

Remerciement

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, je voudrais remercier mon maitre de stage, monsieur Loukil Karim, pour son assistance et son encadrement judicieux, et à ses collègues de travail.

Je voudrais aussi remercier Mondher Ben Jilani pour son encadrement durant ma période de stage .

Je dédie ce rapport au TOUT PUISSANT DIEU, sans qui je n'aurais pas eu l'inspiration et les facultés intellectuelles nécessaires dans l'élaboration de cette œuvre.

Je voudrais ensuite avoir une pensée à l'endroit de tous mes parents, qui de près ou de loin et ce depuis ma naissance, m'ont permis d'atteindre ce niveau par leur soutien, tant au plan financier que moral.

Je le dédie également à tous mes professeurs de l'institut.

Sommaire

Chapitre1 : Présentation du cadre de stage	5
1. Présentation du centre d'étude et de recherche des télécommunications « CERT » et fondation de « CERT LAB » :	5
2. Présentation de l'organisme « CERT labs ».....	5
2.2 Organigramme fonctionnel de « CERT labs »	12
Chapitre2 : Notion de compatibilité électromagnétique	14
1.Définition:.....	14
2.Phénoménologie CEM :.....	15
3. Normes CEM:.....	17
Chapitre 3 : les taches réalisées	26
1. Les essais CEM.....	26
1.1 Essais disponibles :.....	26
1.2 Tests émissions	26
a) Mesure des perturbations conduites	26
b) Mesures des perturbations rayonnées	31
1.3 Tests d'immunité	34
a) Mesures des perturbations conduites	34
b) Mesures des perturbations rayonnées	38
Conclusion générale	40

Table des figures

Figure 1 : Siège social CERT LABS	6
Figure 2 : Les laboratoires de CERT Labs	6
Figure 3 : Chambre semi-anéchoïque	7
Figure 4 : Cage de Faraday	8
Figure 5 : Chambre réverbérante à brassage de mode	9
Figure 6 : Brasseur métallique	9
Figure 7 : Chambre entièrement anéchoïque	9
Figure 8 : Salle amplificateur en sous-sol	10
Figure 9 : Laboratoire d'ingénierie CEM	10
Figure 10 : Laboratoire de sécurité électrique	11
Figure 11 : Laboratoire de métrologie interne	11
Figure 12 : Organigramme fonctionnel des unités CERT Labs	12
Figure 13 : Phénomène d'émission et de susceptibilité	15
Figure 14 : Schématisation du problème CEM	15
Figure 15 : Couplage rayonnement par boucle	16
Figure 16 : Couplage rayonnement par fil	16
Figure 17 : Propagation en mode commun	17
Figure 18 : Propagation en mode différentiel	17
Figure 19 : Compteur électrique à tester	26
Figure 20 : Conducted measure room S2	27
Figure 21 : Manip d'essai émission conduite	27
Figure 22 : Cable RF branché	28
Figure 23 : Exemple mesure des perturbations issues du compteur sur ligne L1 à 20ms	29
Figure 24 : Exemple mesure des perturbations issues du compteur sur ligne L1 à 20ms	30
Figure 25 : équipement sous test placé dans la chambre semi-anéchoïque	31
Figure 26 : Compteur placé sur table de 1.5 hauteur	31
Figure 27 : Antenne log périodique à 10m de compteur	31
Figure 28 : Récepteur de mesure	32
Figure 29 : La manip d'essai en mode MID	32
Figure 30 : Signal affiché par ACCSYS de perturbations issues de compteur	33
Figure 31 : Circuit CPL courant porteurs en ligne	33
Figure 32 : Signal affiché par ACCSYS de perturbations issues de compteur	34
Figure 33 : RCD	34
Figure 34 : la manip d'essai immunité conduite	35
Figure 35 : Clé dédié au test d'immunité	36
Figure 36 : Signal de niveau d'agression appliqué sur les lignes de compteur	36
Figure 37 : Le générateur étalent à trois phases	37
Figure 38 : La manip d'essai en mode MID	37
Figure 39 : Branchement de fibre optique	37
Figure 40 : Disposition de compteur et l'antenne dans la chambre anéchoïque	38
Figure 41 : Montage d'agression géré par ACCSYS	38
Figure 42 : Circuit d'essai CPL	39
Figure 43 : Circuit en mode MID	39

INTRODUCTION

La part de l'électronique dans les systèmes embarqués (automobile, aéronautique, spatial...) ne cesse de croître. Soutenue par sa forte intégration, cette électronique apporte davantage de performances et permet d'offrir des solutions à l'exigence, entre autres, de sécurité et de confort.

Mais, une telle évolution rapide nécessite une prise en compte de tout phénomène marginal pouvant nuire au bon fonctionnement des systèmes électroniques. Au même titre que la gestion de la thermique ou la gestion des contraintes mécaniques, l'interférence électromagnétique est devenue un phénomène à risque de très grande importance pour tout système de l'électronique de signal ou de puissance. On parle alors d'un souci de compatibilité électromagnétique (CEM) auquel les industriels se trouvent confrontés.

La CEM telle que définie dans les normes européennes [1][2] est « l'aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour les équipements situés dans cet environnement ». Ainsi, la CEM se doit de participer à la conception et l'intégration de l'électronique. Une étude CEM valable doit traiter et résoudre ces deux principaux

aspects qui sont :

- **L'Émission** : les systèmes ne doivent pas émettre des perturbations électromagnétiques gênantes

pour leur environnement.

- **L'Immunité** : les systèmes doivent être capables de fonctionner dans leur environnement EM.

Nous notons qu'en automobile, les termes usuels pour désigner ces deux aspects de la CEM sont respectivement le mutisme (pour l'émission) et la susceptibilité (pour l'immunité). Afin de limiter le risque d'interférence EM avec d'autres appareils et en particulier avec ceux de contrôle, il est nécessaire de prédire, en premier, les émissions EM générées et ensuite limiter les perturbations nuisibles au fonctionnement et à la sûreté du système global. Donc, il est nécessaire de prédire les émissions conduites et rayonnées des câbles qui sont, par leurs grandes tailles, un risque EM potentiel pour les systèmes électroniques autour.

Chapitre1 : Présentation du cadre de stage

1. Présentation du centre d'étude et de recherche des télécommunications « CERT » et fondation de « CERT LAB » :

Le Centre d'Etudes et de Recherche des Télécommunications (CERT), prestataire de service placé sous la tutelle du Ministère des Technologies de l'information et de la Communication Tunisien, a démarré ses activités en février 1991 dans l'objectif de soutenir le développement du secteur des télécommunications et d'appuyer les activités des grands acteurs de télécommunication à l'instar de la Poste Tunisienne, de l'Office National des Télécommunications (Tunisie Télécom), l'Office National de Télédiffusion et l'Agence Tunisienne de l'Internet.

Et bien que ses activités sont classiquement orientées vers la réception technique des réseaux, l'homologation des équipements terminaux (informatique et télécommunication) et l'étude de déploiement des solutions de télécommunication (réseaux d'entreprise, réseaux d'accès des opérateurs nationaux de télécommunication, etc...), le CERT a également focalisé ses efforts à instaurer sa propre tradition dans les axes innovateurs de développement particulièrement en matière de prospection technologique et de recherche appliquée.

Celle-ci s'est concrétisée en prenant une dimension stratégique indispensable pour valoriser les réalisations et promouvoir l'avenir du secteur des Technologies des Communications et de l'Information en Tunisie. Dans le cadre de cette optique, le CERT a mis en place des laboratoires d'essai CEM et de sécurité électrique, « CERT labs », conformes aux dernières normes internationales.

2. Présentation de l'organisme « CERT labs »

Le projet CERT Labs, présenté sur la figure 1, a été précisément réalisé en 2014, en partenariat avec l'Union européenne. Il est destiné à maîtriser les phénomènes de perturbations électromagnétiques issus d'appareils électriques et électroniques.



Figure 1 : Siège social CERT LABS

Ses laboratoires uniques en Afrique, exposés sur la figure 2, pourront se positionner à l'exportation de services à forte valeur ajoutée en prestant des services de mise en conformité CEM, de veille normative, de vérification du respect des règles de conception CEM étudiée l'évaluation de la conformité des équipements et terminaux des télécommunications pour les entreprises de la région et du continent dans les domaines civil, automobile et industriel.



Figure 2 : Les laboratoires de CERT Labs

Toutes ces activités du CERT labs ont pour objectifs :

- D'améliorer de la compétitivité de l'industrie tunisienne en lui évitant les obstacles engendrés par la duplication des procédures d'évaluation de la conformité à l'entrée des marchés européens et nord-américains.
- De protéger le consommateur, par le contrôle des produits industriels sur le marché tunisien.
- De protéger l'environnement des radiations électromagnétiques.

2.1 Description de l'architecture interne de CERT LAB:

Le CERT labs couvre une construction de 3000 m² sur une superficie de 6000 m² et est répartie comme suit :

- **Une chambre semi anéchoïque** : avec une porte d'accès de 4x4 mètres et un plateau tournant de diamètre 4 mètres supportant une charge de 10 tonnes, destinée à des essais (CEM) jusqu'à 10 mètres, à des tests hyperfréquences et aux mesures d'antennes. C'est une pièce dont toutes les parois sont recouvertes de matériau absorbant les ondes électromagnétiques sauf le sol. Cela permet d'éviter la réverbération des ondes, et simule un espace libre.

La figure 3 présente quelques essais réalisés dans la chambre semi-anéchoïque.



Figure 3: Chambre semi-anéchoïque

- **Six cages de Faraday** : dont une est présentée sur la figure 4, utilisées surtout pour les tests concernant les perturbations conduites (émission/susceptibilité). Elles permettent d'isoler l'appareil sous test des champs électromagnétiques de l'environnement extérieur, et à l'opposé, de protéger l'environnement extérieur des perturbations émises par l'objet sous test.



Figure 4 : Cage de Faraday

- **Une chambre réverbérante à brassage de mode :**

Exposée sur la figure 5, dédiée aux mesures d'émission et d'immunité électromagnétique dans des niveaux de champs élevés. Cette enceinte blindée est équipée d'un brasseur métallique présenté sur la figure 6, qui modifie les conditions de résonance de la cavité pour obtenir un champ fort aléatoire. Elle a la capacité de produire des champs forts (de 3000 V/m) qui sont statistiquement isotropes et uniformes, avec une puissance d'entrée (génération) optimisée.

