

Les Cahiers

de l'instrumentation

Le journal d'information pour l'enseignement de Chauvin Arnoux et Metrix

LA RÉVOLUTION DES OBJETS CONNECTÉS

- Les objets connectés et la technologie IoT
- Maintenance et décodage des BUS de terrain
- TP « de la mesure de paramètres au diagnostic mécanique »
- Rappel des 3 normes électriques
- TP « enjeux de la normalisation, application en efficacité énergétique et en mesure »
- Certification mesure : un succès grandissant !



SAMUEL VIOLLIN

Inspecteur général de l'éducation nationale de Sciences et Techniques Industrielles

“ LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE DES OBJETS CONNECTÉS ”

Après la révolution industrielle qui offre aux Hommes la force des machines, la révolution numérique est celle de l'intelligence artificielle et de l'interconnexion des personnes entre elles et avec leur environnement. Les objets connectés sans fil aux réseaux d'information sont au cœur de la captation et de la communication de données numériques. Leur mise en œuvre et le traitement de ces données devenues informations bouleversent les modes de vie, modifie la manière de produire les biens et les services dans les entreprises du futur, modifie les usages et à terme l'Homme lui-même, communicant et augmenté.

Le 20^e siècle était le règne des objets matériels que chacun souhaitait posséder, le 21^e siècle est celui de la maîtrise de l'information et donc de son environnement. Il devient plus important d'accéder rapidement à un service que de posséder un objet, dont l'usage est intermittent, coûteux et naturellement obsolète. Il est à présent essentiel de contrôler ses données personnelles pour maîtriser son image numérique et ses usages dans les espaces privés et professionnels.

Tous les secteurs d'activités sont concernés, notamment ceux des arts, de l'industrie, de la santé et de l'éducation.

Les enjeux à relever sont considérables, à commencer par celui de l'éducation des futurs citoyens, de la formation des futurs techniciens et ingénieurs en charge de porter ce développement. Tous les professeurs, quelle que soit leur discipline sont concernés par l'usage des nouveaux outils communicants, mis en œuvre avec des méthodes pédagogiques et didactiques « connectées ».

De façon immédiate pour le champ des sciences de l'ingénieur et des sciences et techniques industrielles de la voie technologique et professionnelle se pose la question de l'évolution des contenus d'enseignement et des matériels didactiques. Dans cette nouvelle édition des « Cahiers de l'Instrumentation » plusieurs articles développent ces questionnements qui évoquent les thématiques liées à l'internet des objets et la révolution des objets connectés, ainsi que les aspects scientifiques et technologiques pour comprendre le fonctionnement des objets connectés sur des réseaux sans fil longue portée.

La formation continue des professeurs, l'activité de veille scientifique et technologique sont plus que jamais nécessaires aux enseignants du champ des sciences industrielles de l'ingénieur, des sciences et techniques industrielles au lycée technologique comme au lycée professionnel.

L'ambition de cette nouvelle édition des « Cahiers de l'Instrumentation » est d'y contribuer.

« Apprenons à voir, et réalisons que toute chose est connectée à toutes les autres » – Léonard de Vinci



LES CAHIERS DE L'INSTRUMENTATION

Directeur de la publication :
Marlyne Epaulard

Comité de rédaction :
**Pascal Bonnouvrier, Marlyne Epaulard,
Marie Courrière, Claude Royer,
Laurent Grignon**

Secrétaire de rédaction :
Laurent Grignon

Revue d'informations techniques
Le Club du Mesurage
190, rue Championnet
75876 Paris Cedex 18 - France
Tél. : +33 1 44 85 44 20
Fax : +33 1 46 27 07 48
E-mail : info@leclubdumesurage.com
Web : www.leclubdumesurage.com

Conception graphique, réalisation :
AD.Com
5 rue de Conflans
94220 - Charenton-le-Pont
Tél. : +33 (0)1 43 68 03 43

LE CLUB 4

Présentation du Club 4

LES OBJETS CONNECTÉS 5

L'internet des objets
et la révolution des objets connectés 5 - 8

Les objets connectés et la technologie IoT
(Internet of Things) 9 - 13

AUTOMOBILE 14

Maintenance et décodage
des BUS de terrain 14 - 16

TP « de la mesure de paramètres
au diagnostic mécanique » 17 - 24

NORMES 25

Rappel des 3 normes électriques 25 - 26

TP « enjeux de la normalisation, application
en efficacité énergétique et en mesure » 27 - 34

CERTIFICATION MESURE 35

Un succès grandissant ! 35

GARDONS LE SOURIRE 36



LES MEMBRES DU BUREAU DU CLUB DU MESURAGE



1



2



3



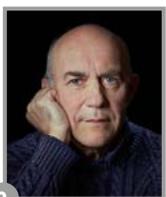
4



5



1



2



3



4



5



6



7



8



9



11



12



13



14

ÉQUIPE CHAUVIN ARNOUX

1 - PASCAL BONNOUVRIER

Directeur Commercial France - Chauvin Arnoux
pascal.bonnouvrier@chauvin-arnoux.com

2 - JEAN-LOUIS GAUCHET

Président d'honneur du "Club du Mesurage" -
Ancien Directeur - Chauvin Arnoux Test & Mesure

3 - MARLYNE ÉPAULARD

Directeur Communication du groupe - Chauvin Arnoux
marlyne.epaulard@chauvin-arnoux.com

4 - MARIE COURRIÈRE

Responsable marché Education Nationale -
Chauvin Arnoux
marie.courriere@chauvin-arnoux.com

5 - LAURENT GRIGNON

Responsable Communication - Chauvin Arnoux
laurent.grignon@chauvin-arnoux.com

Les cahiers de l'instrumentation, renseignement pratique.

Si vous désirez recevoir les prochains numéros, renvoyez rapidement le bulletin d'abonnement gratuit encarté au centre de la publication. Prenez contact avec nous si vous désirez réagir par rapport aux articles publiés, proposer des sujets ou même des articles. Bonne lecture à tous.

www.leclubdumesurage.com

PARTENAIRES DE L'ENSEIGNEMENT

1 - PHILIPPE ALBERT

Inspecteur de l'Éducation Nationale - Enseignement Technique - Sciences et Techniques Industrielles - Académie de Nancy-Metz

2 - CLAUDE BERGMANN

Président d'honneur du "Club du Mesurage" - Inspecteur Général de l'Éducation Nationale - Sciences et Techniques Industrielles

3 - CHRISTIAN CAGNARD

Inspecteur Pédagogique Régional honoraire - Consultant Expert Éducation

4 - JEAN-PAUL CHASSAING

Président d'honneur du "Club du Mesurage" - Inspecteur Général honoraire - Sciences et Techniques Industrielles

5 - JEAN-PIERRE COLLIGNON

Inspecteur Général de l'Éducation Nationale - Sciences et Techniques Industrielles

6 - ÉRIK ETIEN

Professeur IUT POITIERS, DUT Génie Électrique et Informatique Industriel
et Licence Professionnel Gestion de l'Énergie Électrique - Eco Efficacité Énergétique

7 - RÉDA FARAH

Inspecteur de l'Éducation Nationale - Enseignement Technique - Sciences et Techniques Industrielles - Académie de Paris

8 - PATRICK LEFORT

Inspecteur Pédagogique Régional honoraire - Sciences et Techniques Industrielles

9 - GEORGES MICHAILESCO

Ancien Directeur de l'IUT de Cachen

10 - CHRISTOPHE MULLER

Inspecteur de l'Éducation Nationale - Enseignement Technique - Sciences et Techniques Industrielles - Académie de Versailles

11 - CLAUDE POJOLAT

(Inspecteur de l'Éducation Nationale - Sciences et Techniques Industrielles - Académie de Nancy-Metz)

12 - LUC PRINCE

Inspecteur de l'Éducation Nationale - Enseignement Technique - Sciences et Techniques Industrielles - Académie de Versailles

13 - CLAUDE ROYER

Inspecteur de l'Éducation Nationale honoraire - Enseignement Technique - Sciences et Techniques Industrielles

14 - SAMUEL VIOLLIN

Inspecteur Général de l'Éducation Nationale - Sciences et Techniques Industrielles



Une nouvelle génération d'objets nomades est capable de communiquer à distance par des technologies sans fil pour se connecter sur des réseaux d'informations numériques. Ils sont alors nommés « objets connectés » et les réseaux baptisés IOT (Internet Of Things). Leur utilisation se développe très rapidement et leur nombre devrait atteindre 50 milliards d'objets connectés en 2020².

