

TRAVAUX PRATIQUES
D'ÉLECTRONIQUE RF
(Majeure Électronique RF)

ENSEA 2ème année
2022 - 2023



TRAVAUX PRATIQUES D'ÉLECTRONIQUE RF

(Majeure Électronique)

ENSEA 2^{ème} année

2022-2023

Thèmes

Thème n°1 : Oscillateur à quartz

Thème n°2 : Paramètres caractéristiques des lignes réalisées sur circuit imprimé – Influence du boîtier sur la fréquence de résonance de condensateurs

Thème n°3 : Mesures à l'analyseur de réseau, et identification de schémas à l'aide d'ADS

Thème n°4 : Mesure et adaptation d'une antenne PIFA

Rotations

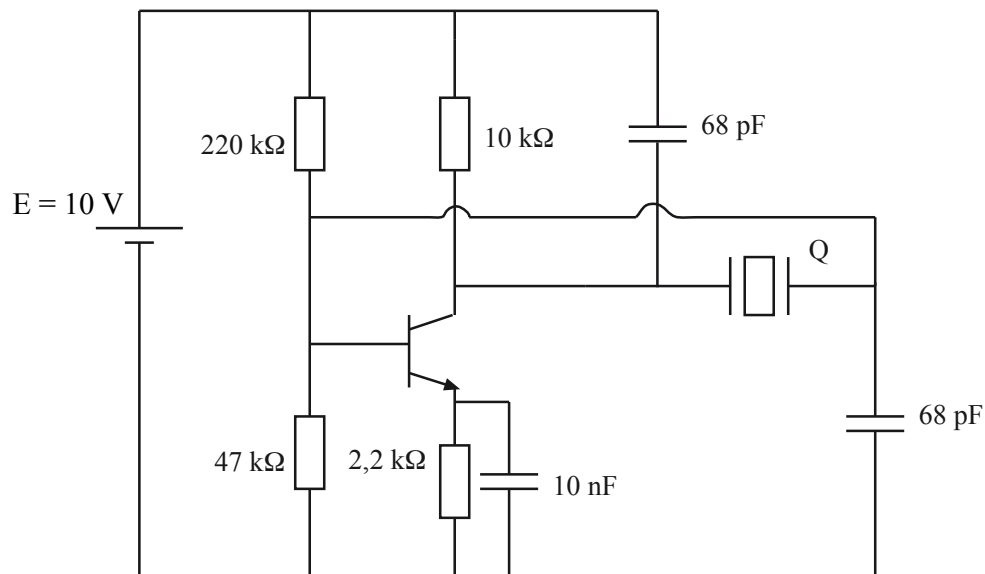
	Séance n°1	Séance n°2	Séance n°3	Séance n°4
Binôme n° 1	T1	T2	T3	T4
Binôme n° 2	T1	T2	T3	T4
Binôme n° 3	T2	T3	T4	T1
Binôme n° 4	T2	T3	T4	T1
Binôme n° 5	T3	T4	T1	T2
Binôme n° 6	T3	T4	T1	T2
Binôme n° 7	T4	T1	T2	T3

Compte-rendus

Pour chaque thème, un compte-rendu devra être effectué, et remis au plus tard lors de la séance suivante.

OSCILLATEUR À QUARTZ

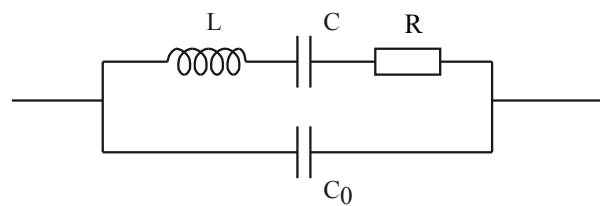
Le circuit utilisé est représenté ci-dessous :



