



STAGE en ENTREPRISE GESTION DE MESURES

Cette formation prend en considération tous les aspects d'une chaîne de mesure, de l'unité physique jusqu'au rapport de mesures, tel que précisé dans le contenu du cours ci-après. Cette formation s'adapte à l'environnement professionnel des stagiaires et à leurs problématiques particulières.

POURQUOI CES STAGES

Ce stage, adapté en 2012, fait suite à la demande de clients qui souhaitent une formation pratique à la gestion de mesures dans leur domaine d'application, avec leurs propres problématiques. Gérer les Mesures dans votre environnement professionnel avec ses contraintes liées aux automates, machines tournantes, chaîne de production et avec les matériels de mesure dont vous disposez. Diminuer les sources de pollution de vos signaux. Transporter le signal en 4-20mA, blindage mode commun ou différentiel, avec isolation galvanique ou télétransmission... Comprendre les incertitudes, de positionnement, de capteur, de câblage, d'environnement et des matériels de mesure. Et plus globalement, à la gestion et réalisation pratique et concrète de vos mesures. Le but étant de la mise en application des concepts depuis l'unité physique, avant même le capteur, jusqu'à son analyse informatique tout en maîtrisant les matériels et leurs caractéristiques.

INTERVENANT PRINCIPAL

Christophe BUET participe à l'enseignement de Masters professionnels IDIM (Ingénierie du Diagnostic, de l'Instrumentation et de la Mesure) option ICM (Instrumentation, Capteurs et Mesures), à l'Université Paul Sabatier Toulouse III, notamment en charge des TD et TP instrumentation. Il assure également les formations "Mesure Instrumentation Essai" pour EADS / AIRBUS Toulouse et ses sous-traitants.

Ingénieur, il est notamment chargé au sein d'ANICIA des missions d'expertise, de conseil et d'aide à la définition de projet dans le domaine de l'acquisition numérique depuis 1989. A l'origine de ces stages en 1996, il est le garant de leur constante évolution.

SUPPORTS DE STAGES

Un support informatique vidéo-projeté illustre les concepts exposés. Le support de cours, contenant également les copies des pages rétro-projetées, est remis à chaque participant. Les cours sont illustrés de tests, exercices et démonstrations principalement réalisées à l'aide de matériels ANICIA (enregistreur de transitoires, conditionneurs, acquisition autonome). Mais vos propres éléments liés à vos mesures seront également utilisés et/ou décortiqués suivant les possibilités et disponibilités. Les programmes tiennent compte des centres d'intérêts des participants.

OBJECTIF

Aider les personnes en charge de mesure, métrologues, bureau d'étude, installateur d'outils, maintenance, opérateurs, superviseurs d'essais ou de production, contrôleurs et service Qualité, etc. Leur permettre la gestion des mesures incluant la définition, le choix et la mise en application d'instrumentation de mesure ou de chaînes d'acquisition numérique en toute connaissance. L'accent est mis sur tous les éléments constitutifs de cette chaîne afin d'assurer la maîtrise de leurs caractéristiques et incertitudes. Un attachement particulier est apporté à la compréhension et la mise en application concrète des concepts pour un large public. C'est pourquoi aucun algorithme ou formule mathématique n'est utilisé dans ce stage, même lors de l'étude des traitements avancés du signal !

Comprendre les exigences liées à leur activité et environnement professionnel pour mieux les appréhender pour parfaire les mesures.

A QUI S'ADRESSENT CES STAGES

Aux techniciens, ingénieurs et scientifiques confrontés aux problèmes de définition, réalisation, amélioration et gestion de mesures dans leurs domaines respectifs. Ils peuvent être inexpérimentés en gestion de mesures mais ont déjà utilisé un multimètre et maîtrisent la loi d'Ohm. Ainsi leurs expériences prévalent sur le niveau d'étude, le stage étant très orienté sur la mise en application. De plus, l'adaptation du stage à leur environnement professionnel est un facteur de réussite.