Ils s'implantent dans tous les secteurs de l'activité humaine, collectent et remontent des données stockées par des centres de numérique appelé Big data, structurées dans des data-lake permettant de stocker de très grandes quantités de données brutes au format natif et pour une durée indéterminée.

Ce volume de données croît considérablement. Selon une étude IDC (International Dockworkers Council) parue en avril 2014, le volume mondial actuel des données numériques devrait être multiplié par 10 entre 2013 (4,4 Zettaoctets) et 2020 (44 Zettaoctets). Un Zettaoctets représente 1000 milliards de gigaoctets. À titre de comparaison, la quantité de données brutes stockée est aujourd'hui 57 fois plus élevée que le nombre de grains de sable sur terre³ !



Tous les secteurs d'activités sont concernés. De façon non exhaustive on peut citer le domaine de la production et de gestion des flux d'énergie, la mobilité connectée avec les véhicules autonomes, les usines du futur et l'amélioration de la performance des processus de fabrication industrielle (machines connectées, nouvelles générations de robots...), l'habitat et les bâtiments intelligents, la logistique qui exploitera des outils de géolocalisation toujours plus performants, le secteur de la médecine qui utilisera les données physiologiques des personnes connectées à des applications de surveillance de la santé, la culture et l'accès aux œuvres dématérialisées, etc.

L'environnement et plus précisément celui des villes devenues « intelligentes », est profondément bouleversé par l'explosion du nombre d'objets communicants reliés par un réseau IOT. De très nombreuses informations liées aux activités de la ville, à leurs occupants, aux réseaux de transport et d'énergie, aux réseaux de communication, sont générées par des capteurs intelligents.

Cette révolution numérique soulève de nombreuses questions. D'abord celle de « l'infobésité », néologisme qui renseigne sur l'excès d'informations reçues par une personne ou une entreprise et qu'elle ne peut traiter. Le volume de données générées est tel qu'une énorme proportion d'entre elles ne pourra être traitée. Seulement 0,5 % des données disponibles dans le monde sont analysées. Se pose alors la question du stockage massif de données qui génère un coût énergétique très élevé. Les data centers se multiplient dans le monde pour offrir des solutions de stockage et de gestion nécessitant des milliers de serveurs.

2 – Source Cisco

3 – http://www.tice-education.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=700:57-fois-plus-de-donnees-numeriques-que-de-grains-de-sable-dans-le-monde&catid=52:internetweb2&Itemid=251



En réponse à ces besoins de qualification, c'est l'usage didactique des supports d'enseignements qui devra évoluer en introduisant progressivement dans les laboratoires des systèmes qui mobilisent des objets connectés, pour les exploiter en situation de formation.

Mais il ne faudrait pas penser que seuls les enseignants des filières du génie électrique seraient concernés par cette révolution numérique. Elle concerne de façon transversale tous les enseignants de tous les niveaux, quelque soit leur discipline. En effet, elle interroge les méthodes pédagogiques, en mettant à disposition de nouveaux outils et ressources, accessibles à tous de n'importe quel endroit en toutes circonstances. Ils modifient les modalités d'apprentissages, le rapport au temps et à l'espace scolaire. Cette révolution bouleverse les relations entre le maître et les élèves. Pour la première fois, la devise du théâtre antique, unité d'action, de temps et de lieu qui était le modèle dominant de la pédagogie dans nos salles de classe, vole en éclats. De nombreuses questions se posent qui touchent au périmètre de la classe, à l'identité numérique de chacun, à la frontière entre l'espace personnel des professeurs et des élèves et l'espace scolaire. Beaucoup de réponses restent à construire, sans rejet ni fascination excessive, mais en faisant en sorte que l'école vive avec les outils de son temps et parle aux élèves d'un monde qui est le leur, pour qu'ils construisent sereinement celui de demain.



LES OBJETS CONNECTÉS ET LA TECHNOLOGIE IOT (INTERNET OF THINGS)

Claude Bergmann

*Président d'honneur du "Club du Mesurage"
Inspecteur Général de l'Éducation Nationale
Sciences et Techniques Industrielles*

Comment connecter des milliards de capteurs qui nous informent sur le paysage énergétique et environnemental, comment déployer les technologies « smart grids » sans remplacer ou renforcer massivement les réseaux classiques ?

La solution n'est pas unique mais nous trouvons une réponse dans les réseaux LPWAN (Low Power Wide Area Network). Ces réseaux sont des réseaux sans fil, basse consommation qui présentent des caractéristiques particulières concernant leurs bas débits et leur longue portée. L'autonomie énergétique des capteurs est recherchée, il est donc possible avec une simple batterie, d'émettre quelques messages par jour, typiquement 200 octets, pendant 10 ans. Parmi les technologies sans fil nous constatons que l'autonomie des objets est directement liée au débit d'information, donc la technologie LPWAN s'adresse à des applications où il s'agit de déployer des milliers de capteurs fonctionnant sur piles et communiquant de faibles quantités de données avec un faible débit vers des « clouds ». Actuellement il existe sur le marché le développement industriel de plusieurs technologies qui répondent à ces critères : LoRa, Sigfox et Qowiso. Le système LoRa a été créé par Cycleo, startup française, basée à Grenoble depuis 2009 et acquise en 2012 par une société Californienne Semtech. Cette technologie est supportée et développée par Bouygues, Orange, Proximuss, KPN, Swiss Comm qui prévoient le déploiement de 7000 antennes sur l'hexagone. Sigfox est un opérateur télécom français (Startup Toulousaine créée par deux ingénieurs Ludovic Le Moan et Christophe Fourtet), actuellement disponible pour 92% de la population française avec 1500 antennes. Qowiso est une startup située à Angers.

Ces technologies IOT utilisent des bandes de fréquences libres de droit disponibles dans le monde entier (bande industrielle, scientifique et médicale). En Europe il s'agit de la bande étroite de fréquence de 868 Mhz. Le réseau LoRa concentre ses efforts sur la géolocalisation des objets et la communication des objets situés en sous-sol « deep indoor » (les compteurs de relève d'énergie par exemple).

Sur le réseau LoRa, les économies en énergie des capteurs sont liées à leur mode de fonctionnement, trois modes sont possibles :

1^{er} Cas : un objet est paramétré pour envoyer des informations vers une antenne puis recevoir des informations immédiatement après l'envoi. Si le serveur doit envoyer des données à l'objet, cet envoi doit attendre le cycle de communication suivant.

2^{ème} Cas : l'objet est paramétré pour recevoir des données à intervalle de temps régulier.

3^{ème} Cas : le récepteur de l'objet est paramétré pour recevoir en permanence des données. Ce mode est bien entendu le plus consommateur d'énergie.

Le principe du codage numérique des IOT s'appuie sur l'étalement du spectre d'émission dans une bande de fréquence allouée. L'étalement du spectre peut se faire directement avec la modulation (DSSS, WiFi par exemple) ou bien par glissement de fréquence (FHSS, Bluetooth par exemple). Les fonctions d'étalement du spectre peuvent être orthogonales ce qui permet de transmettre plusieurs signaux simultanément sur le même canal de transmission.

Pour comprendre le principe et les avantages de la modulation par étalement du spectre, il est important de rappeler la relation de Shannon-Hartley qui précise la capacité théorique d'un canal de transmission :

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

C : capacité du canal (bits/s)

W : bande passante (Hz)

$\frac{S}{N}$: rapport des puissances du signal / bruit





En présence de bruit sur le canal, la transmission n'est pas parfaite et il convient de déterminer le débit au delà duquel l'information risque d'être entachée d'erreur. Par exemple, dans le cas d'une liaison téléphonique, la bande passante est $W=3700$ Hz et pour un rapport $\frac{S}{N}=30$ dBm, la capacité théorique du canal $C \leq 3,6 \cdot 10^4$ bits/s.

Dans cet article, les deux méthodes pour élargir le spectre du signal modulé, l'élargissement direct appelé DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) et l'élargissement par saut de fréquence FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) sont présentées et modélisées.