Les dimensions de cette chambre font d'elle la plus grande dans le monde des laboratoires d'essais en Tunisie avec 18 m² de surface au sol (4.84 x 3.72) et une hauteur de 3.11m.



Figure 5 : Chambre réverbérante à brassage de mode



Figure 6 : Brasseur métallique

- **Une chambre entièrement anéchoïque** mise en place en partenariat avec le leader mondial Sagem Com. Cette infrastructure « Fully Anechoic Room » montrée par la figure 7, équipée par des instruments de dernière technologie permet la réalisation des essais du type « Test d'antenne », « Puissance rayonnée totale (TRP) », « Isotrope totale », « Sensibilité (TIS) », « Puissance rayonnée isotrope effective (EIRP) », « Directivité d'antenne », « Gain d'antenne », « Mesure de bande passante ».



Figure 7 : Chambre entièrement anéchoïque

- **Une salle amplificateur en sous-sol** pour atteindre des niveaux de champs important. La figure 8 illustre une photo de cette chambre.



Figure 8 : Salle amplificateur en sous-sol

- **Un laboratoire d'ingénierie CEM** exposé sur la figure 9, qui a pour rôle savoir l'anomalie de l'équipement CEM en cas de dysfonctionnement normal et de réparer cette dernière.

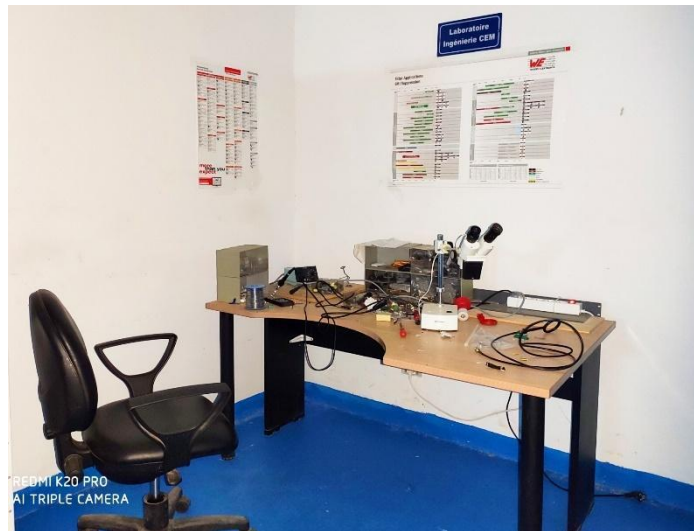


Figure 9: Laboratoire d'ingénierie CEM

- **Un laboratoire de sécurité électrique**, dévoilé dans la figure 10, dont son rôle est de s'assurer de la validité des caractéristiques de sécurité électrique et de fonctionnalité des équipements CEM utilisés, et de garantir leurs conformités par rapport aux exigences réglementaires.



Figure 10 : Laboratoire de sécurité électrique

- **Un laboratoire de métrologie interne**, dont sa photo est montrée sur la figure 11, qui recouvre l'ensemble des activités permettant de maîtriser la qualité des résultats de mesure depuis l'adéquation aux besoins, l'achat, la conformité, le raccordement, la gestion et le suivi des dispositifs de mesure d'analyse et d'essais jusqu'aux contrôles réalisés pour assurer la conformité des produits.



Figure 11 : Laboratoire de métrologie interne

Les activités de métrologie sont placées sous l'autorité d'une personne à qui incombent la coordination et la responsabilité générale de tous les moyens, opérations et actions relevant de cette fonction. Il lui appartient de définir les principes de gestion

de ces moyens (choix, réception, étalonnage, vérification, surveillance) pour concourir à la qualité des résultats des examens, et les dispositions générales qui en découlent.

Les activités de métrologie sont placées sous l'autorité du responsable métrologie qui a pour mission principale de définir et de mettre en œuvre le système de management de la mesure fondé sur la :

→ Gestion des équipements

→ Gestion des processus de mesure

→ Gestion de la documentation

2.2 Organigramme fonctionnel de « CERT labs »

La figure 12 présente l'organigramme fonctionnel de l'unité des laboratoires d'essais CERT Labs.

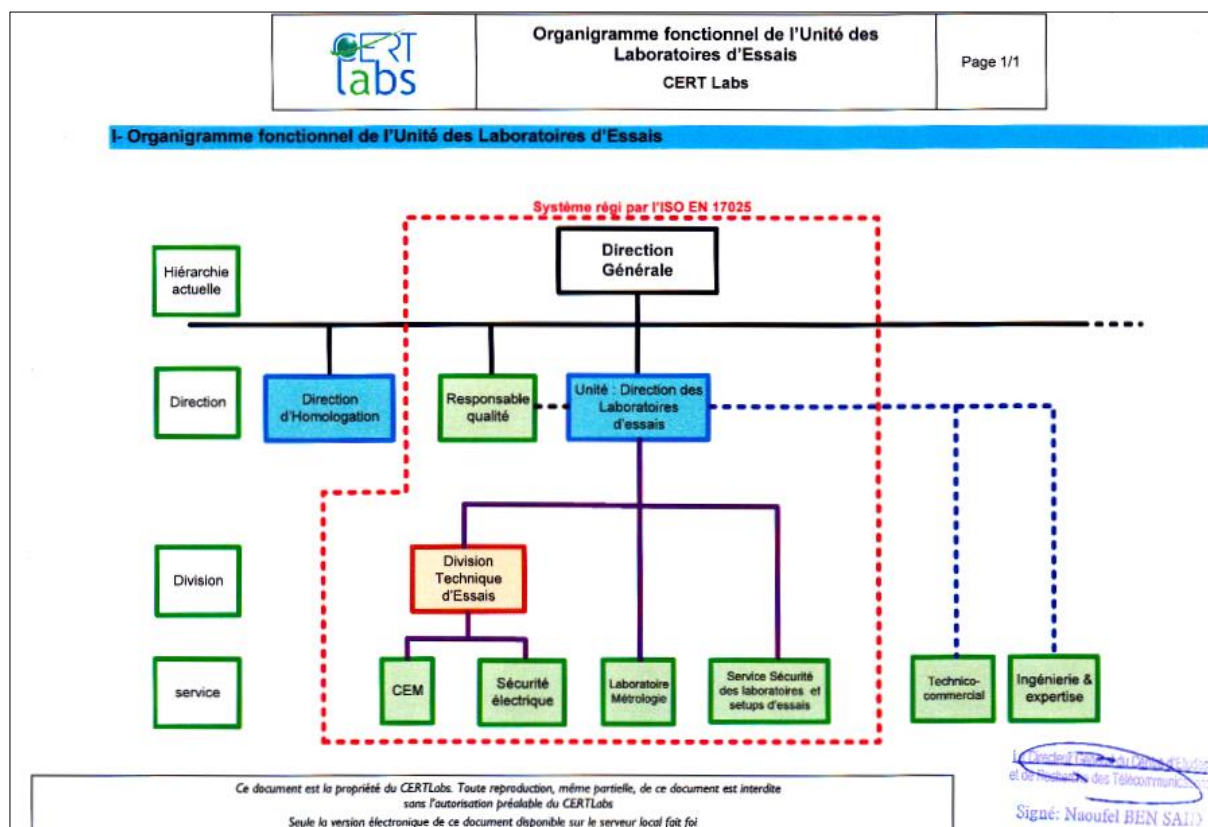


Figure 12 : Organigramme fonctionnel des unités CERT Labs

Chapitre2 : Notion de compatibilité électromagnétique

Introduction

Comme tout système physique en activité, les appareils électriques et électroniques interagissent avec leur environnement. Ils présentent une certaine sensibilité aux phénomènes qui le concernent, et le perturbent à leur tour.

L'utilisation croissante des appareils électriques et électroniques, et l'usage de plus en plus répandu de systèmes de traitement d'information utilisant des signaux de faible énergie, et de ce fait sensibles aux perturbations, a rendu nécessaire une approche nouvelle de cette problématique.

1.Définition:

Le décret français concernant la CEM définit la compatibilité magnétique comme suit :

«C'est l'aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques de nature à créer des troubles graves dans le fonctionnement des appareils ou des systèmes situés dans son environnement. »

Par le mot «appareils » il faut entendre : tous les appareils électriques et électroniques ainsi que les équipements et systèmes qui contiennent des composants électriques et/ou électroniques.

Deux aspects sont inhérents à cette définition :

- Tout appareil fonctionne de façon satisfaisante dans son environnement électromagnétique.
- Aucun appareil ne doit produire lui-même de perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans son environnement.

La compatibilité devant être assurée dans les deux sens, on est conduit à définir deux types de phénomènes :

- Les émissions (terme choisi par les normes aérospatiales ou similaires) ou perturbations (équivalent dans les normes industrielles) désignent les signaux, volontaires ou non, dont la propagation est susceptible de nuire au bon fonctionnement des objets, des appareils ou à la santé des êtres vivants situés au voisinage,
- La susceptibilité désigne un comportement d'un appareil, en réponse à une contrainte externe (volontaire ou non, naturelle ou artificielle), jugé incompatible avec une utilisation normale. La susceptibilité est aussi appelée l'immunité.

La figure 13 illustre les phénomènes d'émissions et de susceptibilité sur un appareil électronique.

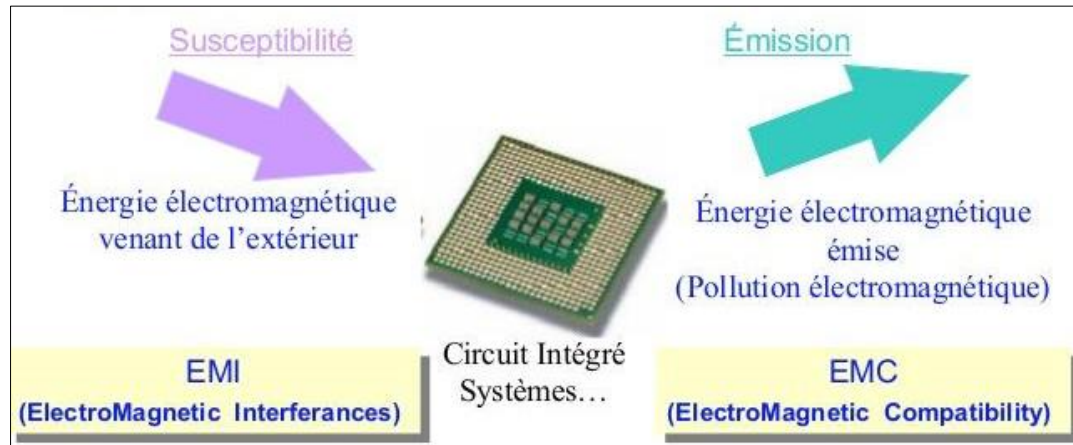


Figure 13: Phénomène d'émission et de susceptibilité

2. Phénoménologie CEM :

Qu'il s'agisse d'émission ou de susceptibilité (ce n'est qu'une question de direction), le problème CEM se produit uniquement lorsque trois acteurs sont réunis :

Une « source » (d'un signal parasite)

Une « victime » (vulnérable au signal parasite)

Un couplage entre les deux

Les perturbations électromagnétiques sont émises par une source polluant à une victime. Le moyen de transmission des perturbations électromagnétiques est appelé couplage.

