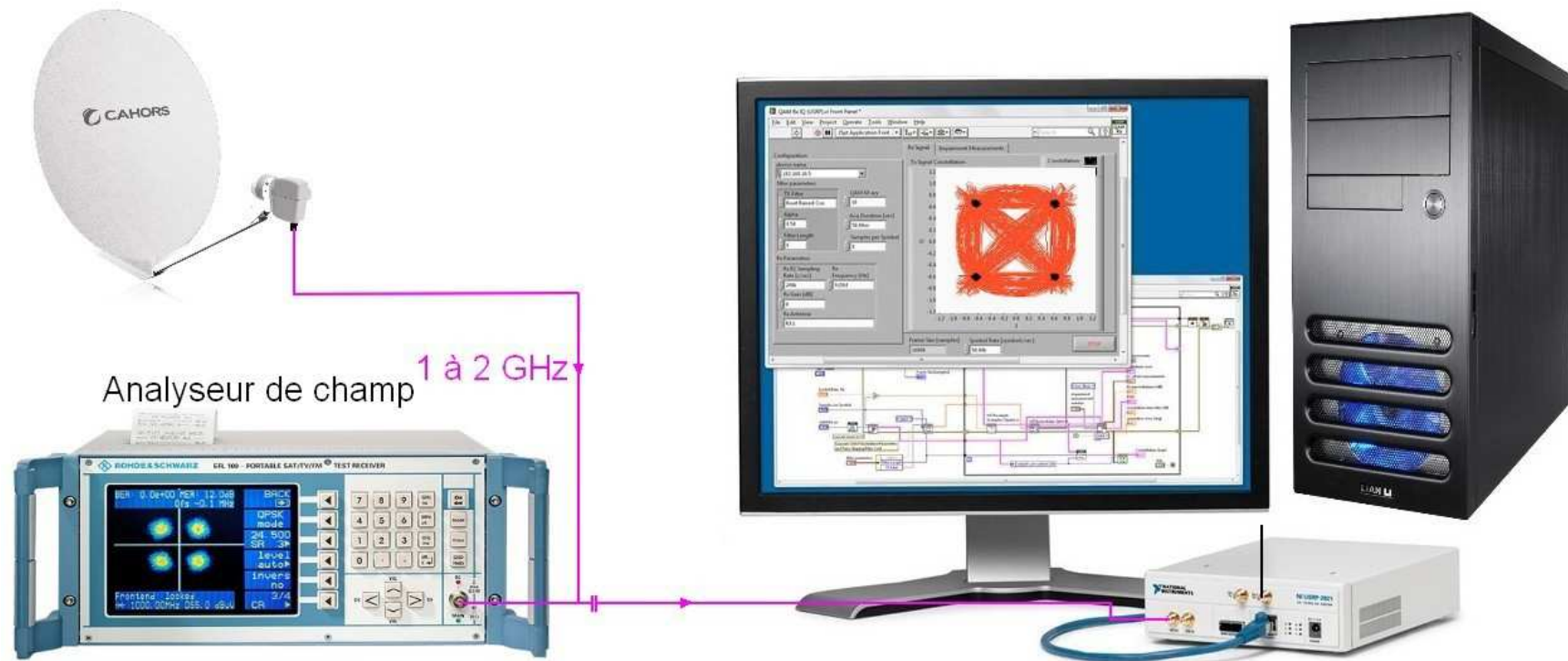
Spectre USRP
 $\Delta F = 2$ MHz



Spectre USRP
 $\Delta F = 2,5$ MHz

Exemple d'activité pédagogique

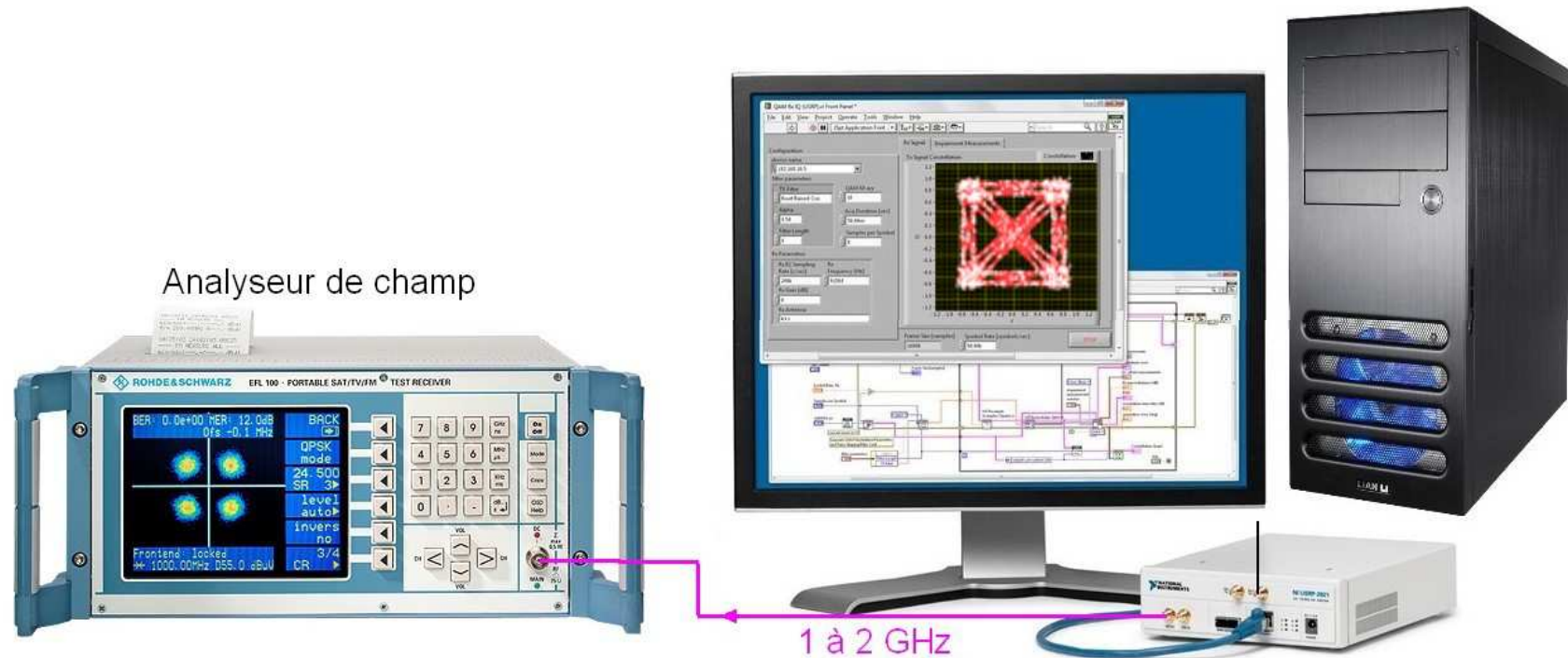
TV par satellite



- Analyse de la constellation reçue
- Observation des signaux I et Q

Exemple d'activité pédagogique

TV par satellite

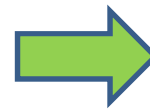
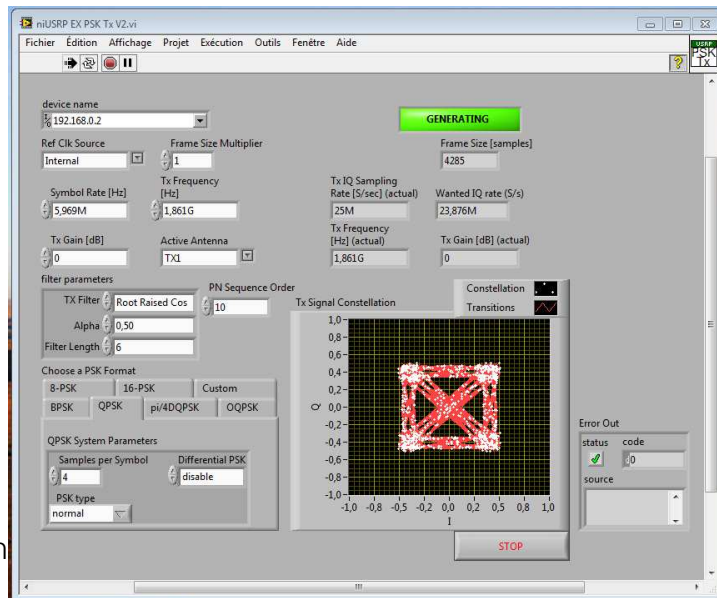
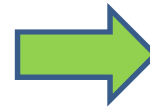


- Génération d'un signal de test compatible satellite
- Observation de ce signal à l'analyseur de champ

Exemple d'activité pédagogique

Exemples d'activités pédagogiques

TV par satellite



fran

Exemple d'activité pédagogique

Autres manipulations envisageables

Décodeur FM RDS

FM 100 MHz, sous-porteuse à 57 kHz modulée en BPSK,
1,2 kbit/s



Réception GPS

1,5 GHz, BPSK, 1Mbit/s



Xbee pro

868 MHz, FSK et QPSK , 250 kbit/s

Annexes : ressources en ligne

ni.com/usrp/f

<https://decibel.ni.com/content/groups/ni-usrp-example-labview-vis?view=documents>