A – ELARGISSEMENT DIRECT DU SPECTRE DU SIGNAL MODULÉ (DSSS)

Pour les modes de modulation à bas débit, l'élargissement direct du spectre fréquentiel se fait pour chaque bit à transmettre par un codage à l'aide d'un polynôme (Barker par exemple) que l'on nomme « Chips » (Chipping sequence). Pour un bit = 1 le Chips de Barker d'une longueur de 11 est B_{11} :

$$B_{11} = [-1, -1, -1, +1, +1, +1, -1, +1, +1, -1, +1]$$

Pour un bit = 0 (ou -1 dans le cas de données bipolaires), le chips de Barker est :

$$B_{11} = [+1, +1, +1, -1, -1, -1, +1, -1, -1, +1, -1]$$

Cette technologie était mise en œuvre dans les premières liaisons WiFi lorsque les débits de transmission étaient limités à 1 Mbits/s. Sur la figure 1, cette modulation est illustrée par un polynôme de Barker B_{13} de longueur 13 (en rouge) qui module une donnée initiale (en bleu).

Sur la figure 2, les spectres fréquentiels du signal initial (bleu) et codé par un polynôme de Barker (rouge) B_{13} sont comparés.

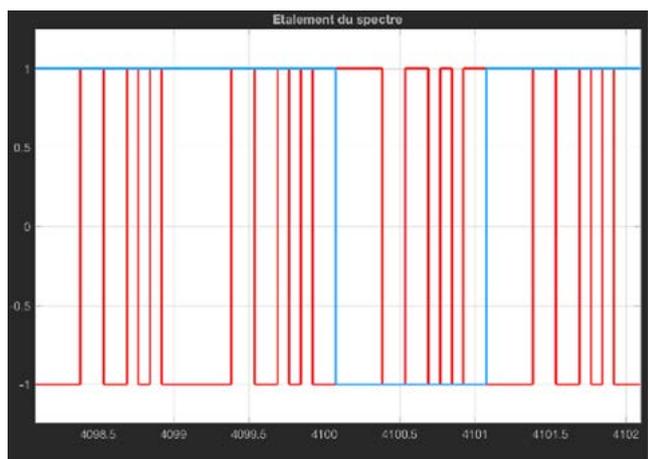


Figure 1 – représentation d'un polynôme de Barker de longueur 13

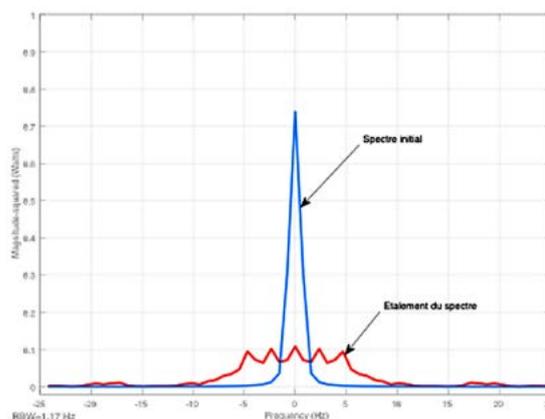


Figure 2 – Comparaison des spectres de fréquence

On constate que cette modulation élargit le spectre de fréquence initial, donc utilise au mieux le canal de transmission alloué. L'orthogonalité des modulations permet en outre de transmettre plusieurs signaux sur le même canal.

La chaîne complète de la modulation et de la démodulation DSSS par élargissement du spectre de fréquence est modélisée à la figure 3 et simulée à l'aide du logiciel Matlab/Simulink.

Modulateur BPSK

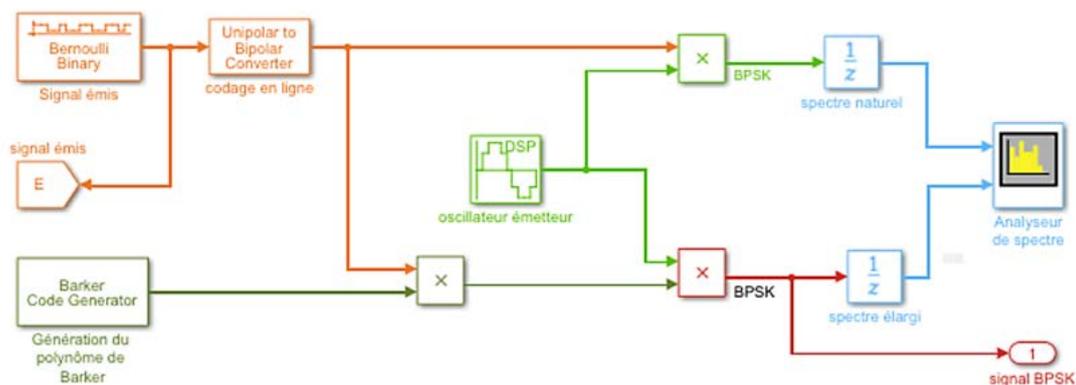


Figure 3 – Simulation d'une modulation à spectre élargi

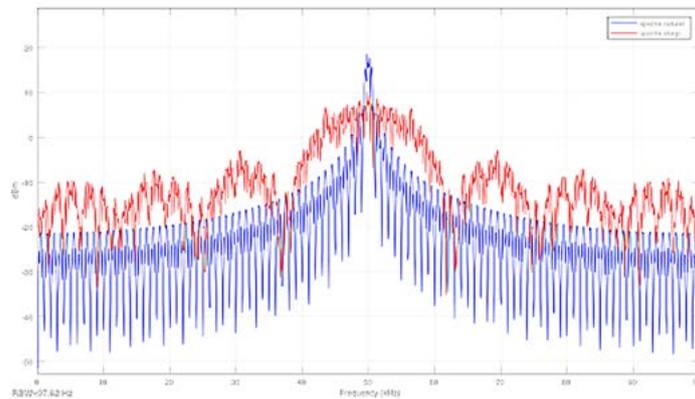


Figure 4 – résultats de la simulation d'une modulation BPSK par un spectre élargi

La démodulation du signal BPSK est réalisée à partir du produit du signal reçu par le signal d'un oscillateur asservi sur la fréquence d'émission (F_p). Ce produit assure une translation du spectre élargi autour de $f = 0$ et autour d'une fréquence $f = 2.F_p$ (double de la fréquence d'émission). Pour retrouver le signal initial, les Chips sont échantillonnés avec une période beaucoup plus faible que la période initiale (un facteur de 500), chaque échantillon est sommé et le résultat est réinitialisé à zéro pour chaque Chips. Le signe du signal obtenu permet de retrouver les données initiales.

Le signal obtenu est comparé au signal initial afin de déterminer le taux d'erreur de transmission en fonction du rapport signal/bruit S/N paramétré dans le canal de transmission. Pour un rapport $S/N = 20$ dbm, nous trouvons (sur la figure 5) un taux d'erreur de 4/1000.

Sur la figure 6, nous pouvons visualiser les résultats du traitement des signaux, quatre analyses temporelles sont présentées:

S1 représente le signal initial,

S2 les chips échantillonnés et intégrés,

S3 le signal échantillonné et bloqué avec une période égale à la période du signal initial,

S4 le signal démodulé après un seuillage à zéro (détection du signe du signal démodulé)

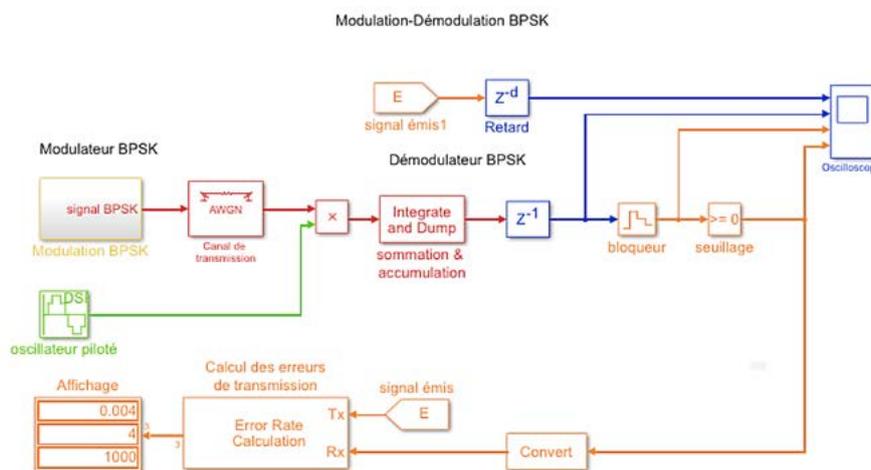


Figure 5 – Résultat de la simulation de la démodulation BPSK d'un signal à spectre élargi