Ce phénomène est illustré sur la figure 14.

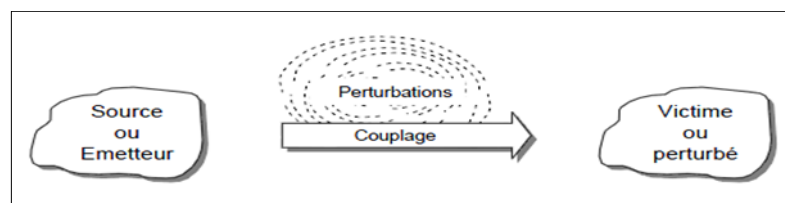


Figure 14 : Schématisation du problème CEM

Obtenir une bonne CEM consiste simplement à supprimer ou à diminuer l'influence de l'un de ces trois acteurs.

Nous classons les couplages en deux catégories :

Couplage par rayonnement :

Le mode de couplage est dit "rayonné" puisque les parasites se déplacent alors dans l'air, utilisant chaque conducteur comme une antenne et se propageant à l'extérieur par toutes les zones non métalliques du système. Cette perturbation est située dans les fréquences hautes du spectre.

Le couplage par rayonnement peut être produit par deux types de sources :

- Boucle, dans ce cas un champ magnétique est propagé comme montrée dans la figure 15.

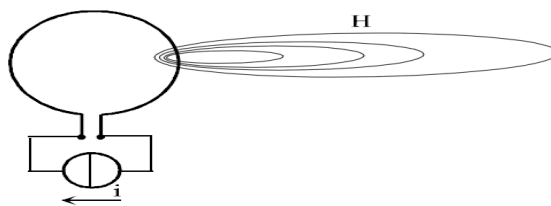


Figure 15 : Couplage rayonnement par boucle

- Fil, dans ce cas un champ électrique est transmis comme montré dans la figure 16.

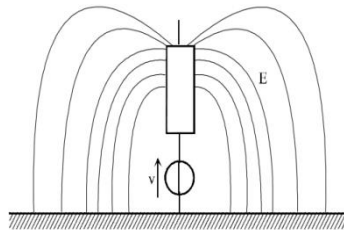


Figure 16 : Couplage rayonnement par fil

- Boucle et fil, donc dans ce cas un champ électromagnétique est propagé.

Couplage par conduction :

C'est la propagation du signal (tension ou courant) en mode commun comme montré sur la figure 17 ou en mode différentiel illustré sur la figure 18, par un conducteur électrique.

Les perturbations conduites peuvent donc être transmises par :

- lignes d'alimentation internes, ou le réseau de distribution
- câbles de contrôle

- câbles de transmission de données, bus ...
- câbles de masses (PE - PEN ...)
- terre
- les capacités parasites ...

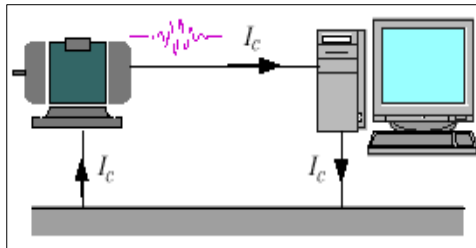


Figure 17 : Propagation en mode commun

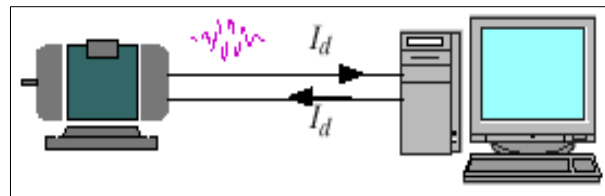


Figure 18 : Propagation en mode différentiel

3. Normes CEM:

Il est à noter que la normalisation associée à la CEM provient principalement de 3 sources :

La Comité Électrotechnique International (CEI):

Elle publie les normes CEI 61000-x-x. Ces dernières sont en général publiées l'année suivante en norme européenne par le CENELEC (Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique) en EN 61000-x-x. Le tableau 2 expose quelques exemples de normes CEI.

Tableau 2 : Exemples de normes CEI

Référence de la norme	Titre de la norme
CEI / EN 61000-1-1	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 1: Généralités - Section 1: Application et interprétation des définitions et des termes fondamentaux
CEI / EN 61000-2-1	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 2: Environnement - Section 1: Description de l'environnement - Environnement électromagnétique pour les perturbations conduites à basse fréquence et de signalisation dans les systèmes publics d'alimentation

CEI / EN 61000-2-3	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 2: Environnement - Section 3: Description de l'environnement - et radiantes non-réseau liés à la fréquence des phénomènes conduit
CEI / EN 61000-3-2	Compatibilité électromagnétique (EMC) - Part 3-2 - Limites - Limites pour les émissions de courant harmonique (entrée de l'équipement actuel ≤ 16 A par phase)
CEI / EN 61000-3-4	la compatibilité électromagnétique (EMC) - Part 3-4: Limites - Limitation des émissions de courants harmoniques dans les systèmes d'alimentation à basse tension pour les équipements ayant un courant supérieur à 16 A
CEI / EN 61000-3-5	la compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3: Limites - Section 5: Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant supérieur à 16 A
CEI / EN 61000-4- 2	Compatibilité électromagnétique (EMC) - Part 4-2: Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité aux décharges électrostatiques
CEI / EN 61000-4-3	la compatibilité électromagnétique (EMC) - Part 4-3: Techniques d'essai et de mesure - rayonnées aux fréquences radioélectriques, champ électromagnétique test d'immunité
CEI / EN 61000-4-4	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure - transitoires électriques rapides / Essai d'éclatement de l'immunité
CEI / EN 61000-4-5	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité contre les surtensions
CEI / EN 61000-4-6	Compatibilité électromagnétique (EMC) - Part 4-6: Techniques d'essai et de mesure - Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques
CEI EN 61000-4-7	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-7: Techniques d'essai et de mesure - Guide général sur les mesures d'harmoniques et inter-harmoniques et instrumentation, pour les systèmes d'alimentation et d' équipements qui y sont connectés

CEI EN 61000-4-8	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure - champ magnétique à la fréquence d'alimentation Essai d'immunité
CEI EN 61000-4-9	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-9: Techniques d'essai et de mesure - Pulse champ magnétique Essai d'immunité
CEI EN 61000-4-11	Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure - Creux de tension, coupures brèves et variations de tension des tests d'immunité

La Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (CISPR)

Elle publie des normes CISPRxx-x. Elles sont également publiées l'année suivante en norme européenne par le CENELEC (Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique) en EN 550xx-x. Nous présentons quelques normes CISPR dans le tableau

Tableau 3 : Quelques normes CISPR

Référence de la norme	Titre de la norme
CISPR 11 / EN 55011	industrielle, (ISM) scientifiques et médicaux radiofréquence - Caractéristiques de perturbations électromagnétiques - Limites et méthodes de mesure
CISPR 12 / EN 55012	des véhicules, des bateaux et des moteurs à combustion interne dispositifs entraînés - Caractéristiques des perturbations radioélectriques - Limites et méthodes de mesure pour la protection des récepteurs à l' exception de ceux qui sont installés dans le véhicule / bateau / appareil lui - même ou dans des véhicules / bateaux / dispositifs adjacents
CISPR 14-1 / EN 55014-1	Compatibilité électromagnétique - Exigences pour les appareils ménagers, les outils électriques et appareils analogues - Partie 1: Emission
CISPR 14-2 / EN 55014-2	Compatibilité électromagnétique - Exigences pour les appareils ménagers, les outils électriques et appareils

	analogues - Partie 2: Immunité - Norme de famille de produits
CISPR 15 / EN 55015	Limites et méthodes de mesure des caractéristiques des perturbations radioélectriques produites par un éclairage électrique et des équipements similaires
CISPR 16-1 / EN 55016-1	Spécifications des perturbations radioélectriques et de l'appareil de mesure de l'immunité et méthodes - Partie 1: perturbations radioélectriques et de l'immunité des appareils de mesure
CISPR 16-2 / EN 55016-2	Spécifications des perturbations radioélectriques et de l'appareil de mesure de l'immunité et méthodes - Partie 2: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité
CISPR 16-3 / EN 55016-3	Spécifications des perturbations radioélectriques et de l'appareil de mesure de l'immunité et méthodes - Partie 3: Rapports et recommandations de la norme CISPR
CISPR 16-4 / EN 55016-4	Partie 4-1: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites - Incertitudes dans les essais normalisés CEM
CISPR 20 / EN 55020	Les récepteurs de radiodiffusion et de télévision et équipements associés. Caractéristiques d'immunité. Limites et méthodes de mesure
CISPR 24 / EN 55024	l'équipement de l'information - Caractéristiques d'immunité - Limites et méthodes de mesure
CISPR 25 / EN 55025	véhicules, bateaux et moteurs à combustion interne - Caractéristiques des perturbations radioélectriques - Limites et méthodes de mesure pour la protection des récepteurs embarqués
CISPR 32 / EN55032	la compatibilité électromagnétique des équipements multimédia - exigences d'émission (remplacé CISPR 13 et CISPR 22)
CISPR 35 / EN55035	la compatibilité électromagnétique des équipements multimédia - Exigences d'immunité (remplacera CISPR 20 et CISPR 24)

L'institut européen des normes de télécommunications (ETSI):

Il publie les normes Européennes de CEM pour certains équipements de télécommunication et radio. Quelques normes CEM délivrées par l'ETSI sont citées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Exemples de normes CEM délivrées par l'ETSI