<http://eduscol.education.fr/sti/seminaires/seminaire-national-bts-systemes-numeriques>

<https://decibel.ni.com/content/groups/communaute-des-enseignants?view=documents>

NI Baseband Developer's Kit

<http://digital.ni.com/express.nsf/886840580f1b69cb8625690d00485dbc/a0020a5749650b0c862572720063a13a?OpenDocument>

Références et prix – Conditions Lycées

Description	Référence	Standard	Remise Lycées		
			Qté de 1 à 5	Qté de 5 à 15	Qté > 15
NI USRP-2920 (50 MHz – 2,2 Hz)	781906-01	2 680 €	15%	20%	30%
NI USRP-2921 (2,4 – 2,5 GHz et 4,9 -5,9 GHz)	781907-01	2 680 €	15%	20%	30%
NI USRP-2922 (400 MHz – 4,4 GHz)	781909-01	2 680 €	15%	20%	30%
NI USRP-2930 (50 MHz – 2,2 GHz – Horloge GPS)	781910-01	3 580 €	15%	20%	25%
NI USRP-2932 (400 MHz – 4,4GHz – Horloge GPS)	781911-01	3 580 €	15%	20%	25%
Offre Communications Numériques : 2 NI USRP-2920 + câble MIMO + matériel pédagogique	781908-01	5 250€	30%	32,5%	35%
VERT400 : Antenne verticale tribande(144 MHz, 400 MHz, 1200 MHz)	781915-01	57 €	10%	10%	10%

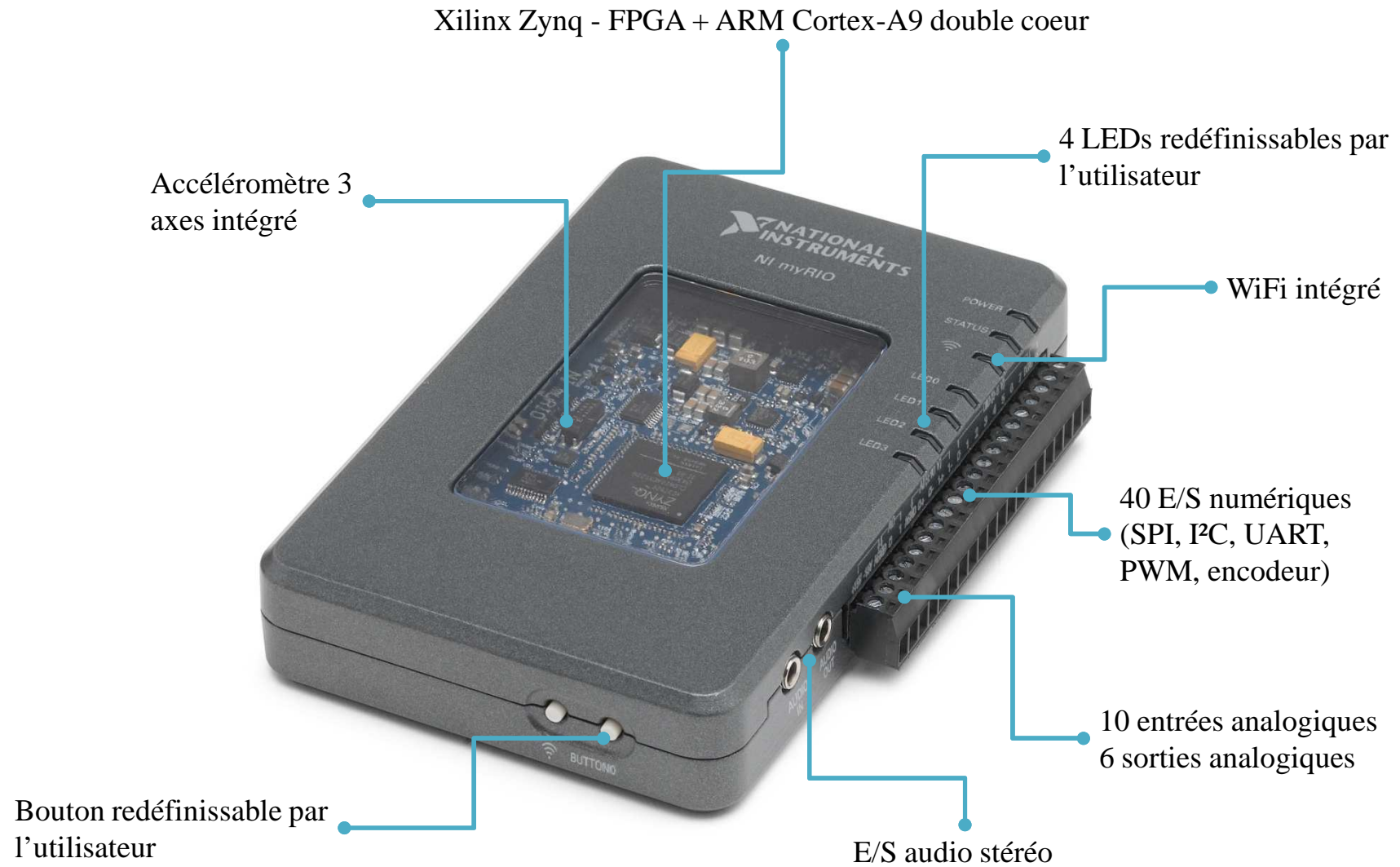
*Tarifs janvier 2015 - Prix HT
N'inclut pas les frais de ports*