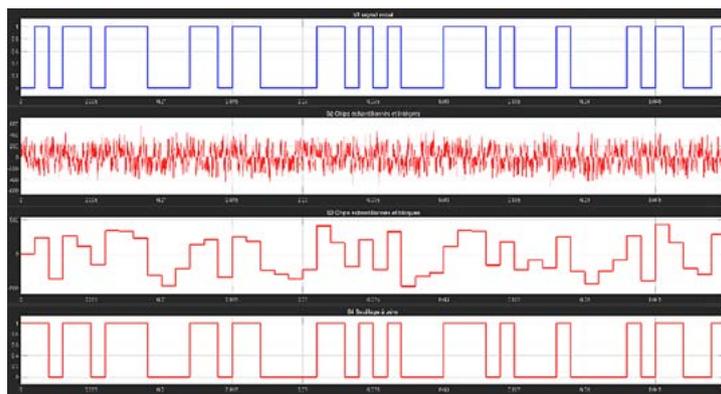


Figure 6 – Résultats de la démodulation d'un signal à spectre élargi





$$R(\tau) = \sum_{\tau=-N}^{\tau=N} B_n(nT) \cdot B_n(nT + \tau) \quad \text{equ (1)}$$

Dans le cas de deux polynômes P_n et P_m la fonction de cross-corrélation est donnée par (equ 2).

$$C(\tau) = \sum_{\tau=-N}^{\tau=N} P_n(nT) \cdot P_m(nT + \tau) \quad \text{equ (2)}$$

Lorsque $C(\tau) = 0$, quelque soit la valeur de τ , les polynômes P_n et P_m sont appelés orthogonaux. Dans ces conditions, il n'existe aucune interférence entre les différentes émissions simultanées après la démodulation et chaque communication garde son caractère privatif. Dans la réalité, l'orthogonalité n'est pas parfaite ce qui introduit une certaine dégradation qui se traduit par une augmentation du rapport signal/bruit S/N et limite le nombre de communications simultanées.

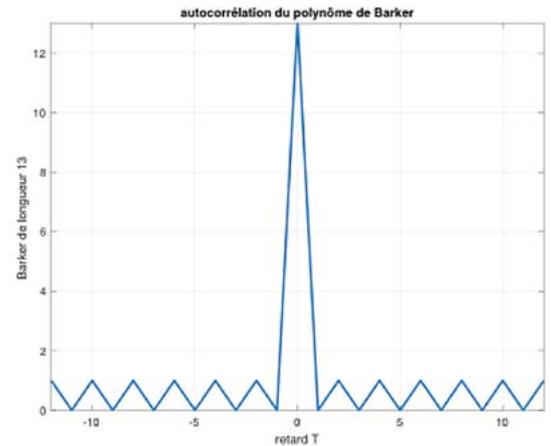


Figure 7 – Autocorrélation d'un Chip de Barker de longueur 13

B – ELARGISSEMENT DU SPECTRE DU SIGNAL MODULÉ PAR SAUT DE FRÉQUENCE (FHSS)

L'élargissement du spectre du signal modulé, initialement a été inventé pour coder les émissions dans un but militaire en particulier, pour empêcher l'écoute des transmissions radio. L'écoute était impossible car la période des sauts de fréquence était très rapide et empêchait la recherche à chaque saut de la nouvelle fréquence. On pouvait même envisager une période des sauts de fréquence inférieure à la période de transmission des données initiales. Pour les mêmes raisons, cette technique évite également le brouillage du signal émis par d'autres utilisateurs, bien entendu le signal à transmettre est également codé. Cette technologie est actuellement utilisée par la technologie Bluetooth pour laquelle les sauts de fréquence se font sur 80 canaux autour de la fréquence 2,4 Ghz. Cette technologie permet également d'utiliser pour la même bande de fréquence (2,4 Ghz) des signaux codés FHSS et des signaux codés DSSS sans perturbation, seul le rapport $\frac{S}{N}$ est affecté par la présence des deux signaux.

La modélisation de la technologie FHSS est présentée à la figure 8 où nous pouvons simuler la modulation BPSK initiale, la modulation FHSS ainsi que la démodulation et la comparaison avec le signal initial. Dans le cas de la modulation FHSS, le spectre élargi est contrôlé directement par le choix des fréquences du générateur de porteuses. Pour effectuer une démodulation sans erreur, il est nécessaire, comme dans le cas de la modulation DSSS, d'assurer une synchronisation parfaite entre les porteuses générées à l'émission et celles générées à la réception.

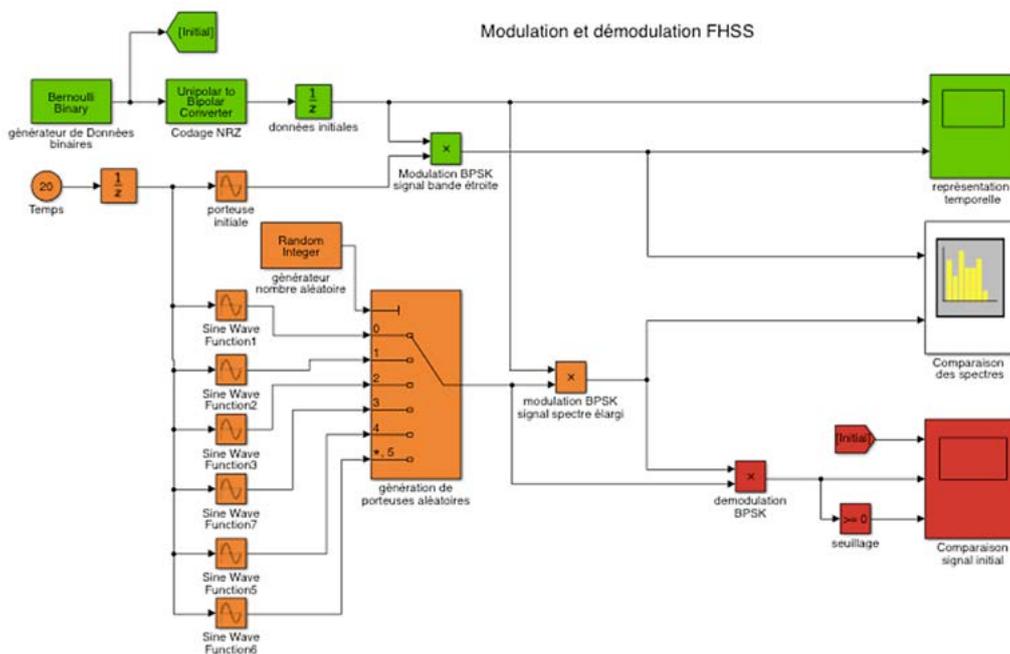


Figure 8 – Simulation de la modulation à spectre élargi en FHSS



La modulation de phase BPSK classique est représentée sur la figure 9, le déphasage de la porteuse est nul pour une donnée initiale égale à 1 et π pour une donnée initiale égale à -1 (codage NRZ).

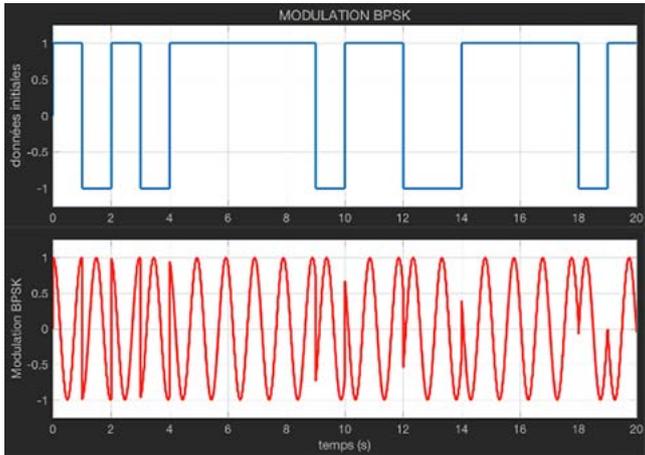


Figure 9 – modulation de phase BPSK

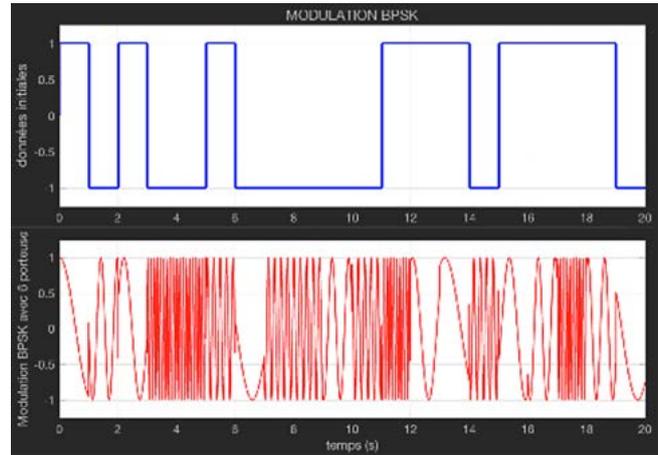


Figure 10 – Modulation BPSK à spectre élargi (FHSS)

La figure 10 montre le cas d'une modulation BPSK à spectre élargi avec un générateur composé de six fréquences. Une porteuse avec un déphasage nul parmi les six possibles est utilisée aléatoirement pour une donnée initiale égale à 1. Pour une donnée initiale égale à -1 (codage NRZ), une porteuse est choisie aléatoirement, avec un déphasage de π .

