

# SAE24 : Volet Télécommunication 4h + QCM

## 1 INTRODUCTION.

### Travail pratique

Lundi 02 juin 2025

**Calculatrice et documents R205 + R206  
indispensables !**

### Mercredi 04 juin 2025 : QCM

- TD1 9-10h
- TD2 8-9h

Calculatrice et cahier de synthèse fortement recommandée !

**Compétence RT2 - Connecter les entreprises et les usagers / Niveau 1 - Découvrir les transmissions : Exploration du spectre recherche d'un signal ISM.**

Pendant ces 4h de projet, vous allez explorer le spectre radiofréquence d'une bande ISM ( $f < 1$  [GHz]), au travers de l'utilisation du logiciel Matlab et d'un émetteur/récepteur : l'ADALM-PLUTO. Vous chercherez la réglementation associée aux émissions ISM sur les sites gouvernementaux pour en connaître les limites et contraintes légales.

**L'ADALM-PLUTO est un émetteur / récepteur fonctionnant sur le même principe que le RTL-SDR, déjà utilisé lors de la SAE22, permettant ainsi d'explorer les bandes ISM.**

Un émetteur est en fonctionnement dans une salle du département RT, à vous d'identifier le signal émis et de le caractériser de sorte que vous pourrez étudier ses caractéristiques radio en mesurant sa bande occupée, la puissance reçue, sa densité spectrale de puissance, etc.

A l'issue de ce temps de travail, vous aurez un QCM (30 min maximum) d'évaluation de votre compréhension du spectre et des mesures effectuées sur ce spectre, ainsi que sur les connaissances acquises lors de ces manipulations. De nombreuses notions et compétences vues en R104, R105, R205 et R206 seront ainsi mobilisées.

Votre calculatrice sera autorisée ainsi qu'une fiche de synthèse A4 manuscrite personnelle.

La fiche de synthèse devra porter vos nom et prénom et sera donnée à l'enseignant à la fin du QCM.

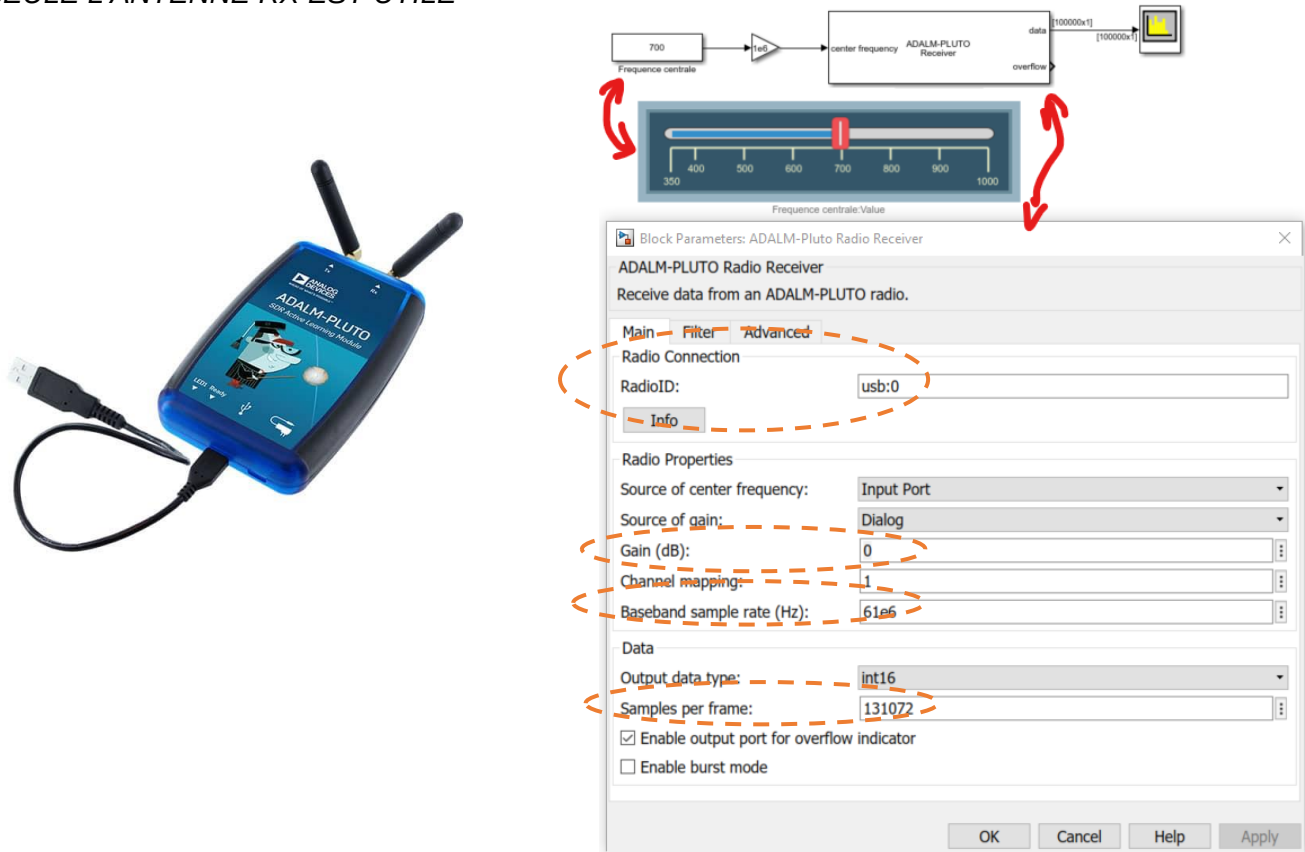
## 2 MESURES SUR LA BANDE ISM, SIGNAL PERTURBATEUR DE LA TELECOMMANDE DE PORTAIL :