Références et prix – Conditions Lycées

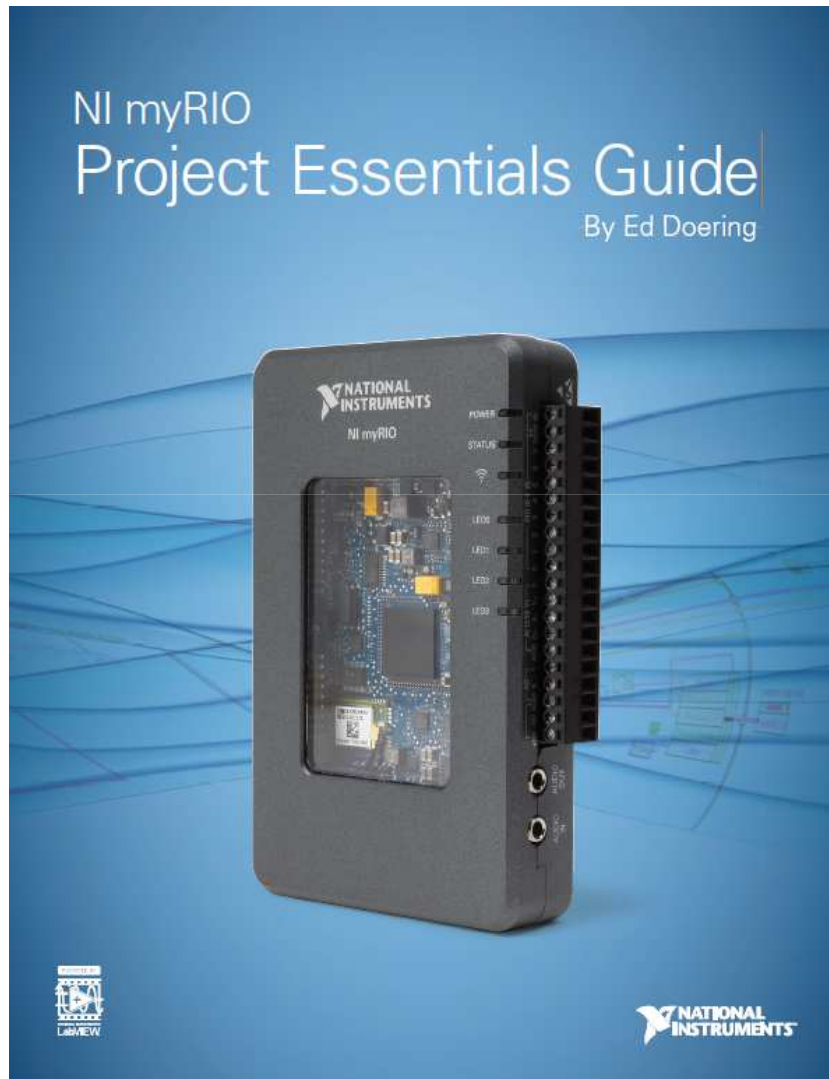
Description	Référence	Prix standard	Remise Lycées		
			Qté de 1 à 5	Qté de 5 à 15	Qté > 15
NI USRP-2940R (50 MHz – 2,2 Hz)	783146-01	6 020 €	15%	20%	30%
NI USRP-2942 (400MHz – 4.4 GHz)	783147-01	6 020 €	15%	20%	30%
NI USRP-2943R (1.2GHz– 6Ghz)	783148-01	6 020 €	15%	20%	30%
NI USRP-2950R (50 MHz – 2,2 GHz – Horloge GPS)	783150-01	7 260 €	15%	20%	30%
NI USRP-2952R (400 MHz – 4,4GHz – Horloge GPS)	783151-01	7 260 €	15%	20%	30%
NI USRP-2953R (1.2Ghz – 6Ghz– Horloge GPS)	783152-01	7 260 €	15%	20%	30%