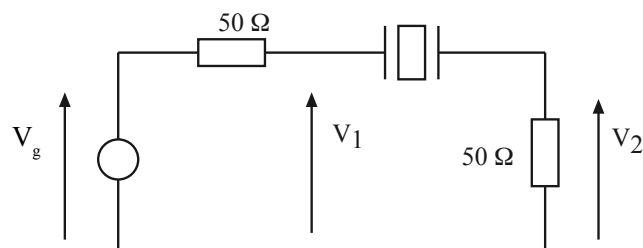
Manipulation :

1°) Mesure des éléments du schéma équivalent du résonateur :

On utilise le modèle suivant :



Dans la configuration de mesure ci-dessous :



Oscillateur à quartz

Le générateur est d'impédance interne $50\ \Omega$.

Le schéma équivalent possède 4 valeurs à déterminer. Il est donc nécessaire d'effectuer 4 mesures indépendantes.

Les mesures doivent être effectuées de préférence à l'aide de câbles coaxiaux terminés par une charge adaptée. La mesure de V_1 est effectuée à l'aide d'une sonde d'oscilloscope.

La détermination des éléments du schéma équivalent sera obtenue à partir de mesures effectuées à la résonance série et à la résonance parallèle, et en sachant que $\frac{f_2}{f_1} = \sqrt{1 + \frac{C}{C_0}}$

Mesure de la fréquence de résonance série, et valeur de V_2/V_1 à cette fréquence. (À la résonance série, le quartz est équivalent à la résistance R).

Mesure de la fréquence de résonance parallèle.

Mesure de la fréquence de résonance parallèle, en ajoutant un condensateur de quelques picoFarads en parallèle sur le quartz.

Une cinquième mesure est possible, et consiste à mesurer la capacité du quartz « loin » des fréquences de résonance.

2°) Fonctionnement de l'oscillateur :

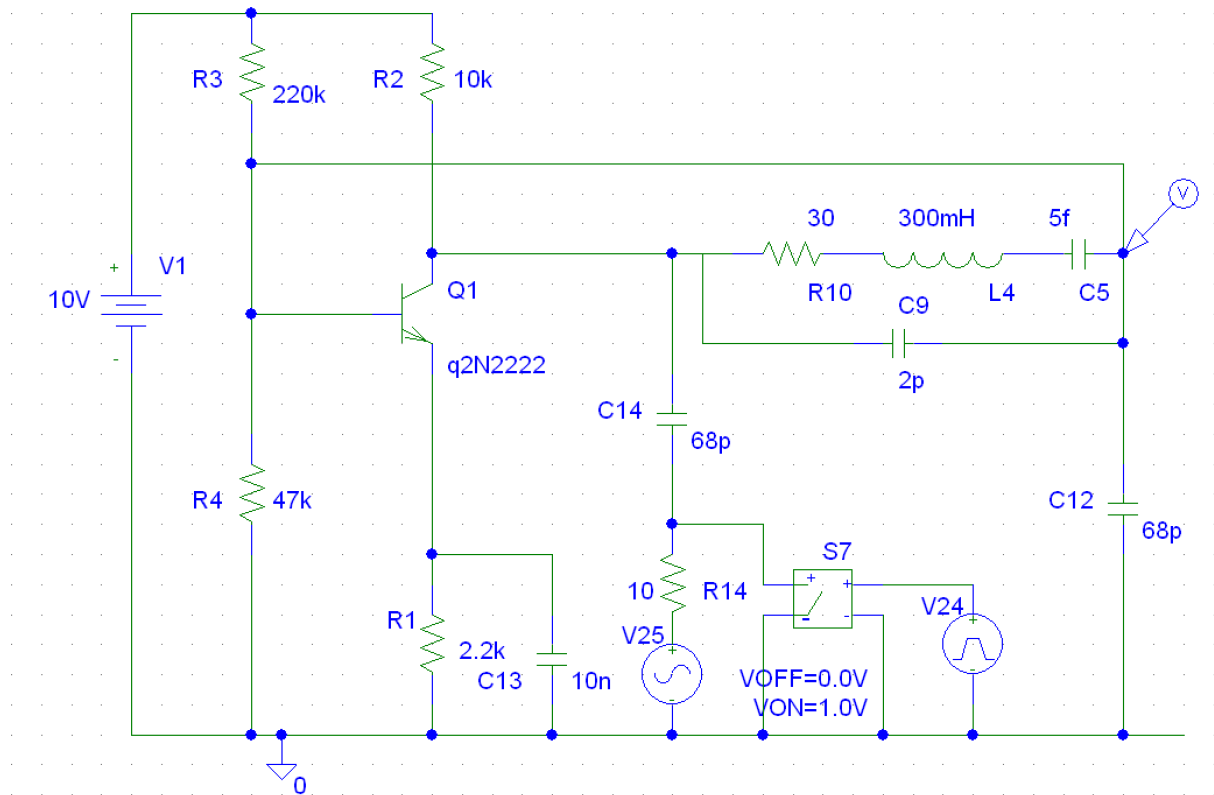
Mesurer la fréquence (6 chiffres requis) et comparer avec la théorie.