Référence de la norme	Titre de la norme
ETSI / EN 300 086-2	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM) -Service mobile terrestre - Équipements hertziens munis d'un connecteur RF interne ou externe destinés principalement à la parole analogique
ETSI / EN 300 135-2	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Service mobile terrestre; équipements radio bande publique (CB); équipements radio bande publique à modulation angulaire (équipements radio PR 27)
ETSI / EN 300 219-2	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Service mobile terrestre; Équipements hertziens munis d'un connecteur RF interne ou externe et servant principalement à la transmission analogique de la voix
ETSI / EN 300 220-2	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Appareils de faible portée (AFP); équipements radioélectriques fonctionnant dans la gamme de fréquences 25 MHz à 1 000 MHz avec des niveaux de puissance ne dépassant pas 500mW
ETSI / EN 300 224-2	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Service de recherche sur site
ETSI / EN 300 296-2	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Service mobile terrestre; équipements hertziens utilisant des antennes intégrées destinées principalement à la transmission analogique de la parole
ETSI / EN 300 328	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Système de transmission de données à large bande; Matériels de transmission de données fonctionnant dans la bande ISM à 2,4 GHz et utilisant des techniques de modulation à étalement du spectre
ETSI / EN 301 489-1	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Norme de compatibilité électromagnétique (CEM) pour les équipements de communication radio et services; Partie 1: exigences techniques communes

ETSI / EN 301 489-7	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Norme de compatibilité électromagnétique (CEM) concernant les équipements hertziens et services; Partie 7: Conditions spécifiques applicables à la radio mobile et portable et aux équipements auxiliaires dans les systèmes de télécommunications cellulaires numériques (GSM et DCS)
ETSI / EN 301 489-17	Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Norme de compatibilité électromagnétique (CEM) concernant les équipements de radiocommunication ; Partie 17: Exigences particulières applicables aux systèmes de transmission de données à large bande
ETSI / EN 301 489-52	Compatibilité électromagnétique (CEM) norme pour les équipements et services radio; Partie 52: Conditions spécifiques pour la communication cellulaire Équipement radio et auxiliaire mobile et portable (UE); Norme harmonisée couvrant les exigences essentielles de l'article 3.1 (b) de la directive 2014/53 / UE

Les normes provenant de la CEI, CISPR ou de l'ETSI se divisent en plusieurs catégories que nous dévoilons ci-dessous :

Norme harmonisée

Les normes harmonisées sont les normes réalisées dans le cadre d'un mandat délivré par la commission Européenne au CENELEC et à l'ETSI (l'Institut européen des normes de télécommunications). Les normes harmonisées sont destinées à être référencées au Journal officiel de l'Union européenne. Celles-ci sont « des normes produit » ou « des normes génériques ». Le respect d'une norme harmonisée publiée au journal officiel de l'Union Européenne assure une présomption de conformité à la directive CEM.

Norme produit

La norme produit est une norme, harmonisée ou non, qui va s'appliquer à une gamme de produit spécifique, dans un environnement spécifique.

Cette norme produit va définir pour un type d'équipement, placé dans un environnement type :

- les modes de fonctionnement particuliers dans lequel l'équipement va devoir fonctionner durant les essais,
- pour les essais d'immunité, les critères d'aptitudes du produit en fonction du type d'essai,
- la liste des essais que l'équipement devra subir, en appliquant dans la plupart des cas une norme fondamentale,
- les niveaux limites auquel l'équipement devra être conforme.

Les normes produits les plus communes sont :

- pour les appareils multimédia : EN 55032, EN 55035
- pour les appareils électrodomestiques : EN 55014-1, EN 55014-2
- pour les appareils d'éclairage (milieu résidentiel) : EN 55015, EN 61547
- pour les équipements alimentés en courant alternatif sur réseau public de distribution : EN 61000-3-2, EN 61000-3-3

Norme générique

Quand aucune norme produit n'existe pour une gamme d'équipement, on peut appliquer les normes génériques.

La norme générique va définir pour un environnement type :

- les modes génériques de fonctionnement dans lequel un équipement va devoir fonctionner durant les essais,
- pour les essais d'immunité, les critères d'aptitudes du produit en fonction du type d'essai,
- la liste des essais que l'équipement devra subir, en appliquant une norme fondamentale,
- les niveaux limites auxquels l'équipement devra être conforme.

Les normes génériques sont :

- EN 61000-6-1 : norme générique d'immunité pour l'environnement résidentiel

- EN 61000-6-2 : norme générique d'immunité pour l'environnement industriel
- EN 61000-6-3 : norme générique d'émission pour l'environnement résidentiel
- EN 61000-6-4 : norme générique d'émission pour l'environnement industriel

Norme fondamentale

La norme fondamentale définit l'ensemble de la méthode d'essai.

Une norme fondamentale va décrire :

- Les caractéristiques essentielles du système de mesure (forme d'onde, gamme de tension, gamme de fréquence, temps de mesure, méthode de détection...)
- Souvent, des niveaux typiques d'essai, mais elle ne définit pas le niveau à appliquer à un produit
- Le montage d'essai (comment doit être disposé le produit pendant l'essai, quel type d'équipement d'essai à utiliser en fonction des caractéristiques du produit...)
- La procédure d'essai (quelles sont les étapes à respecter pour réaliser l'essai...)
- L'évaluation des résultats d'essais (comment analyser les phénomènes observés...)
- Les données à écrire dans le rapport d'essai

4*CONCLUSION:

Au-delà d'enrichir mes connaissances théorique sur les normes ce stage m'a permis de comprendre les phénomènes de plus près et d'avoir une idée concrète sur l'appareillage et les mesures effectuée et ma permis d'évoluer mon attitude de communication

Chapitre 3 : les taches réalisées

1. Les essais CEM

Les essais de compatibilité électromagnétique (CEM) sont destinés à vérifier l'aptitude d'un équipement électrique ou électronique à fonctionner dans un environnement électromagnétique sans provoquer des perturbations électromagnétiques ni être perturbé lui-même.

Les laboratoires CERT LABS accompagnent les industriels dans les secteurs électriques et électroniques pour la mise en conformité de leurs équipements aux exigences CEM.

Les mesures sont effectuées en laboratoire ou sur site client pour des équipements ne pouvant être déplacés.

1.1 Essais disponibles :

Emission conduite / Immunité conduite/ Emission rayonnée/Immunité rayonnée/Décharge électrostatique /Test de choc d'onde

Pendant ma période de stage j'ai effectué avec l'équipe d'essais CEM des tests sur un compteur électrique opéré par SAGEMCOM



Figure 19 : Compteur électrique à tester

1.2 Tests émissions

Pour l'émission EM, la CEM s'intéresse à analyser puis limiter le niveau de perturbation EM produit par un système ou composant afin que les autres composants dans son environnement ne soient pas perturbés ni ne s'auto-perturbent.

Les mesures permettent d'analyser les émissions d'un appareil afin de vérifier sa conformité. Elles concernent aussi bien les perturbations conduites que les perturbations rayonnées.

a) Mesure des perturbations conduites

Les émissions conduites sont des perturbations électromagnétiques induites par l'appareil sous test (compteur) et dirigées vers l'extérieur par des interconnexions, telles que les lignes d'alimentation électrique. Sur le plan de ces émissions, les appareils sont tenus de satisfaire des limites rigoureuses

Chapitre 3 : les taches réalisées

Selon les normes fixées pour ce produit l'objectif est de mesurer le signal dégagé du compteur et le comparer au gabarie fixée par la norme

Si les mesures ne respectent pas la norme le constructeur fait des modifications pour que le produit soit conforme