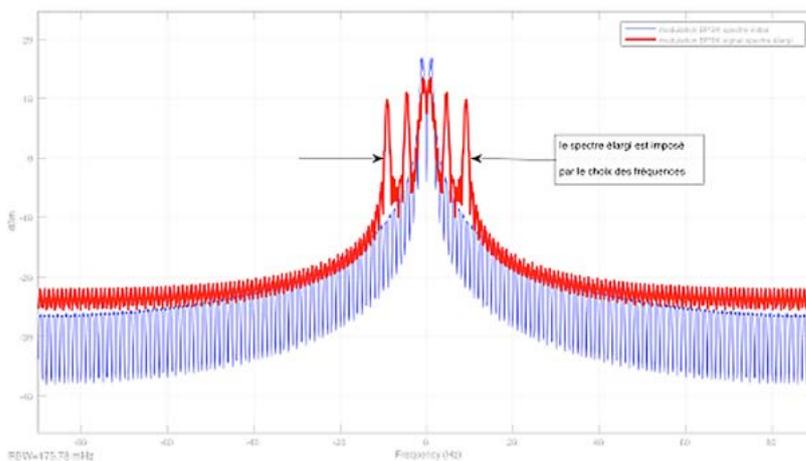


Figure 11 – La modulation BPSK à spectre élargi (FHSS)

Pour réaliser la démodulation du signal FHSS, il est nécessaire que le récepteur puisse être synchronisé par le générateur de porteuse à l'émission. Dans ces conditions, le produit du signal modulé FHSS par la porteuse identique à celle de l'émission donne un signal qui sera positif pour un déphasage nul et négatif pour un déphasage de π . Il suffit de tester le signe du signal démodulé pour retrouver les données initiales. La figure 12 montre le signal démodulé.

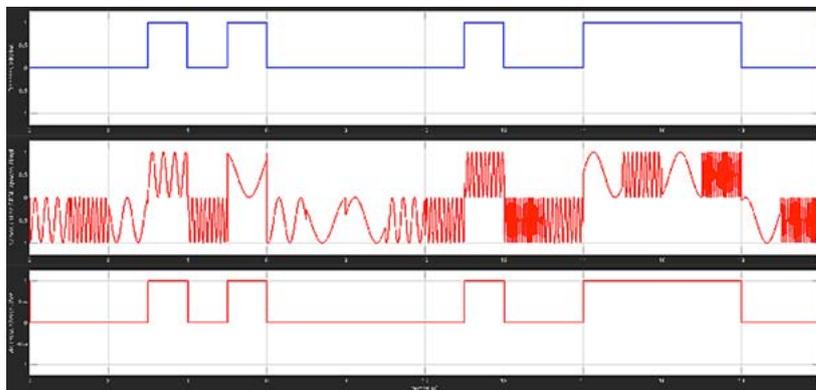


Figure 12 – Démodulation du signal FHSS

Dans le cas de la modulation FHSS, il n'est pas nécessaire de choisir aléatoirement les fréquences du générateur si la transmission ne présente pas d'impératif en terme de sécurité des données communiquées. Par contre la cas de transmissions de plusieurs données, sans interférence, sur un même canal en modulation FHSS demande un nombre important de porteuses, c'est pourquoi la technologie Bluetooth utilise 80 porteuses.





Marketing Chauvin Arnoux

MAINTENANCE ET DÉCODAGE DES BUS DE TERRAIN

Aujourd'hui, la majorité des appareils électriques que nous utilisons possède de l'électronique interne. Ces circuits ont souvent besoin de communiquer à travers des bus de données, soit avec des systèmes annexes, tels que des capteurs déportés, soit avec des dispositifs de contrôle. Cela est d'autant plus valable dans le secteur de l'industrie, où un seul automate gère une multitude de capteurs et d'actionneurs à distance.



La communication avec ces bus s'effectuait auparavant via un signal analogique grâce au réseau « 4-20 mA ». Ce mode de communication présentait beaucoup d'inconvénients : matériel nécessaire important, câblage complexe, augmentant ainsi la durée d'installation. Des normes de communication numériques ont alors été créées et sont désormais utilisées afin de palier ces problèmes.

«Bus de terrain» est donc un terme général, qui correspond à une méthode de communication entre différents systèmes. Il existe une multitude de normes : celles propres aux constructeurs, celles standardisées selon le matériel. Voici quelques exemples de bus de terrain utilisés par secteur d'activité :

CANopen®

FlexRay™

KNX

lin
LOCAL INTERCONNECT NETWORK

PROFI®
BUS

L'EXEMPLE DU SECTEUR AUTOMOBILE

Les nouveaux moyens de communication intra-systèmes ont permis une évolution dans les systèmes. Le cas le plus évident est celui de l'automobile. Dans ce secteur, avec l'évolution des systèmes de sécurité et d'analyse, tels que les airbags, les systèmes d'aide au freinage (ABS), l'anti-patinage (ESP), le nombre de capteurs et d'actionneurs n'a cessé d'augmenter. Chacun de ces systèmes, via des bus, peut être relié directement au calculateur de la voiture. La quantité de câble serait alors trop importante.

Des bus de terrain parcourent le véhicule et sont reliés à chaque capteur et actionneur. Ce sont les seuls moyens de communication entre les freins, les airbags et le compteur de vitesse.