Les domaines d'activité des entreprises pouvant bénéficier de ces stages couvrent aussi bien les sites de production avec automatismes que de contrôle ou de test. Les secteurs peuvent être aussi variés que l'industrie pharmaceutique, chimique ou automobile, ferroviaire, aéronautique et spatiale ainsi qu'électrique, électromécanique ou mécanique. Dès lors que des mesures sont nécessaires, leur gestion devient indispensable.





SOMMAIRES GESTION DE MESURES

Ce sommaire sera adapté en fonction des centres d'intérêt de l'entreprise et des stagiaires

Partie Analogique

CONTENU DU COURS	Page
La société ANICIA	3
I DEFINITION DE LA MESURE	4
1) <i>Le besoin final recherché.</i>	4
2) <i>Phénomènes physiques à mesurer.</i>	4
3) <i>Protections de l'utilisateur, du signal.</i>	5
4) <i>Définition du capteur.</i>	5
A) <i>Les exigences du signal.</i>	5
B) <i>Les exigences du Capteur.</i>	6
C) <i>Les Conditionneurs.</i>	6
D) <i>Les principaux types de Capteur.</i>	7
☞ <i>Capteurs de température</i>	7
☞ <i>Capteurs d'humidité (hygrométrie)</i>	11
☞ <i>Capteurs acoustiques</i>	12
☞ <i>Capteurs de pression</i>	13
☞ <i>Capteurs de débit, débitmètres</i>	15
☞ <i>Capteurs de déformation, de force</i>	19
☞ <i>Capteurs d'accélération, vibration, choc</i>	22
☞ <i>Capteurs de position et déplacement</i>	24
☞ <i>Capteurs vitesse, Process, courant</i>	24
☞ <i>Les Capteurs "Intelligents", "TEDS"</i>	26
5) <i>Le Filtre et les Liaisons.</i>	26
6) <i>Déphasage-retard temporel.</i>	29
7) <i>Blindage de structure et mise à la terre.</i>	30
8) <i>Les imperfections de la mesure.</i>	31
A) <i>Non-linéarité.</i>	31
B) <i>Bruit.</i>	31
C) <i>RRMC (CMRR).</i>	32
D) <i>Erreurs de gain et offsets.</i>	32
E) <i>Limitation de bande.</i>	32
F) <i>Dérives (Drift).</i>	32
9) <i>Analyses caractéristiques constructeur.</i>	33
A) <i>Les différentes expressions d'incertitude (% , ppm, LSB et dB).</i>	33
B) <i>Analyses caractéristiques constructeur et interprétation des résultats.</i>	33

V APPLICATIONS PRATIQUES.

- 1) *Estimation de grandeurs physiques.*
- 2) *Mesures des OEM environnantes.*
- 3) *Le repliement avec et sans FAR.*
- 4) *Numérisation d'un signal avec 1, 2 et 5 bit.*

Partie Numérique

CONTENU DU COURS	Page
II LA CHAINE DE MESURE	34
1) <i>Synoptiques.</i>	34
2) <i>Les technologies utilisées.</i>	35
III LA NUMERISATION	36
1) <i>Bande passante du signal.</i>	36
2) <i>Bande Passante de la chaîne de mesure.</i>	36
3) <i>Filtres Antirepliement.</i>	36
4) <i>L'échantillonnage.</i>	40
A) <i>La résolution d'amplitude (verticale).</i>	40
B) <i>La résolution temporelle (horizontale).</i>	42
5) <i>Capture du phénomène.</i>	43
A) <i>Mise à l'échelle physique des paramètres</i>	43
B) <i>Déclenchements (trigger).</i>	43
C) <i>Durée du phénomène.</i>	43
D) <i>Phénomènes répétitifs.</i>	44
E) <i>Horodatation.</i>	44
IV L'ANALYSE DU SIGNAL	45
1) <i>Le contrôle de la réalité physique du signal numérisé.</i>	45
2) <i>Le calcul d'incertitude de la chaîne de mesure en 4 étapes :</i>	45
2-1) <i>La méthode des 5 M.</i>	45
2-2) <i>Quantifier les incertitudes.</i>	46
A) <i>Incertitude de Type A.</i>	46
B) <i>Incertitude de Type B.</i>	46
2-3) <i>Incertitudes composées.</i>	48
2-4) <i>Incertitude élargie du facteur k.</i>	48
3) <i>Le dépouillement du signal, traitements de base.</i>	49
4) <i>Les traitements évolués.</i>	50
5) <i>Les Normes basées sur l'ISO 9000.</i>	55
6) <i>Le Rapport de Mesures.</i>	58
7) <i>Conclusions.</i>	62