Figure 20 : Conducted measure room S2

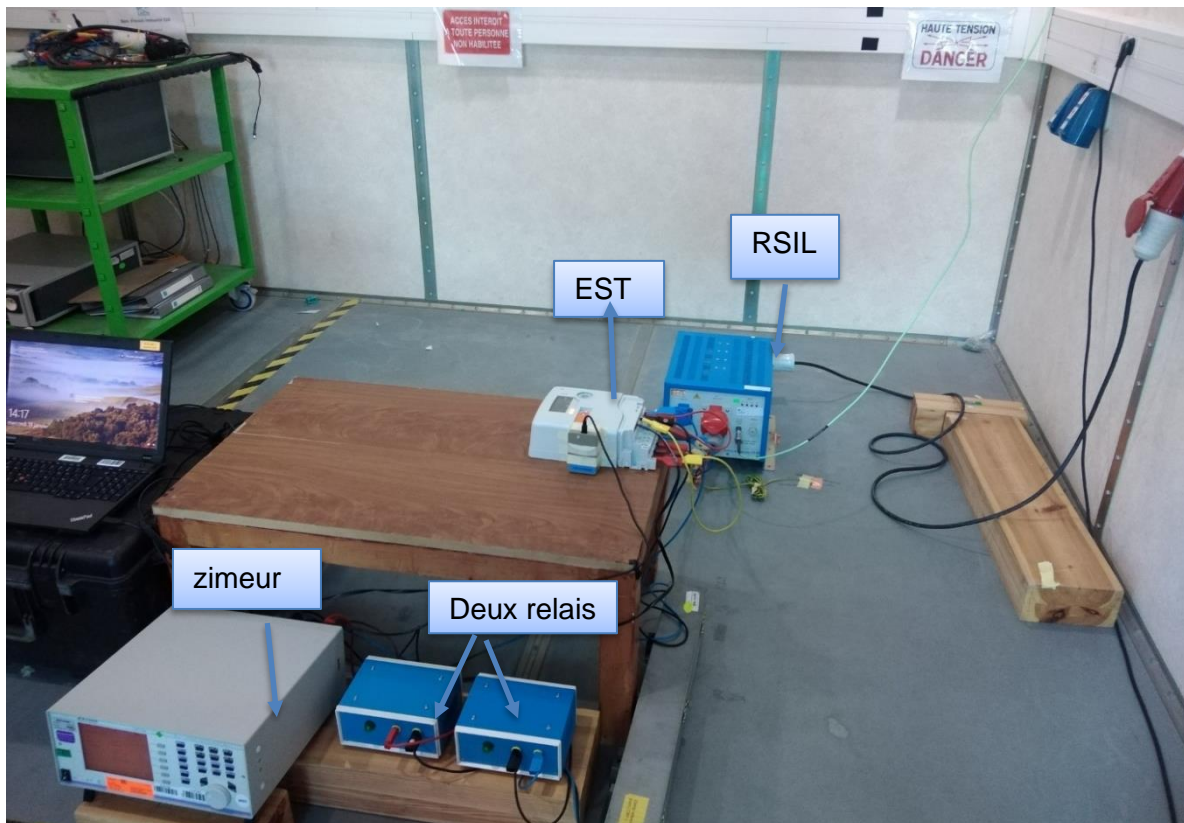


Figure 21 : Manip d'essai émission conduite

Chapitre 3 : les taches réalisées



Figure 22 : Cable RF branché

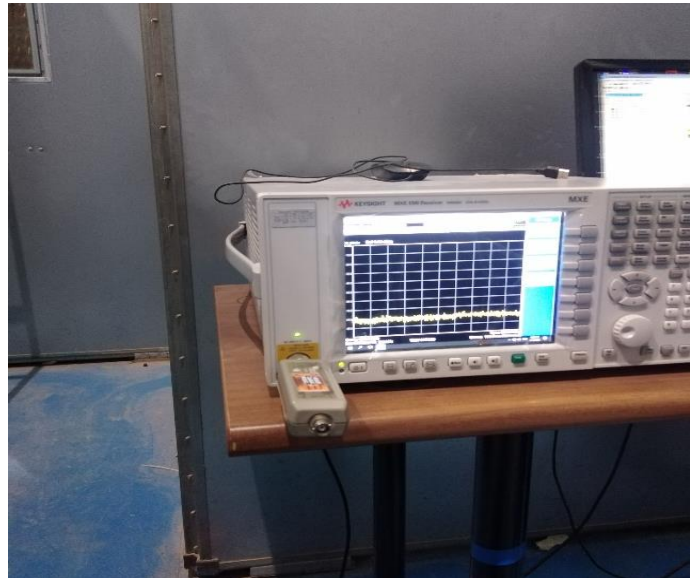





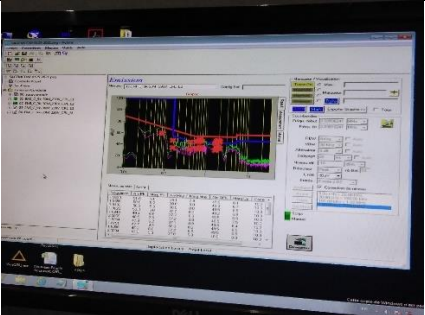


Figure 23 : Récepteur de mesure

Les équipements utilisés pour l'essai sont représentées dans le tableau suivant

Equipements	Définitions et rôles	Photo
Analyseur de spectre keysight	Un analyseur de spectre est un instrument de mesure destiné à afficher un signal dans le domaine fréquentiel contrairement à un oscilloscope qui affiche le signal dans le domaine temporel.	
Limiteur transitoire	protège une entrée d'analyseur de spectre provenant des transitoires de haut niveau des réseaux de stabilisation d'impédance de ligne (RSIL). Le filtre passe-bande intégré atténue les signaux hors bande à plus de 20 dB / décade.	
RSIL triphasé	la norme propose le Réseau de Stabilisation d'Impédance de Ligne (RSIL) L3-32. Permet de mesurer les perturbations conduites et alimente le compteur	
CLB 457	Câble de radiofréquences RF : agit comme des lignes de transmission pour les signaux	

Chapitre 3 : les taches réalisées

CLB 458	Câble triphasée : trois conducteurs de phases et un câble neutre	
Logiciel de mesures CEM ACCSYS	Créé en 1991, Accsys est spécialisé dans le développement de logiciel de test et mesure ainsi que dans l'ingénierie de système de mesure.	
Relais		
Zimeur		

A chaque fois on change le ligne de mesure L1 ,L2, L3 et N

On a deux modes CPL(courant porteurs en ligne) et MID

Configuration 1 :

Courant : 0A

CPL avec 230V

Les auxiliaires : communication pendant de RS485 + check état de relais 1 et relais 2 et mesure courant de charge 0.5A

On va mesurer les perturbations sur chaque ligne à 230V à 20ms et à 100ms

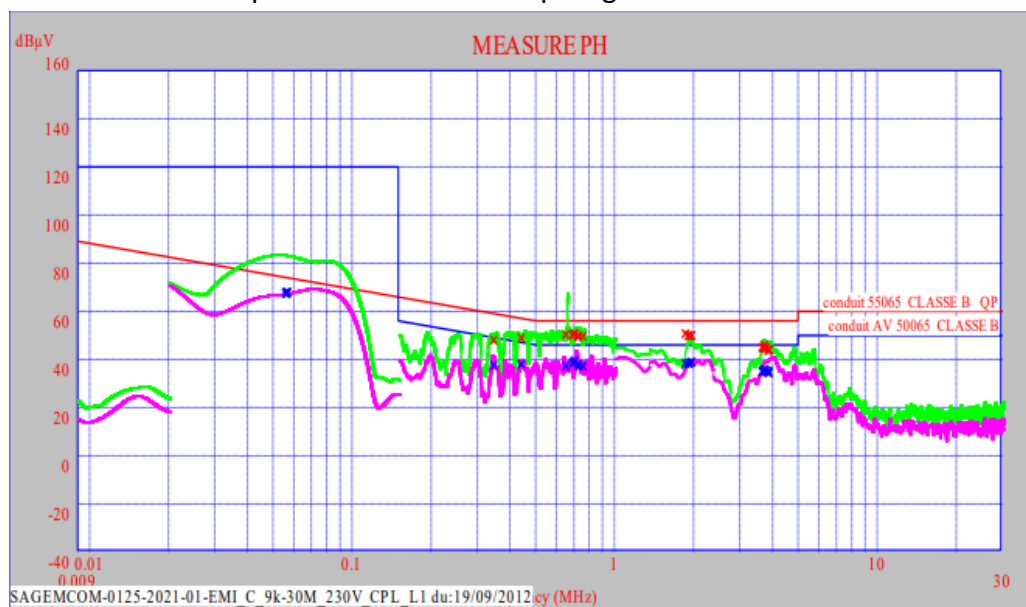


Figure 23: Exemple mesure des perturbations issues du compteur sur ligne L1 à 20ms

Chapitre 3 : les taches réalisées

CPL avec 127V

Les auxiliaires : communication pendant de RS485 + check état de relais 1 et relais 2 et mesure courant de charge 0.25A

On va mesurer les perturbations sur chaque ligne à 127V à 20ms et à 100ms

Configuration 2 :

Courant : 0.75A

MID avec 230V

Les auxiliaires : aucun

On va mesurer les perturbations sur chaque ligne à 230V à 20ms et à 100ms

MID avec 127V

Les auxiliaires : aucun

On va mesurer les perturbations sur chaque ligne à 127V à 20ms et à 100ms

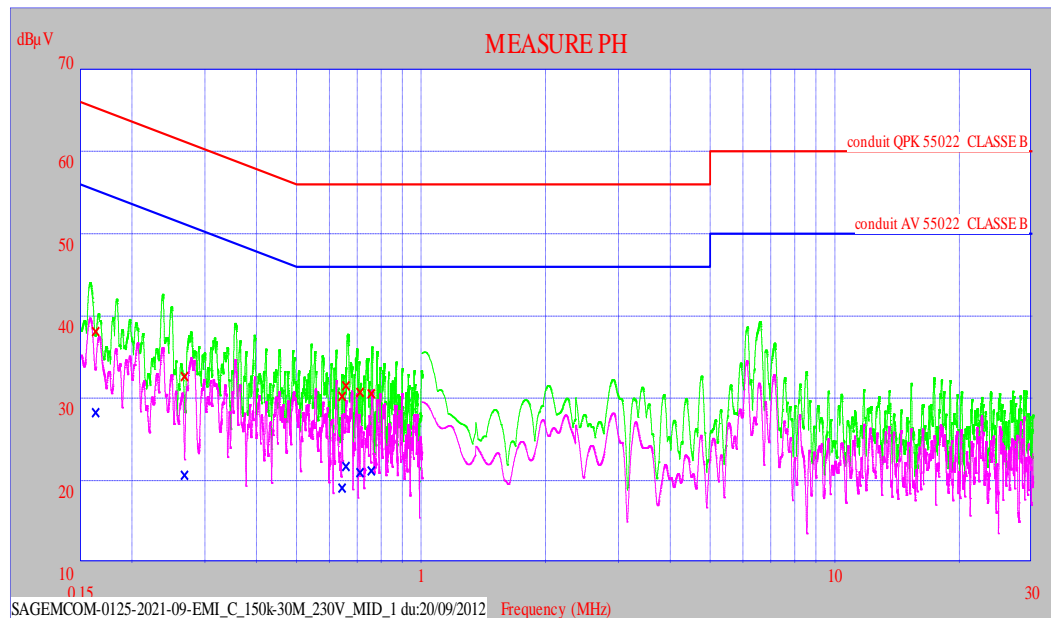


Figure 24 : Exemple mesure des perturbations issues du compteur sur ligne L1 à 20ms

b) Mesures des perturbations rayonnées

Les émissions rayonnées sont des perturbations électromagnétiques induites par l'appareil sous test s'effectue sans aucune liaison physique qui les relie. Le champ électromagnétique rayonné va se propager par un composant (source) qui va attaquer un autre composant (victime) qui est une antenne.

La norme applicable est EN 55022 sur la bande de fréquence 30 MHz- 1 GHz .