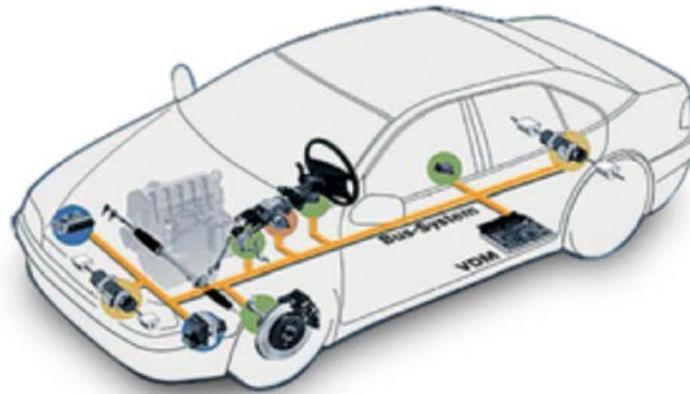


Automobile

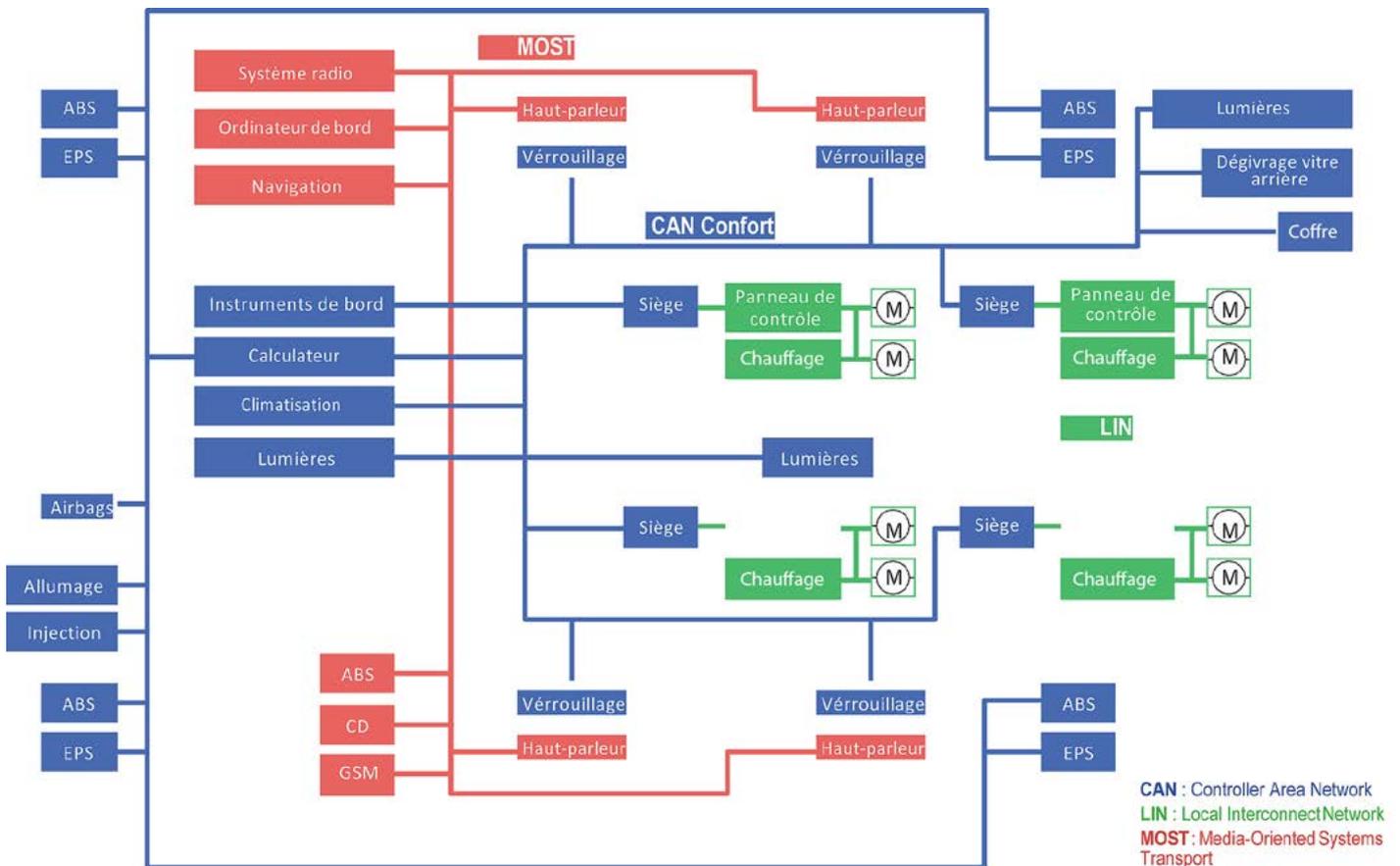
Nombreux avantages :

- câblage réduit;
- diminution des coûts de production due à l'économie de matériel;
- maintenance plus aisée, car il n'y a qu'une seule voie de communication.

De plus, les performances sont accrues, car les données sont disponibles en tout point du bus, et un accès direct entre deux systèmes est possible.



Le schéma ci-dessous montre une configuration possible de l'agencement des bus de terrain dans une voiture. Le bus CAN est séparé en deux groupes, l'un dédié au moteur et à la gestion des équipements de sécurité, l'autre aux équipements dit « de confort ». Le bus LIN est présent en tant que « sous-ensemble » du CAN. Le bus MOST gère, quant à lui, les systèmes audio et vidéo de la voiture.





LA MAINTENANCE DES RÉSEAUX DE TERRAIN

La standardisation matérielle et logicielle apporte quelques inconvénients. L'accès aux données ne se faisant que par le bus, les capteurs et actionneurs doivent devenir «intelligents» pour transmettre les informations sur le bus. De plus, la gestion des erreurs peut aussi se faire par le bus et non plus matériellement. De ce fait, la maintenance est différente pour un bus de terrain. Après l'analyse physique du bus, l'automaticien analyse les informations circulant sur le réseau. Il effectue un décodage selon les normes du réseau, pour déterminer si le programme est opérationnel et si la communication est correcte entre tous les éléments.

L'ANALYSE PHYSIQUE

Cette analyse physique se doit d'être fiable, car elle représente la liaison directe entre les équipements. Vérifier son fonctionnement permet de détecter de nombreuses anomalies, telles qu'une rupture de liaison, un problème d'impédance qui pourrait fausser la transmission...

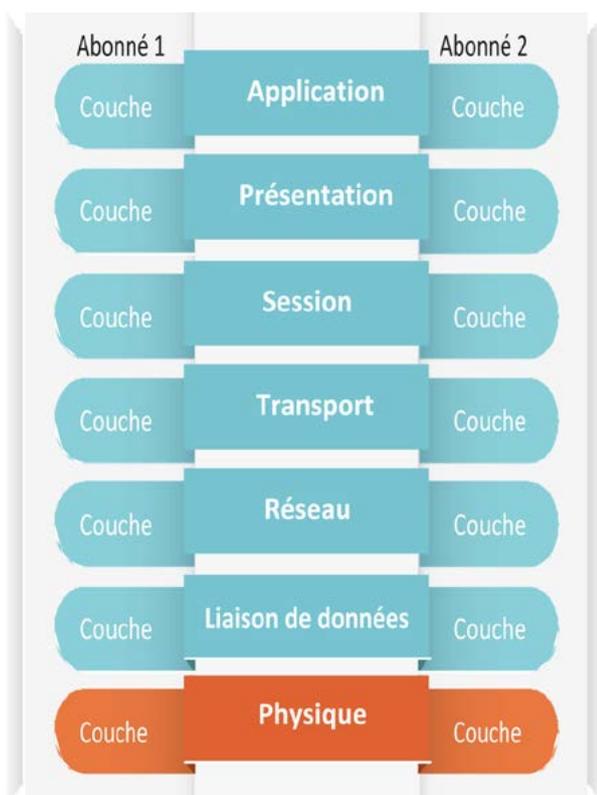
Cela permet, par exemple, de vérifier si la longueur de ligne n'a pas d'influence sur la communication, car certains bus de terrain peuvent couvrir une zone très large, comme un chantier. L'utilisation d'un mauvais type de câble (impédance trop grande...) peut aussi être détectée par cette analyse.

NORMALISATION DES BUS

L'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a examiné de nombreuses structures de réseau. L'ISO a défini un modèle réseau qui aide les concepteurs à mettre en œuvre des réseaux capables de communiquer entre eux et de fonctionner de concert (interopérabilité). Elle a donc publié le modèle de référence OSI en 1984. Ce modèle se divise en 7 couches, allant de la transmission physique jusqu'au traitement des données.

Les protocoles de communication sont les règles qui définissent le dialogue entre couches de même niveau de deux systèmes différents.

Ainsi, Scopix BUS s'occupe de l'analyse de la couche physique, la couche 1, et détermine si les caractéristiques de terrain respectent les contraintes normes concernées se trouvant dans la documentation du bus de terrain.



Tolérance des mesures			
RS232 9600bps IEA-232			
	Min	Max	Avertis.
V level High	3.00 V	15.0 V	70.0 %
V Level Low	-15.0 V	-3.00 V	70.0 %
Time Data	---	---	70.0 %
Time Rise	---	4.17µs	70.0 %
Time Fall	---	4.17µs	70.0 %
Jitter	---	5.00 %	70.0 %
Over+	---	---	70.0 %
Over-	---	---	70.0 %



DE LA MESURE DE PARAMÈTRES AU DIAGNOSTIC MÉCANIQUE

Mr Schaeffer

Professeur au Lycée CFA Émile Mathis de Schiltigheim
– Académie de Strasbourg

Mr Makoudi

Inspecteur de l'Éducation Nationale – Enseignement Technique
– Sciences et Techniques Industrielles – Académie de Strasbourg

Comment un relevé de données à l'oscilloscope peut-il aider à rendre plus efficiente une opération de diagnostic sur système mécanique ?

Une étude qui illustre la dynamique du partenariat
Chauvin Arnoux – Académie de Strasbourg

Avant-propos :

Cet article prend appui sur le travail de partenariat Éducation Nationale – Chauvin Arnoux mené depuis 2014 par un groupe d'enseignants et d'inspecteurs de l'académie de Strasbourg et intervenant dans les disciplines de sciences et techniques industrielles STI et de mathématiques sciences physiques chimiques dans le cadre de la rénovation des diplômes de la filière maintenance des véhicules : cela pour aider à la mise en place et au développement des EGLS dans ces filières de formation. (EGLS : Enseignements Généraux Liés à la Spécialité).