VI APPENDICE.

- 1) *Définitions d'unités.* 63 |
- 2) *Préfixes multiplicateurs.* 64 |
- 3) *Personnages célèbres.* 65 |

Les concepts exposés sont illustrés par des exemples concrets issus de l'industrie et leur assimilation facilitée par des applications pratiques et petits tests/jeux qui permettent de les démystifier et d'en vulgariser l'utilisation.

Le nombre restreint de participant limité à 6 par stage permet une ambiance conviviale qui favorise l'expression de chacun afin de mettre en commun les expériences et compétences de tous et de pouvoir exprimer toutes les interrogations et incompréhensions sans retenue.



Extraits du support de stage

En fonction des besoins, on utilise différents types de filtre tels que :

- Bessel.
- Butterworth.
- Chebyshev.

Exemple : pour un filtre du 6ème ordre.

* **Pente de coupure** pour un passe-bas de fréquence 1 KHz (à -3 dB) :

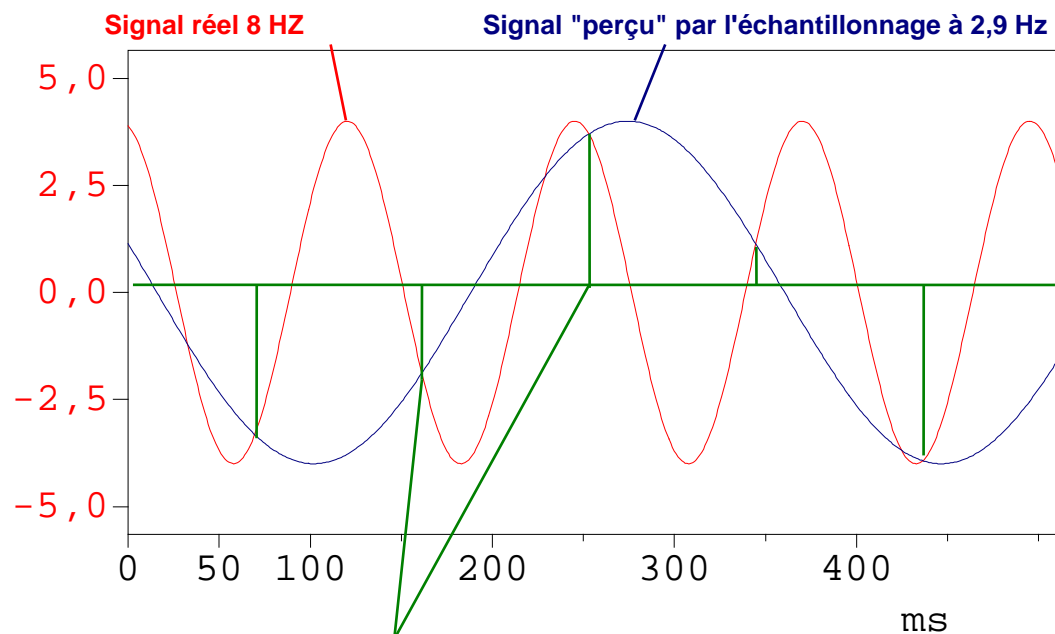
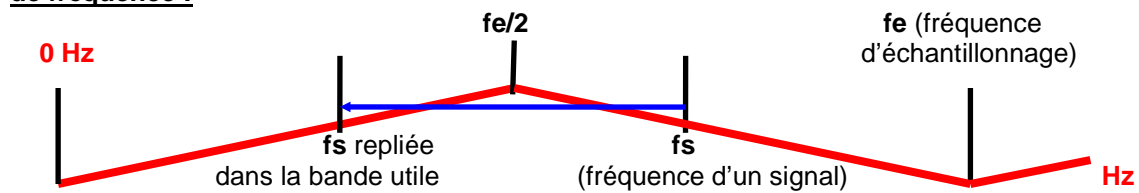
- **Bessel** : à -80 dB, coupure à **8 KHz**.
- **Butterworth** : à -80 dB, coupure à **4 KHz**.
- **Chebyshev** : à -80 dB, coupure à **3 KHz**.