L'essai a été effectué dans la Chambre semi-anéchoïque qui absorbe la carbone au cours de ce test l'antenne va mesurer le rayonnement émis par le compteur à l'aide des câbles liés au récepteur de mesure qui va afficher le signal reçu sur le logiciel ACCSYS



Figure 25 : équipement sous test placé dans la chambre semi-anéchoïque

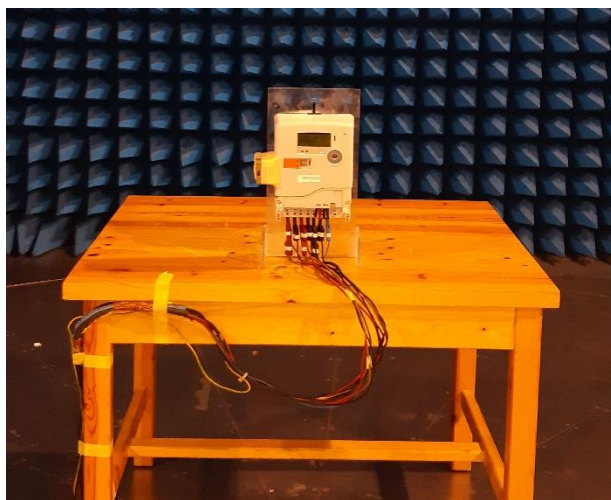


Figure 26 : Compteur placé sur table de 1.5 hauteur

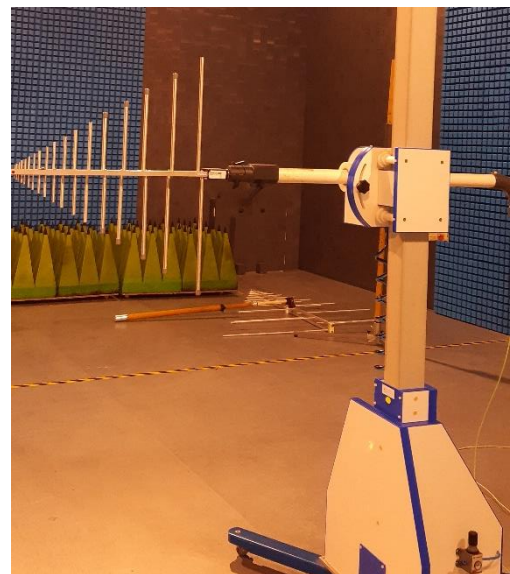


Figure 27 : Antenne log périodique à 10m de compteur

Chapitre 3 : les taches réalisées

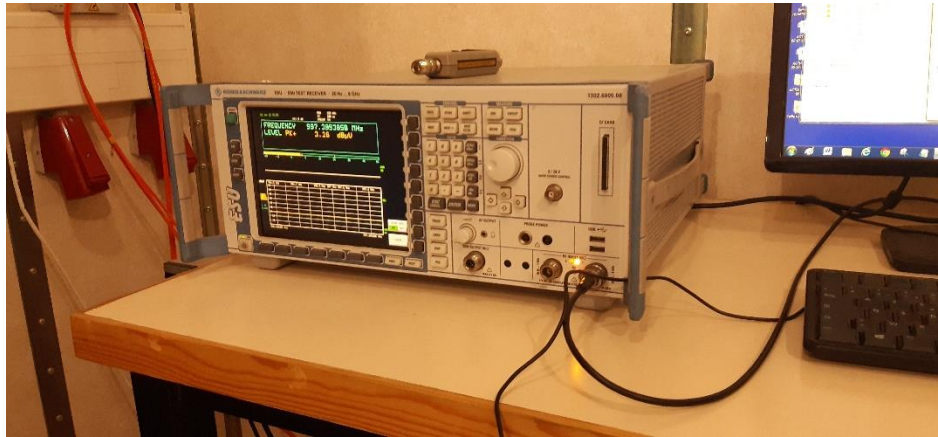


Figure 28 : Récepteur de mesure

REMARQUE : L'antenne est liée physiquement à l'aide d'un câble au récepteur de mesure qui est lui-même lié à l'ordinateur pour que le logiciel ACCSYS analyse et affiche le signal de niveau de perturbation .

➤ **le mode MID :**

Au chambre voisine « Loading Room » se trouve la manipe suivante qui va être liée au compteur seulement à partir d'une rallonge .

Le but est de savoir le niveau de perturbation généré par le compteur en fonctionnant dans son état normal et réel qui ne doit pas dépasser des limites spécifiés par la norme .

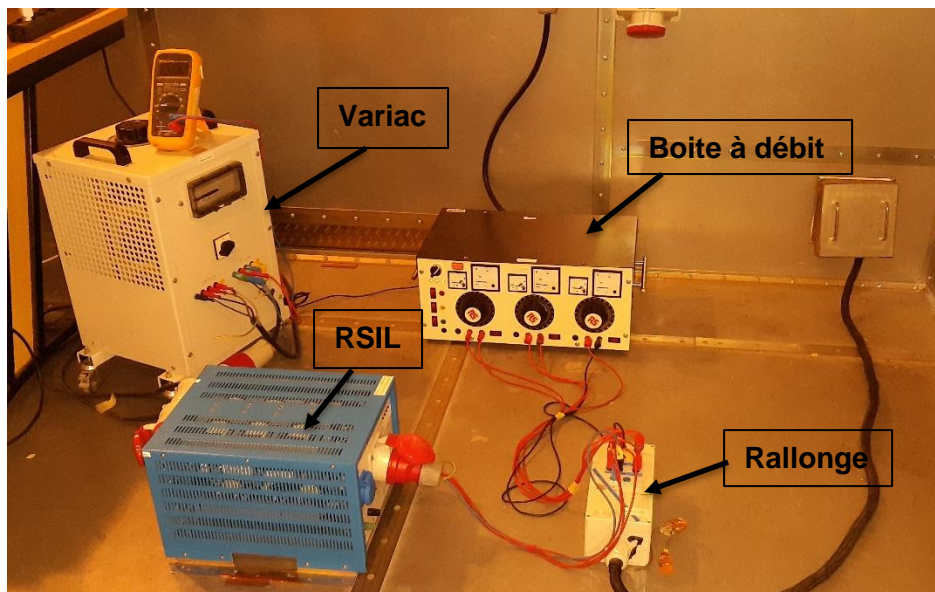


Figure 29 : La manip d'essai en mode MID

Chapitre 3 : les taches réalisées

Equipements	Fonctions
Variac	Un transformateur d'isolement, un abaisseur et élévateur à tension variable réglable
Boite à débit	Débite la tension qui va basculer entre 127v et 230v et de courant de valeur 0.75A
RSIL	Alimente le compteur

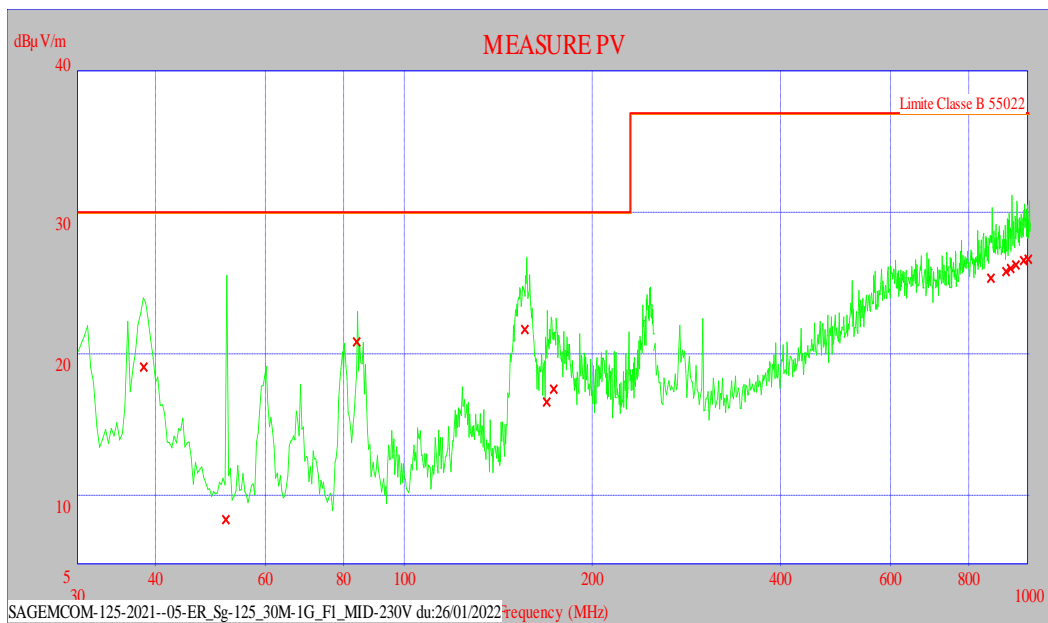


Figure 30 : Signal affiché par ACCSYS de perturbations issues de compteur

- Mode CPL : on va verifier si le compteur fonctionne correctement malgré les perturbations qui les émis pendant toute la « setup » à l'aide de zimeur et pc

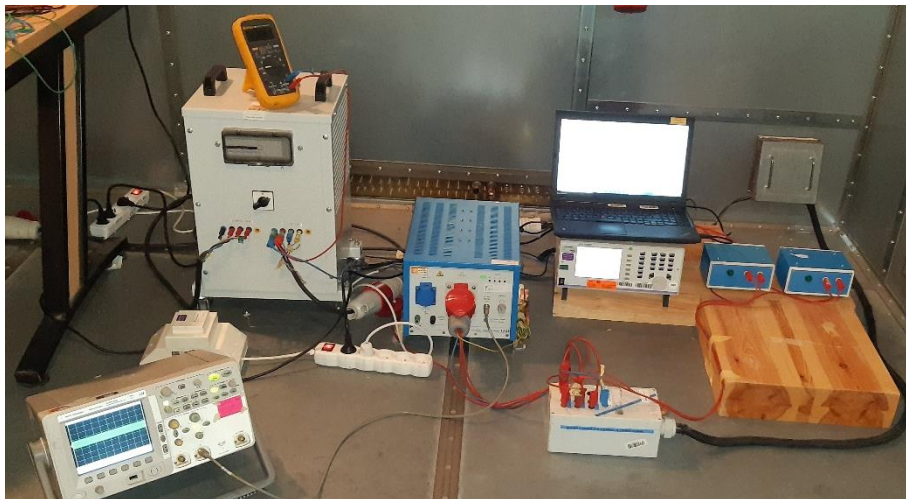


Figure 31 : Circuit CPL courant porteurs en ligne

Chapitre 3 : les taches réalisées

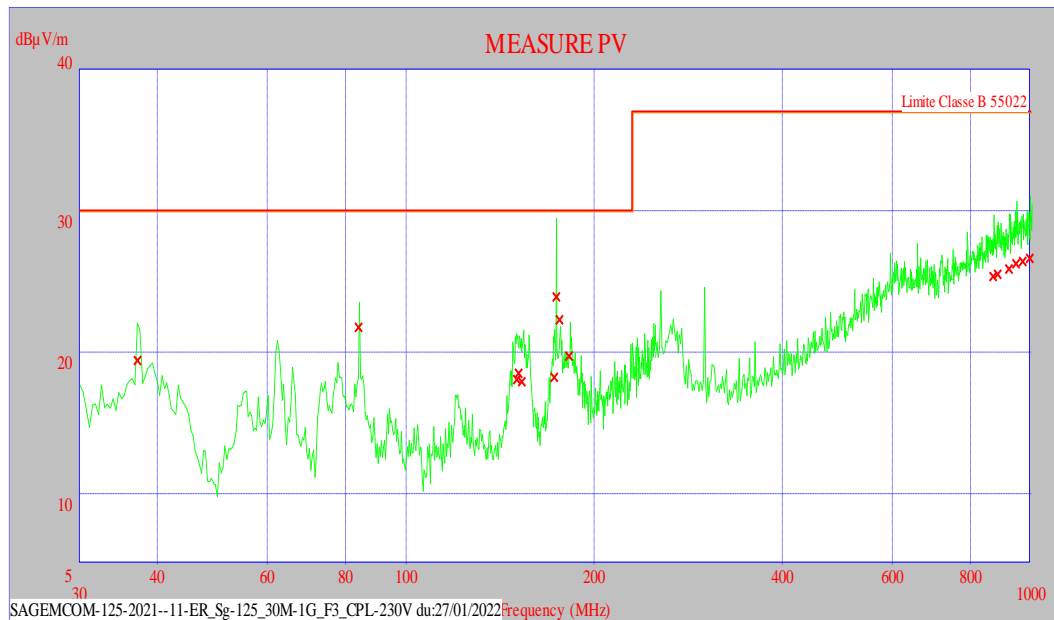


Figure 32 : Signal affiché par ACCSYS de perturbations issues de compteur

1.3 Tests d'immunité

Pour l'immunité, la CEM analyse la susceptibilité électromagnétique d'un composant vis-à-vis des perturbations EM provenant de son environnement ou de lui-même. Puis apporte des solutions afin de limiter ces perturbations électromagnétiques. Ainsi, l'immunité en CEM consiste à analyser puis accroître la capacité d'un composant à résister aux perturbations EM provenant de son environnement