Déterminer l'influence d'un condensateur en série avec le quartz.

Oscillateur à quartz

Simulation

On simule le circuit suivant :



Pour obtenir des résultats exploitables, il faut appliquer au début de la simulation une « rafale sinusoïdale » de faible amplitude (100 mV) à une fréquence proche de la fréquence de fonctionnement de l'oscillateur.

Le switch ci-dessus est ouvert en début de simulation pendant 50 μ s, puis il est fermé.

Son impédance à l'état « On » doit être très faible : 10 m Ω par exemple.

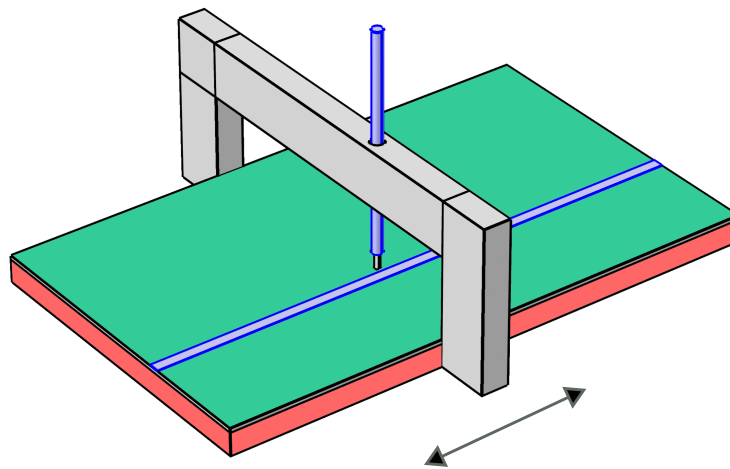
La valeur du paramètre « step ceiling » doit être inférieure à 10 nS.

En cas d'absence de mesure, les valeurs suivantes sont proposées pour le schéma équivalent du quartz :

$L = 300 \text{ mH}$; $C = 5 \text{ fF}$; $C_0 = 2 \text{ pF}$; $R = 30 \Omega$

PARAMÈTRES CARACTÉRISTIQUES DES LIGNES SUR CIRCUIT IMPRIMÉ

On effectue des mesures sur plusieurs lignes réalisées sur un substrat FR4, d'épaisseur 1,5 mm. La maquette ci-dessous permet d'obtenir une image de la tension sur la ligne, lorsque celle-ci est alimentée à une extrémité :