Cette publication fait suite à l'article intitulé : « Comment aborder le mesurage (Mesures & Contrôles) dans les enseignements de la filière Maintenance des Véhicules ? » publié dans la revue « Les cahiers de l'instrumentation n° 14 de Novembre 2014 ». Son contenu vient corroborer l'état d'esprit qui anime le groupe de travail, piloté par Arnaud MAKOUDI et Laurent Michel, respectivement IEN ET STI et IEN EG MPSC dont les travaux de recherche en didactique aboutissent aujourd'hui à la mise en place dans les établissements de l'académie de Strasbourg préparant aux métiers de la maintenance des véhicules et des matériels, de scénarios pédagogiques « co conçus » et « co animés » par des enseignants de pratique professionnelle (maintenance), d'AFS et de Mathématiques sciences physiques et chimiques autour de thématiques qui mettent en évidence l'intérêt de la mesure et de l'exploitation des données dans la réalisation de diagnostics fiables. (AFS : Analyse Fonctionnelle et Structurelle).

Le contenu de cet article est le fruit de la réflexion menée, par Arnaud SCHAEFFER et Florent FOLLET, tous deux enseignants de maintenance des véhicules au CFA Emile Mathis de Schiltigheim (Académie de Strasbourg), sur proposition d'Arnaud MAKOUDI, Inspecteur de l'Éducation nationale et en collaboration avec Laurent GAGNARD, Ingénieur technico-commercial, Chauvin-Arnoux.

L'**objectif principal** de ce travail collaboratif est de démontrer que la démarche de diagnostic préconisée par le constructeur peut, dans certains cas avoir des limites et se retrouver en complémentarité par rapport à la démarche à proprement réalisée, en atelier de maintenance. L'outil de diagnostic multimarques ne permet pas d'assurer le test fonctionnel de certains éléments qui assurent la gestion moteur. Le recours à la mesure traditionnelle à l'oscilloscope permet de mieux interpréter à travers le relevé de signaux le comportement de certaines fonctions.

Les **objectifs pédagogiques** visés sont en adéquation avec le référentiel du BAC PRO et du BTS maintenance des véhicules : réaliser des mesures, émettre des hypothèses, déterminer l'origine du dysfonctionnement.

De ce fait, cette étude pourrait être traitée sous forme de séance de travaux pratiques soit avec des étudiants de BTS maintenance des véhicules ou plus particulièrement avec des élèves de BAC PRO maintenance des véhicules dans le cadre d'activité de projet à visée préparatoire pour faciliter la transition BAC PRO - BTS.

Le dysfonctionnement qui pourrait être constaté sur un déphaseur d'arbre à came (élément mécanique) offrirait une excellente illustration de ce thème dans le cadre de l'épreuve E32 du Bac Professionnel : communication technique et diagnostic sur système mécanique.

Pour les élèves de BAC PRO, ce travail serait guidé en indiquant les étapes à réaliser. L'étudiant de BTS irait plus loin dans l'investigation en faisant preuve de plus d'autonomie notamment dans la mise en œuvre de la trame proposée.

Mise en situation

Un véhicule est mis à disposition, le client se plaint de l'allumage permanent d'un voyant indiquant « défaut moteur » et d'un manque de performances associé à un ralenti instable.

Identification du véhicule

Véhicule de marque Peugeot 308 1.6 l 16v, moteur 5FW, EP6, BOSCH MEV17.4
(5FW : dénomination Peugeot/Citroën du moteur 1.6 litres 4 cylindres),

L'étude reprendra une partie de la trame proposée en annexe, U62, Projet de Mesure et d'analyse.
Dans le projet réel, il sera demandé aux étudiants de contrôler le calage de la distribution.

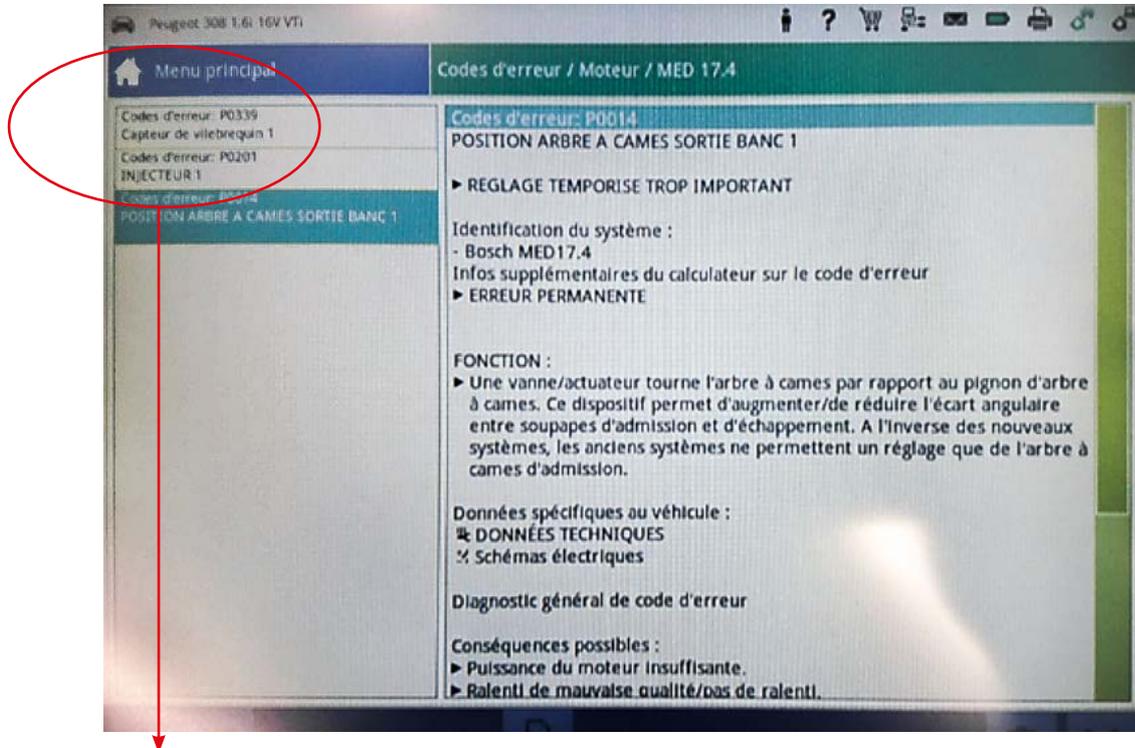




Analyse du dysfonctionnement

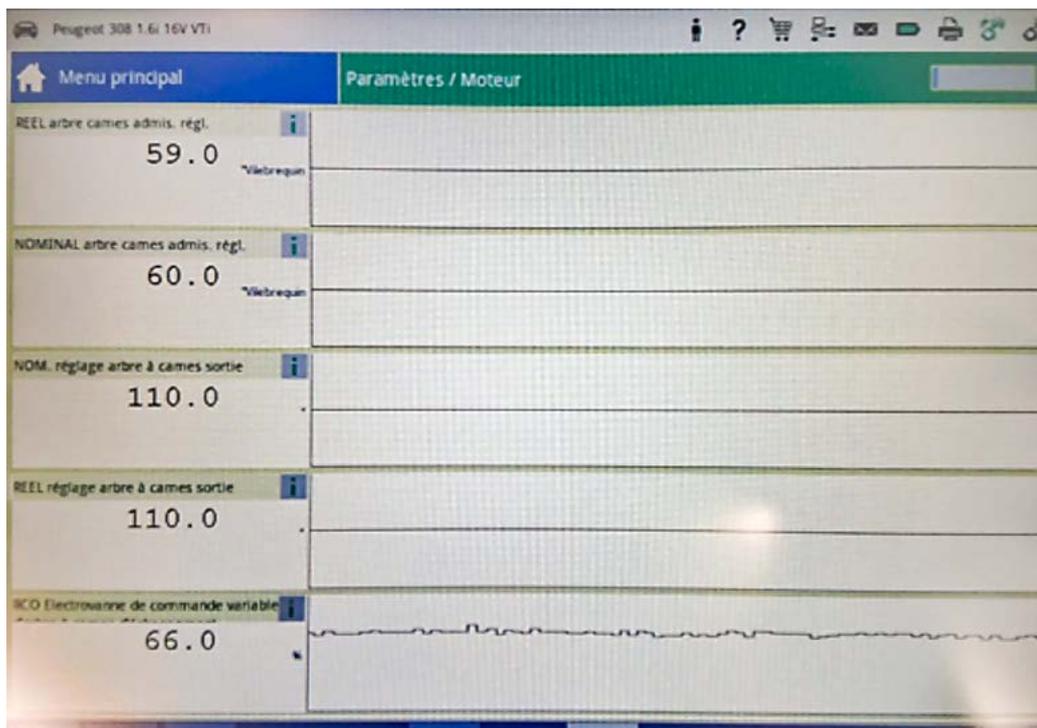
La 1^{ère} étape consiste à réaliser un essai sur route du véhicule pour confirmer le ressenti du client qui a conduit à l'ouverture de l'ordre de réparation.