Bande de fréquence de 150 KHZ à 80 MHZ

a) Mesures des perturbations conduites

Concernant les tests d'immunité aux perturbations conduites, on injecte sur le câble d'alimentation de l'appareil ou sur ses câbles de données des courants visant à perturber l'appareil. On utilise pour cela une pince de couplage, dans lequel on fait passer le câble choisi.

En général, le protocole de test consiste à connecter à un générateur de perturbation dédié, via un **réseau de couplage/découplage**, à l'équipement sous test. Agression de 10 V rms sur chaque ligne



Figure 33 : RCD

Chapitre 3 : les taches réalisées

➤ Le mode CPL :

Durant toute le setup on doit s'assurer à la bonne communication entre les deux terminaux (compteur et data concentrateur) malgré les perturbations.

Le compteur envoie une trame bien définie au data concentrateur qui va répondre s'il a bien reçu la trame à l'aide d'une application sous le nom « **Docklight Scripting v2.2** » est un outil de test et d'analyse. Il permet de surveiller la communication entre deux périphériques série ou de tester la communication série d'un seul périphérique, installé sur le pc de la société SAGEMCOM . Il permet de contrôler l'acheminement des trames.

Le data concentrateur est un élément qui communiquent avec autres compteurs tel est l'exemple d'un bâtiment dans le quel tous les compteurs sont liées a cet équipement .

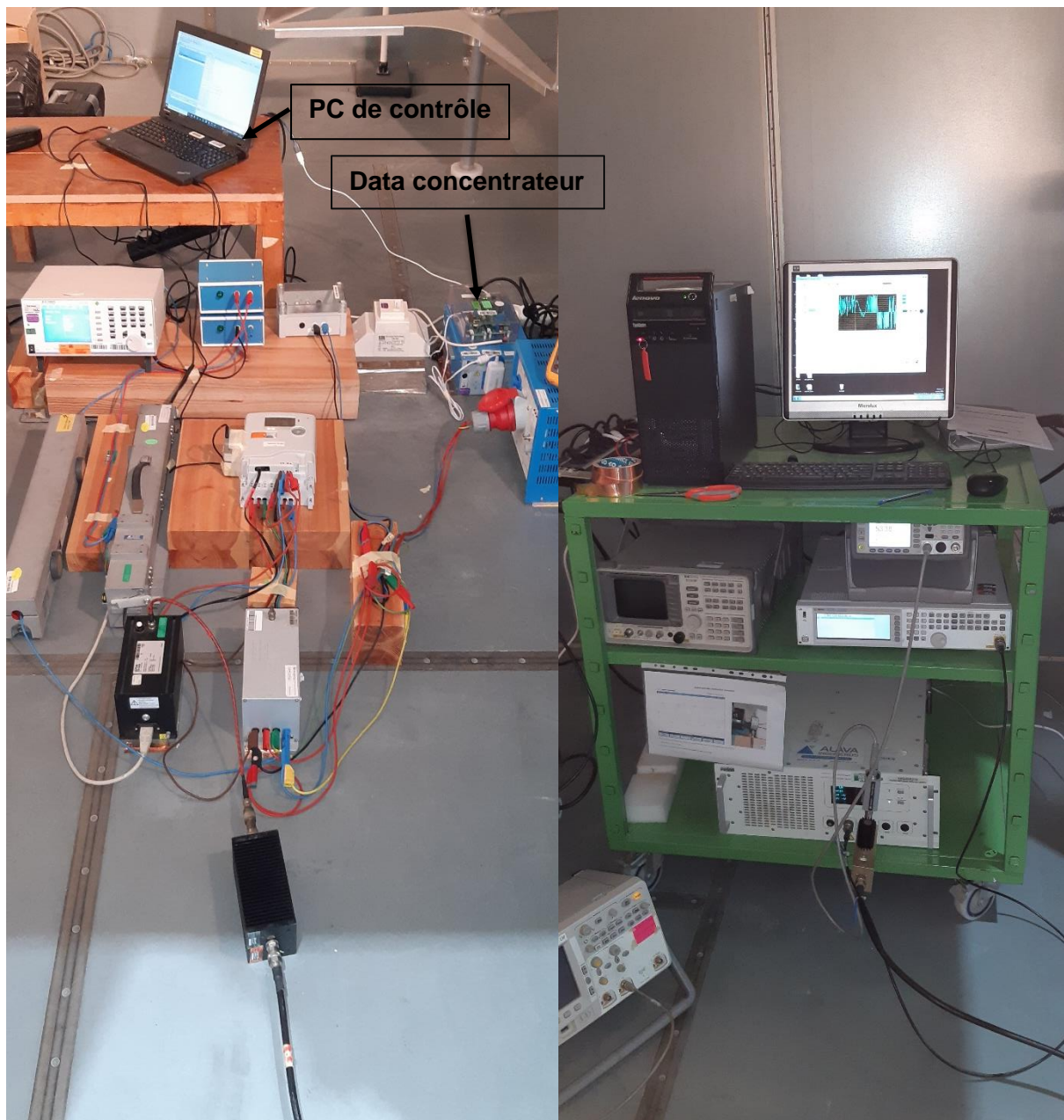


Figure 34 : la manip d'essai immunité conduite

Chapitre 3 : les taches réalisées

Comme le montre la figure précédente le générateur va subir une agression aux lignes de compteur à travers RCD .

Le wattmètre qui est directement connecté à l'ordinateur va partager les données mesurées via le logiciel **ACCSYS** qui va afficher le signal de perturbation résultant à l'aide d'un algorithme (script) trouvé sur la clé suivante .



Figure 35 : Clé dédié au test d'immunité

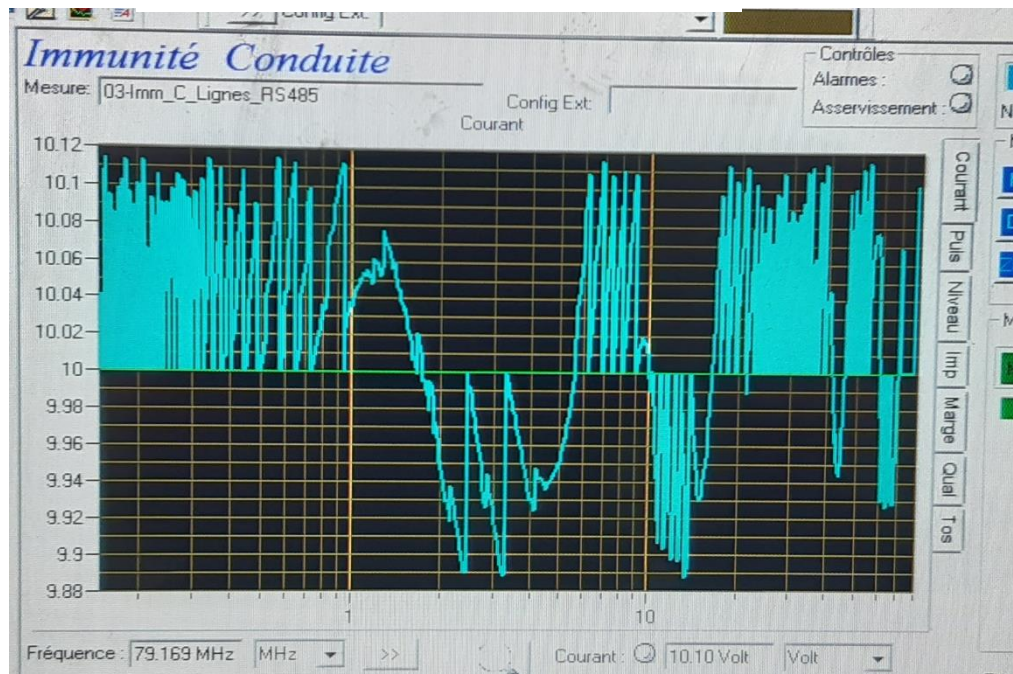


Figure 36 : Signal de niveau d'agression appliqué sur les lignes de compteur

Chapitre 3 : les taches réalisées

➤ Le mode MID :

Ce mode d'essai est fait pour s'assurer de fonctionnement d'équipement sous test en dépit de perturbations générés par le RCD en effet Le compteur doit compter correctement . Le générateur étalent mesure la puissance et l'énergie et affiche ce que le compteur compte

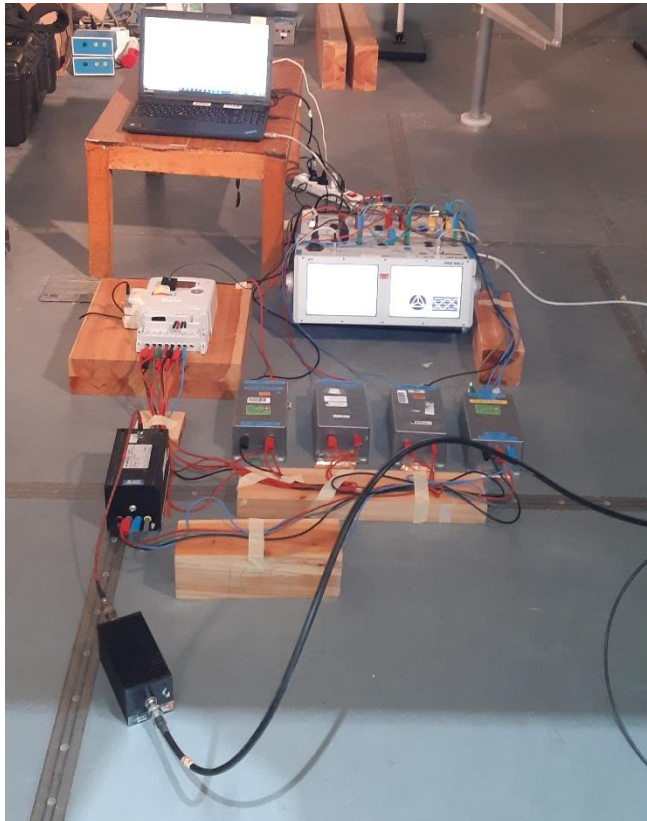


Figure 38 : La manipe d'essai en mode MID



Figure 37 : Le générateur étalent à trois

Il mesure la consommation aussi et le taux d'erreur en effet si le taux d'erreur dépasse 2% c'est qu'il ya un problème dans le fonctionnement de compteur.