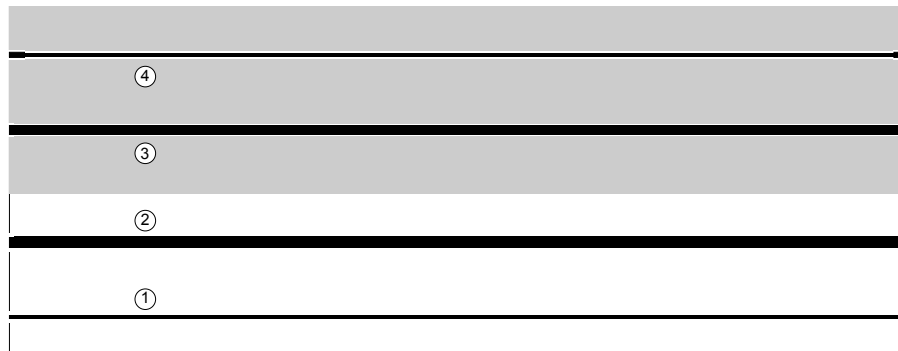
Les mesures seront effectuées à 2 GHz, si les appareils de mesure le permettent. Dans le cas où cela n'est pas possible, on se placera à la plus haute fréquence possible se rapprochant de 2 GHz.

L'image de la tension sur la ligne est fournie par une sonde de tension reliée à un analyseur de spectre.

La ligne est alimentée à une extrémité, soit à l'aide d'un générateur de laboratoire, soit à l'aide du générateur de poursuite de l'analyseur de spectre, si celui en possède un. (Les connecteurs sont des connecteurs SMA)

On mesure 4 lignes avec des géométries différentes :

Paramètres caractéristiques des lignes sur circuit imprimé
Influence du boîtier sur la fréquence de résonance de condensateurs



La ligne « 1 » est une ligne microstrip de largeur $w = 1 \text{ mm}$

La ligne « 2 » est une ligne microstrip de largeur $w = 3 \text{ mm}$

La ligne « 3 » est une ligne coplanaire avec plan de masse (CPWG), de largeur 2,5 mm, avec un « gap » de 0,5 mm

La ligne « 4 » est une ligne CPWG de largeur 1 mm, avec un gap de 0,5 mm

Mesures

1°) Alimenter la ligne n°1 à l'aide du générateur, en laissant l'autre extrémité en circuit-ouvert.

a) Observer les ondes stationnaires sur la ligne :

Mesurer la distance entre les nœuds.

b) En déduire la valeur de la longueur d'onde sur la ligne, puis celle de la permittivité relative effective.

2°) Répéter ces mesures pour les autres lignes

3°) Connecter une charge de 50 Ohms à l'extrémité de chaque ligne et mesurer pour chaque ligne la valeur du « taux d'ondes stationnaires », $\frac{V_{\max}}{V_{\min}}$

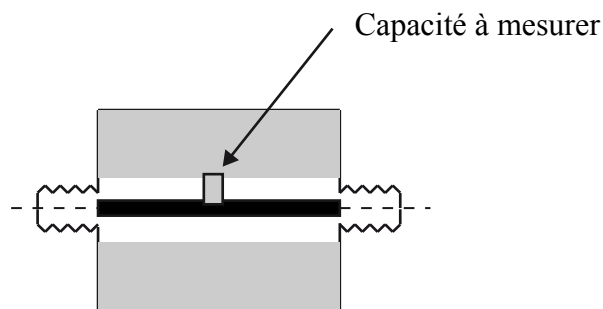
Pour faciliter les mesures, on réglera l'échelle verticale de l'analyseur de spectre soit en échelle linéaire, soit en échelle logarithmique avec 2 dB par carreau, ou encore 5 dB par carreau.

En déduire une valeur vraisemblable de l'impédance caractéristique de chacune des lignes.