Votre objectif est de repérer et d'identifier un émetteur perturbateur sur une bande ISM ( $f < 1$  [GHz]) très populaire en domotique et de le caractériser par des mesures spectrales du type de celles faites en R205 et SAE22. Vous pourrez ainsi présenter le résultat de vos mesures aux autorités compétentes pour faire taire cet émetteur importun.

Vous disposerez d'un ADALM-Pluto (technologie SDR du type du RTL-SDR déjà utilisé) avec son antenne ainsi que d'un PC équipé de Matlab/Simulink pour analyser les signaux captés.

**Téléchargez puis lancez sous Simulink, le fichier "ISMQuest.slx".**

## 2.1 VOUS PRENDREZ EN MAIN L'ADALMPLUTO AVEC LES REGLAGES SUIVANTS (CEUX DE LA FM PRECEDEMMENT UTILISES EN SAE22) : SEULE L'ANTENNE RX EST UTILE



### AVEC LE DETAIL DES PRINCIPAUX PARAMETRES :

\_ Gain en dB = Gain interne de la chaîne de réception de l'ADALMPluto, permet d'amplifier les signaux reçus sur l'antenne Rx. **Ce gain doit être pris en compte dans vos calculs pour remonter à la puissance ou DSP du signal capté par l'antenne Rx.**

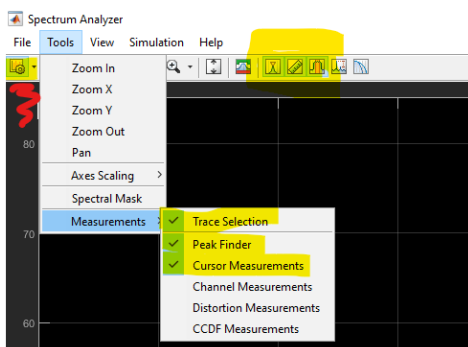
\_ BaseBand sample rate : la fréquence d'échantillonnage des CAN internes à l'ADALMPluto. **Cette valeur fixe le span par défaut de l'analyseur de spectre, ici à 61 [MHz], ou +/- 30,5 [MHz] autour de la fréquence centrale (ici 700 [MHz] valeur initiale paramétrable, ou réglable par le curseur).**

\_ Samples per frame : permet de "découper" le flux de données en sortie de l'ADALMPLuto pour les traiter par trame avec le nombre d'échantillons ainsi réglés et le nombre de points pour le calcul de la FFT.