* **Temps de réponse** (figure 39) :

- **Bessel** ≈ 1 ms.
- **Butterworth** $\approx 2,5$ ms.
- **Chebyshev** $>$ à 5 ms.

Attention : Lors de l'utilisation d'un filtre analogique, le signal perd définitivement les fréquences filtrées. Le dépouillement et les traitements ultérieurs doivent bien considérer que l'enregistrement est tronqué de sa partie filtrée.

Repliement de fréquence :



Tops d'horloge d'échantillonnage
fréquence à 10,9 Hz.

Extraits du support de stage



Les exigences du signal.

① La famille du capteur est déterminée par l'unité physique du phénomène (listés en I-2 page précédente).

② Dans cette famille, le type de capteur adapté à l'essai (listés en I-4-D en pages suivantes) en fonction de :

- l'encombrement (taille, poids).
- le temps de réaction.
- la sensibilité à l'environnement climatique.
- la stabilité nécessaire dans le temps.

③ Puis le capteur en fonction du domaine de mesure :

- la bande passante du capteur (supérieure à celle du signal).
- la précision que nécessite la mesure.
- La valeur maximale possible de la mesure.
- la valeur minimale possible de la mesure (en rapport avec la précision souhaitée).

Les exigences du Capteur.

- * Sa position au plus près de la source à mesurer.
- * Sa liaison (fixation) avec la source à mesurer.
- * Ne pas (ou le moins possible) perturber par sa présence la source à mesurer.

Suivant les unités physiques, par exemple :

- par son poids : pour des forces, couples, pressions, accélérations, vitesses, déplacements.

- par son impédance : pour des tensions, courants, puissances.

- * La validité du dernier étalonnage (PV de vérification).
- * Les liaisons avec le prochain élément de la chaîne de mesure.
- * Son conditionnement éventuel.

La jauge et son principe :

Un fil fin que l'on soumet à une traction s'allonge sous l'effet de la charge et sa section diminue causant une augmentation de la résistance du fil. On traduit ainsi une variation de déformation en une variation de résistance électrique. La sensibilité d'une jauge est spécifiée en terme de facteur de jauge (K); le rapport entre la proportion de changement de résistance et la proportion de changement de longueur : $dR/R =$ variation unitaire de la résistance

$dL/L =$ variation unitaire de la longueur

$\epsilon =$ déformation unitaire (strain) nommée déformation (déf.).

$$K = \frac{dR / R}{dL / L} = \frac{dR / R}{\epsilon}$$

La constante K dépend des matériaux :

$K \approx 2$ pour le constantan (Cu-Ni), le Nickel-Chrome, $K \approx 3.5$ pour l'élinvar (Fer-Chrome-Molybdène) et $K \approx 0.5$ pour le manganin (Cu-Ni-Mn).

Plus le facteur de jauge est grand, plus la jauge est sensible.

Les unités de la déformation ϵ (en fait, il n'y a pas d'unité) sont exprimées en %, en po/po, en m/m, en mm/m ou en $\mu\text{m}/\text{m}$ (1 millionième de mètre par mètre de longueur) soit microdéformations ($\mu\text{déf}$ ou μstrain).