4°) Comparer les valeurs de ϵ_{reff} et R_c obtenues par la mesure avec celles données par ADS (outil « LineCalc »)

FRÉQUENCES DE RÉSONANCE DE DIFFÉRENTS TYPES DE CONDENSATEURS

On mesure le coefficient de transmission ($\|S_{21}\|$) du circuit ci-dessous :



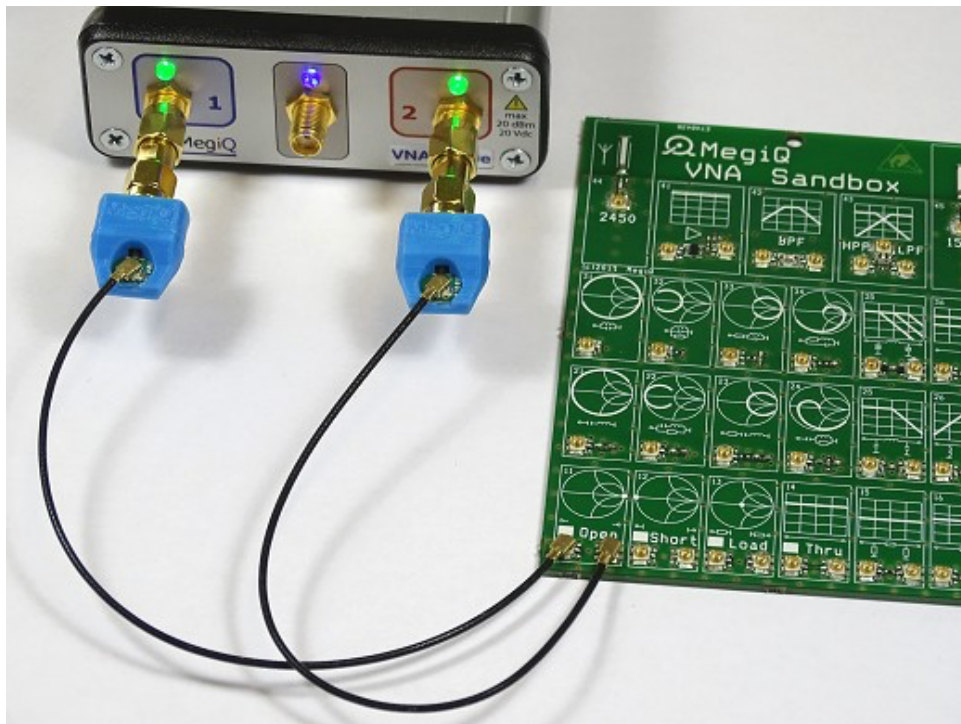
Lorsque la fréquence est égale à la fréquence de résonance propre du condensateur, $\|S_{21}\|$ est nul.

Mesure la fréquence de résonance des condensateurs de 100 pF, fournis dans différents boîtiers : boîtier traversant à sortie radiale, boîtier CMS 1206, boîtier CMS 0805, et boîtier CMS 0603

*Paramètres caractéristiques des lignes sur circuit imprimé
Influence du boîtier sur la fréquence de résonance de condensateurs*

MESURES À L'ANALYSEUR DE RÉSEAU ET IDENTIFICATION DE SCHÉMAS

On effectue des mesures de composants montés sur un PCB fourni par « MegiQ » :



Les mesures seront effectuées dans la plage suivante : [500 MHz, 2500 MHz]

La calibration effectuée sur les connecteurs de type « UFL » permet d'effectuer des mesures au plus près des composants.

Mesures

Effectuer la mesure (après calibration) des composants 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33, 34

Pour chaque mesure, générer le fichier de paramètres (S) de type .s1p

Mesures à l'analyseur de réseau
Identification de schémas à l'aide d'ADS

Simulation et identification

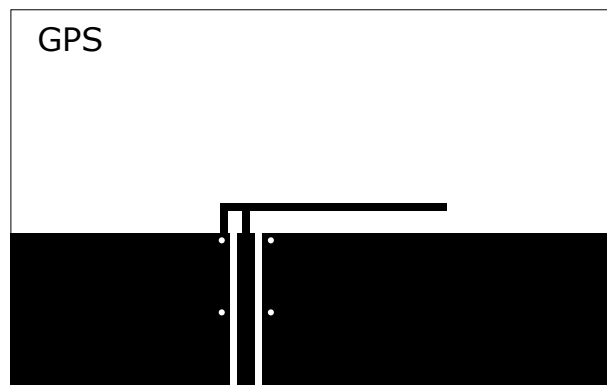
On effectue des simulations sous ADS. Les fichiers .slp obtenus peuvent être associés à une « boîte noire » permettant de simuler le comportement du circuit mesuré.