### UTILISATION DU "SPECTRUM ANALYSER" DE SIMULINK-MATLAB:

Vous pouvez régler les paramètres de l'affichage en cliquant sur les icones suivantes:

### VOUS DISPOSEZ ALORS DES REGLAGES ET MESURES SUIVANTS:



\_ du type de spectre (Power, Power Density, RMS)

\_ l'icône avec la double flèche verticale permet une adaptation automatique de l'échelle d'amplitude.

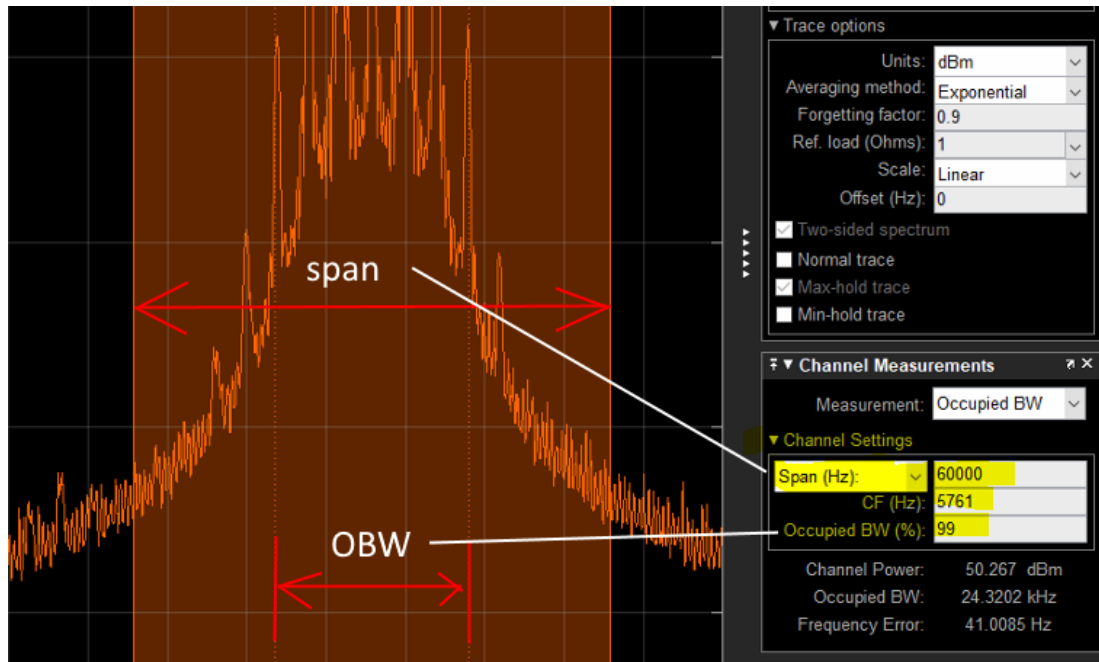
\_ pour le calcul de la FFT, le "BaseBand sample Rate" fixe le SPAN en fréquence lorsque "Full frequency span" est coché dans le "Spectrum"Settings".

\_ du tracé de la courbe instantanée, du max hold

\_ du span (Full frequency span...) : En le décochant vous pouvez réduire le span à une valeur inférieure et ainsi "zoomer" sur l'échelle en fréquence autour de la fréquence centrale. Par exemple en passant de 61e6 Hz à 1e6 etc., ce qui vous permettra de voir le détail du spectre correspondant à l'émission parasite lorsque vous l'aurez repérée. Vous devrez l'ajuster au mieux pour observer un spectre symétrique composé de raies.

\_ des unités (Watts, dBW, dBm, dBm/Hz...)

\_ **des mesures sur le canal, Channel Measurements** (Channel power, OBW...) : ces mesures sont faites dans une bande de fréquence qu'il faut préciser (Channel Settings / span) et en centrant cette bande de mesure sur une fréquence centrale CF. Il faut alors fixer le pourcentage de la puissance totale occupée sur tout ce span pour que Matlab calcule l'OBW et le Channel Power. La capture ci-dessous donne un exemple de ces réglages et de leur application graphiquement :



Ne confondez pas le Span de la FFT et ce span de la mesure de canal...