Il est à trois phases , chacune a besoin d'un filtre de courant et de tension pour éliminer les perturbations .

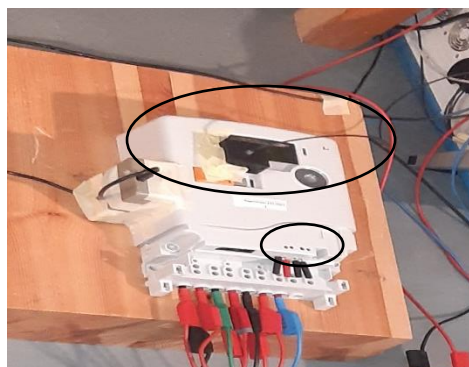


Figure 39 : Branchement de fibre optique

On utilise une fibre optique entre le compteur et le générateur étalent pour donner un signal chaque fois le compteur compte. Le compteur possède deux voyants qui s'allument sous la forme des impulsions selon la consommation de l'énergie mesuré si la consommation est faible ils s'allument lentement et inversement .

Chapitre 3 : les taches réalisées

Un signal de niveau d'agression est affiché comme l'essai précédente

b) Mesures des perturbations rayonnées

Pendant l'essai précédente la perturbation a été sous la forme d'une agression appliqué par le RCD sur le compteur à travers une liaison physique.

Concernant les essais d'immunité rayonnée la perturbation doit se propager sous forme d'une onde électromagnétique à l'aide d'une antenne qui va subir une agression avec un niveau de champs sur le compteur qui doit être à 1.5 m du sol et 3 m du l'antenne .

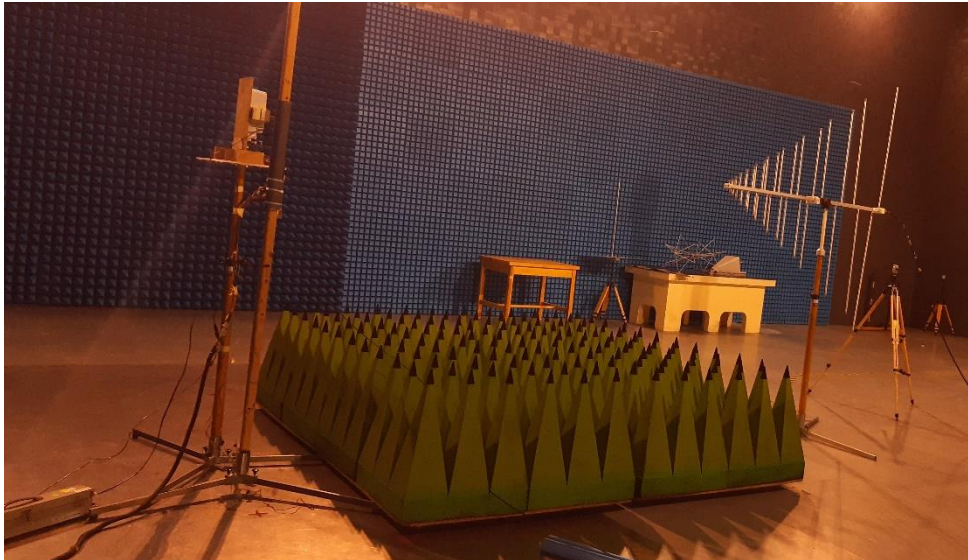


Figure 40 : Disposition de compteur et l'antenne dans la chambre anéchoïque

La bande de fréquence d'essai s'étend de 80 MHz à 1GHz selon la norme EN 61000-4-3 2010 Champs mètre est placé juste auprès de compteur pour mesurer le niveau de champs autour de compteur afin de vérifier si le niveau de champs est à 10m/v

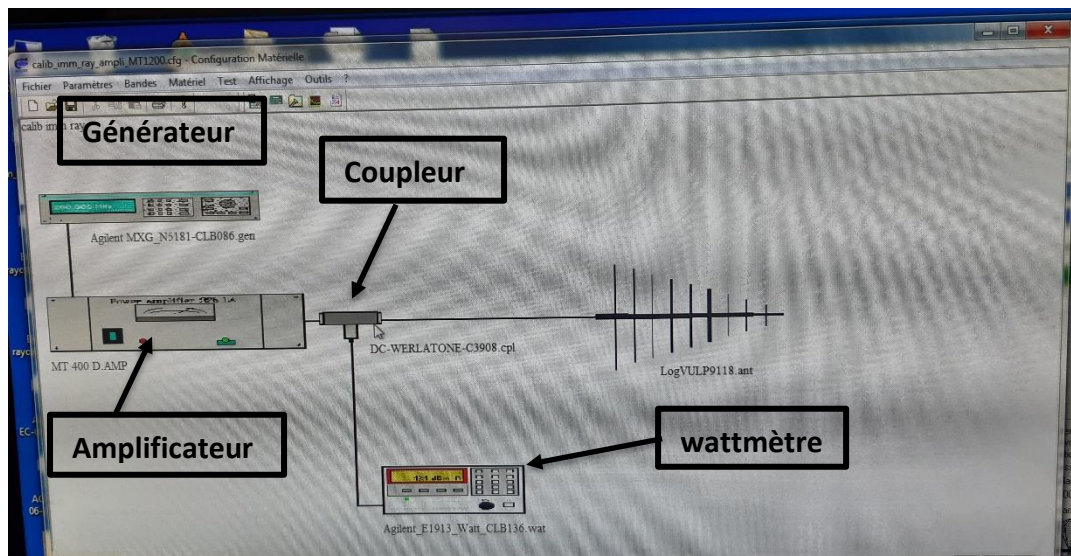


Figure 41 : Montage d'agression géré par ACCSYS

Chapitre 3 : les taches réalisées

➤ Mode CPL :

Le but de ce test est de contrôler le bon acheminement de trames entre le compteur et le data concentrateur, c'est le même principe d'essai d'immunité conduite sauf qu'on va ajouter au circuit un filtre CPL.



Figure 42 : Circuit d'essai CPL

Le filtre CPL est placé entre le compteur et le data concentrateur dans le but de protéger ce dernier des perturbations appliquées sur l'équipement sous test.

➤ Mode MID :

Ce mode d'essai est fait pour s'assurer du fonctionnement du compteur d'une façon normale dans des conditions réelles à l'aide d'un générateur étalonné qui va mesurer la consommation et le taux d'erreur.

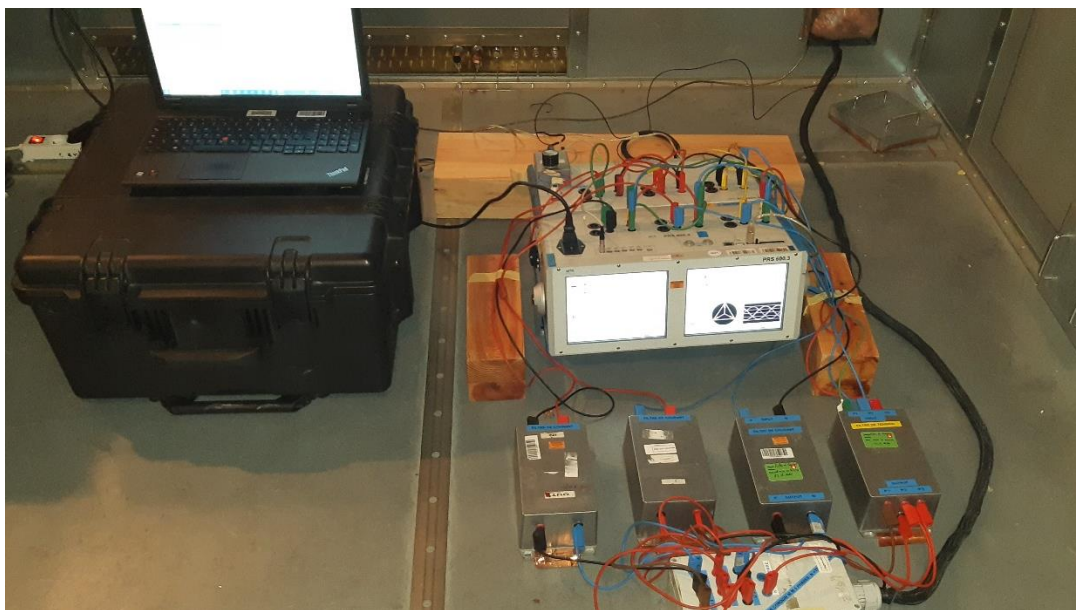


Figure 43 : Circuit en mode MID

Une fibre optique est liée au compteur conformément au test d'immunité conduite en mode MID.

Conclusion générale

Au cours de ce stage, j'ai acquis plus des connaissances à propos le réseau informatique local et j'ai pu mettre en pratique mes connaissances théoriques acquises .Il me permet de vivre de plus près la vie professionnelle dans l'entreprise **CERT LABS** qui essaye d'assurer l'efficacité des services ainsi que le gain du temps et la fiabilité des essais.

A la fin de ce rapport, je n'ai qu'à remercier de nouveau tout le personnel de l'entreprise **CERT LABS** pour leur soutien, leur aide ainsi que leur encadrement judicieux.

J'espère enfin que mon rapport répond à l'objectif déjà fixé et qu'il sera à la hauteur et la confiance accordée à mon égard