Déterminer, à l'aide d'ADS, le schéma équivalent (avec la valeur des composants) de chacun des circuits mesurés.

MESURE ET ADAPTATION D'UNE ANTENNE PIFA

On souhaite mesurer une antenne PIFA (Planar Inverted F Antenna), puis déterminer par simulation un circuit d'adaptation de l'antenne fournie. Après insertion du réseau d'adaptation, on mesurera le résultat obtenu.

Les antennes sont réalisées sur un substrat FR4, et ont la forme suivante :



(Bien noter qu'il n'y a pas de plan de masse sous l'antenne)

L'antenne qui vous est fournie doit fonctionner à l'une des fréquences suivantes :

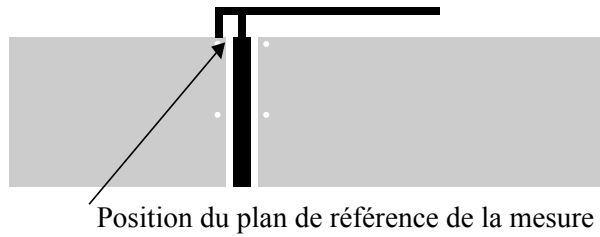
GSM 900 : 933 MHz

GPS : 1575 MHz

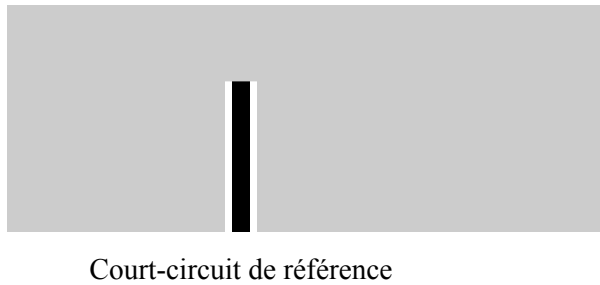
GSM 1800 : 1888 MHz

1°) Mesure de l'impédance d'entrée de l'antenne

Après calibration (dans le plan de référence du kit de calibration SMA), on effectuera un changement de plan de référence, de façon à se placer dans le plan de référence ci-dessous :

Mesure et adaptation d'une antenne PIFA

Pour effectuer le changement de plan de référence, on utilise la platine :



La mesure permet de générer un fichier de paramètres (S) de type .s1p

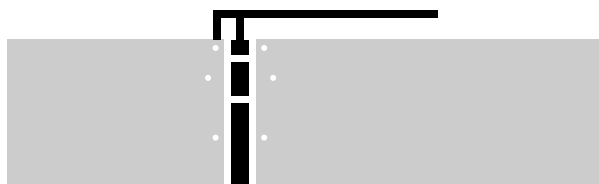
2°) Synthèse de l'adaptation à l'aide d'ADS :

On utilise ADS pour effectuer la synthèse du réseau d'adaptation de l'antenne PIFA fournie.

Après une première détermination des composants nécessaires, on se renseignera sur les composants disponibles à l'ENSEA. Les composants ne sont pas « idéaux », le défaut majeur des composants disponibles étant la fréquence de résonance propre des inductances.

Déterminer le schéma équivalent des inductances retenues, et reprendre la simulation pour tenir compte des défauts. Choisir si nécessaire d'autres valeurs de composants.

3°) Une fois les composants choisis, les monter sur le circuit imprimé ci-dessous :



Mesure et adaptation d'une antenne PIFA

Effectuer une dernière mesure, et obtenir les courbes suivantes :

Abaque de Smith

Return loss