### 3 TRAVAIL A REALISER POUR SE PREPARER AU QCM :

Recherchez ce que signifie I.S.M. et les 2 bandes utilisables en Europe (  $200 \text{ MHz} < f < 1 \text{ [GHz]}$  )

Pour repérer rapidement le signal perturbateur, il est préférable d'afficher le spectre en tension RMS, avec l'unité linéaire [Vrms].

Une fois que vous aurez repéré et identifié le signal dans la bande ISM ( $f < 1 \text{ [GHz]}$ ), vous réaliserez des mesures du même type que celles présentées sur les pages 40 à 42 du CM R205 (disponible sur ecampus!) sur le signal que vous aurez repéré dans le spectre, dans la bande ISM utilisé par la télécommande.

Ajustez la fréquence centrale (du 2.1) sur le « horizontal slider » en ajustant les valeurs Minimum et Maximum pour encadrer la bande ISM à explorer : Minimum et le span (Main options) pour isoler le spectre de ce signal avant de faire les mesures réclamées. Vous pourrez observer le spectre avec un Span de 200 [KHz] après avoir correctement réglée la fréquence centrale pour centrer au mieux le spectre. Ne changez plus la fréquence centrale après avoir isolé le signal.

Enfin, si les amplitudes fluctuent trop, vous pouvez travailler sur le « Max-hold Trace » qui ne garde que les maximums de chaque « Frame » analysée.

L'environnement de mesure et l'orientation de l'antenne peut faire varier ces amplitudes.

### 3.1 EN UTILISANT « TRACE OPTION » :

Stoppez la mesure en cours dans simulink.

Le changement d'ordonnée de l'affichage (**Power** ou **RMS** ou **Power Density**) et d'unités se fait dans la fenêtre « **Spectrum Settings / Main options / Type** et/ou **Spectrum Settings / Trace options / Units** ».

Placez sur le spectre un marqueur sur la raie la plus haute (Peak Finder, 1 max) et retrouvez la fréquence réelle de ce pic. Relevez son **amplitude en [Vrms]**.

Changez le type de tracé en « **Power** » et notez l'amplitude en puissance.

Notez la **RBW** utilisée par Matlab.

Changez le type de tracé en « **Power density** » et notez l'amplitude à nouveau.

Retrouvez, en R205 les **formules de passage entre ces grandeurs**.

***Vous réaliserez les calculs permettant de passer d'un affichage de type RMS à POWER (en notant la Ref Load), puis à Power Density en reprenant les calculs présentés en CM et faits en TD et TP R205.***

### 3.2 EN UTILISANT « CHANNELS MEASUREMENTS » :

- ➔ Par le calcul, retrouvez également les valeurs de la puissance totale (Channel Power), liée au gain de l'ADALMPluto, à la DSP et à l'OBW.

Attention au passage dB <--> [W], aux dBm, etc.

- ➔ Vous **calculerez et retrouverez la valeur du Channel Power**, en tenant compte du gain de la chaîne de traitement du signal RF de l'ADALMPluto que vous avez réglé au début des manipulations.

Pour vérifier cette valeur, vous pourrez régler ce gain à 0 dB, ce qui va vous permettre de vérifier vos calculs, mais au risque de voir le signal disparaître dans le bruit...

### 3.3 FAITES VOTRE FICHE DE SYNTHÈSE MANUSCRITE À PARTIR DES CALCULS QUE VOUS VENEZ DE FAIRE POUR LE QCM DE LA SAE24 QUI PORTERA SUR L'ANALYSE DE SPECTRES DU MEME TYPE (XDSL, OFDM, ETC.).

- ➔ Mesures, lien entre  $P_{\text{mes\_dBm}}$  RBW, OBW, Channel Power, Noise power, DSP, SNR, etc.
- ➔ Conservez cette fiche pour la deuxième année de BUT R&T !