*Tarifs janvier 2015- Prix HT
N'inclut pas les frais de ports*

NI myRIO



Guide de projets myRIO



2 Discrete LED

LEDs, or light-emitting diodes, provide simple yet essential visual indicators for system status and error conditions. Figure 2.1 shows the four types of LEDs included in the SparkFun "LED Mixed Bag (5mm)" kit (<http://www.sparkfun.com/product/9991>).



Figure 2.1: Discrete LEDs; from left to standard red and green, high-efficiency in various colors, and RGB.

Learning Objectives: In this module you will create a standard interface circuit to verify correct operation of the LED, learn interface circuit design principles and related LabVIEW programming techniques, make some basic modifications to extend your understanding of the interface, and then challenge yourself to design a system that integrates the discrete LED with additional components or devices.

2.1 Component Verification

Follow these steps to verify correct operation of

2.3. BASIC MODIFICATIONS

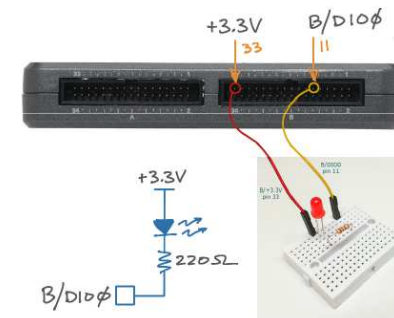
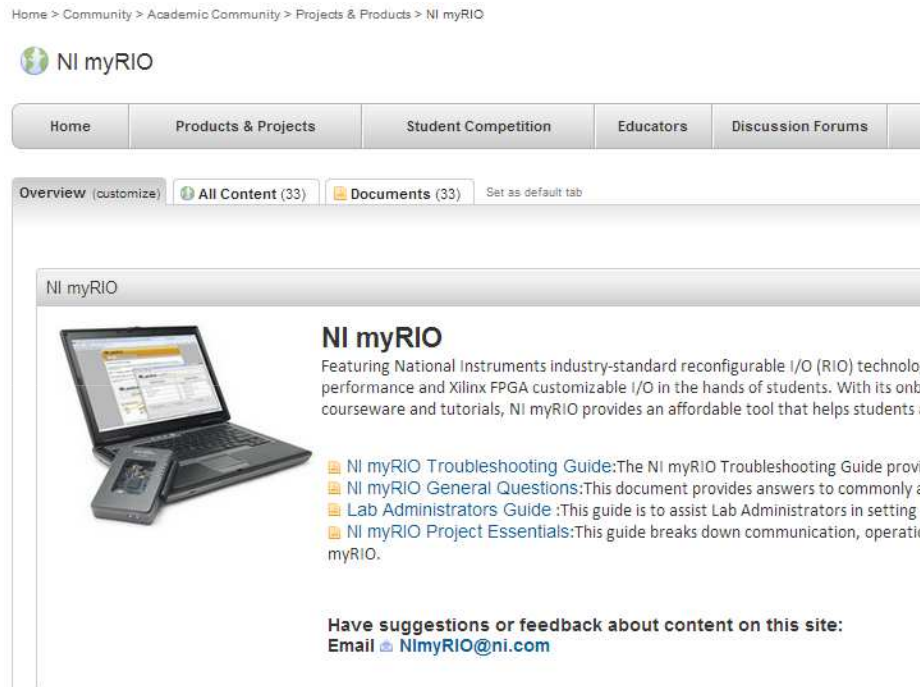


Figure 2.2: Discrete LED verification circuit: schematic diagram, recommended breadboard layout, and connection to NI myRIO MXP Connector B.

	1 à 5	5 à 25	>25
myRIO	515€	463,5€	438€

Tarifs janvier 2015- Prix HT
N'inclut pas les frais de ports

Communauté NI myRIO



- Projets
- Capteurs
- Partage de code
 - LabVIEW
 - C/C++
 - FPGA
- Contenu de cours
- Forums de discussions

www.ni.com/community/myrio

Sur le stand