La 2^{ème} étape consiste à effectuer une lecture des codes défauts avec un appareil multimarque, Gutmann Mega mac 66. Ci-dessous, une copie de l'écran de l'appareil :



On constate l'apparition de plusieurs défauts, caractéristiques de la panne rencontrée. On note l'apparition du défaut « injecteur 1 », mais le véhicule fonctionne sur l'intégralité des cylindres.

La 3^{ème} étape porte sur la lecture des paramètres de la gestion moteur.



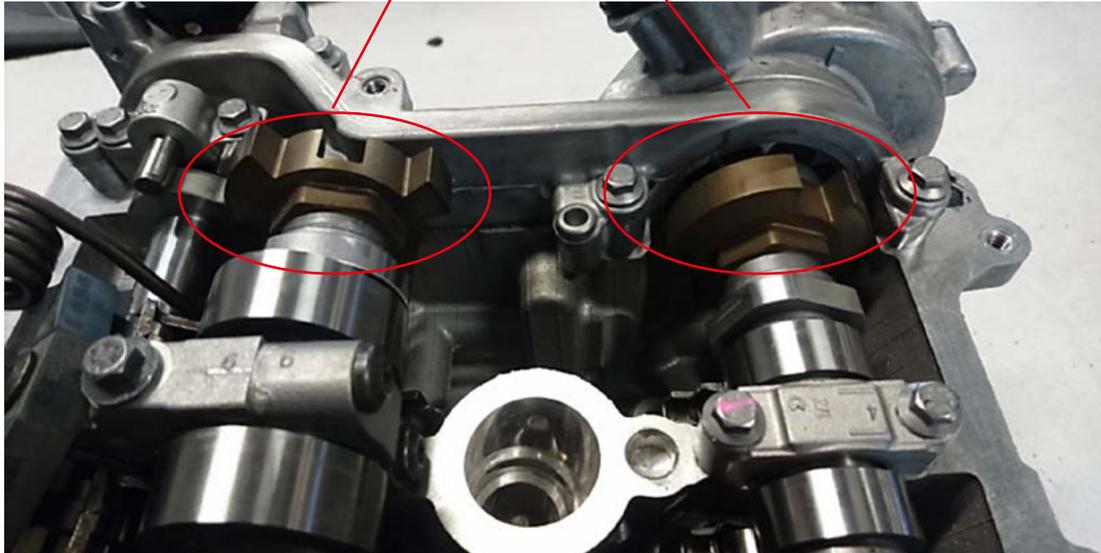
La visualisation des paramètres mis en cause à travers la lecture des défauts, ne permet pas d'identifier clairement les défauts, la consigne de calage des arbres à cames correspond à la position réelle.



Analyse du fonctionnement du système de distribution variable

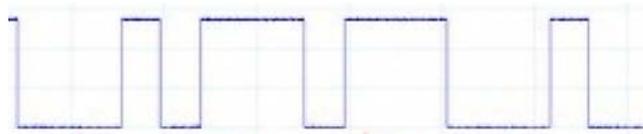
Le moteur utilisé dans le véhicule est constitué de deux arbres à cames possédant chacun une cible associée à un capteur à effet hall, un déphaseur variable par arbre à cames et un capteur de régime moteur utilisant la même technologie que celles des capteurs d'arbre à cames.

On aperçoit à gauche l'arbre à cames d'admission ainsi que sa cible et à droite celui d'échappement équipé de la même cible.

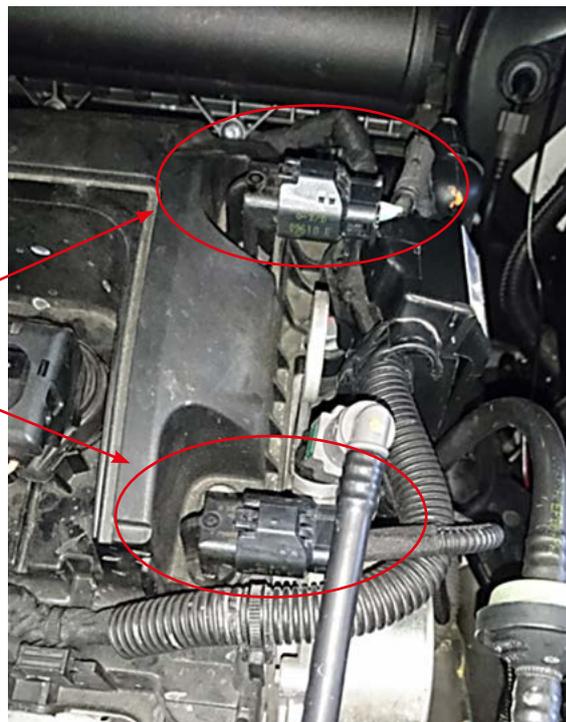


Les cibles sont constituées de 2 pôles courts et de 2 pôles longs qui permettent d'identifier la position de l'arbre à cames.

Ci-dessous le signal de référence :

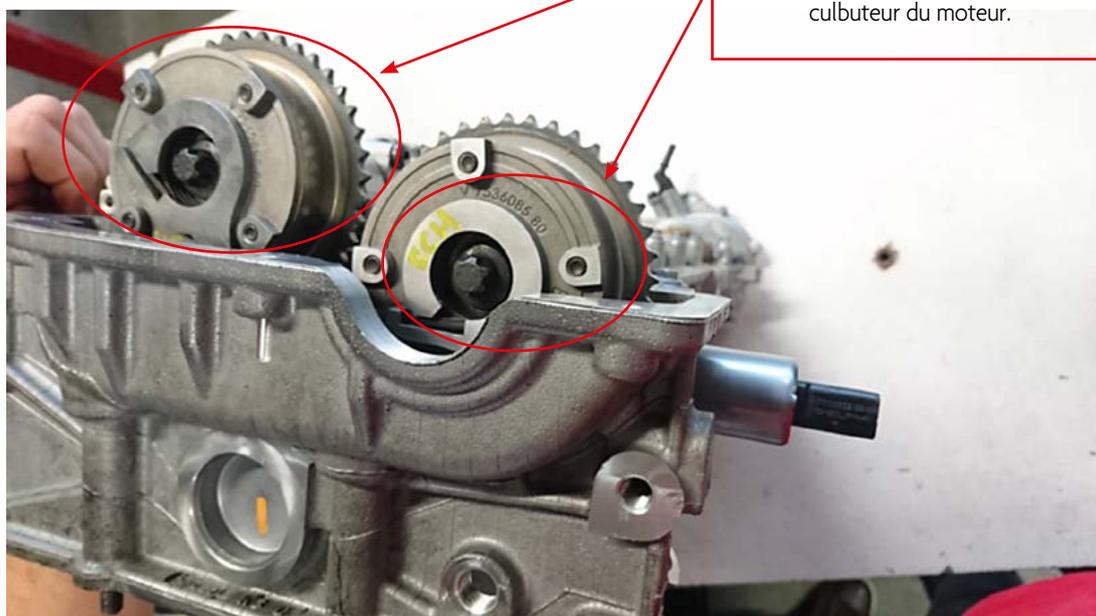
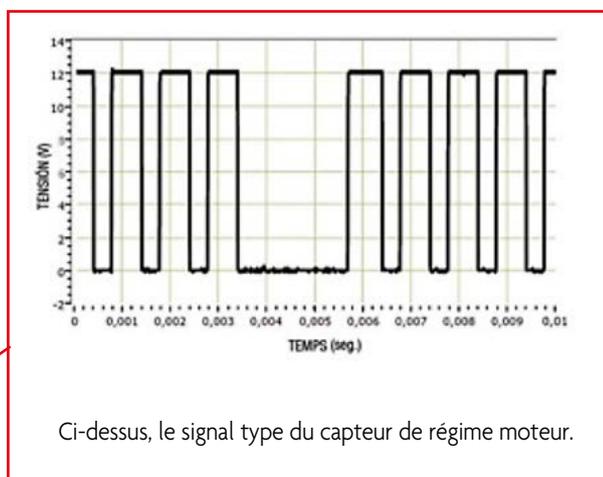
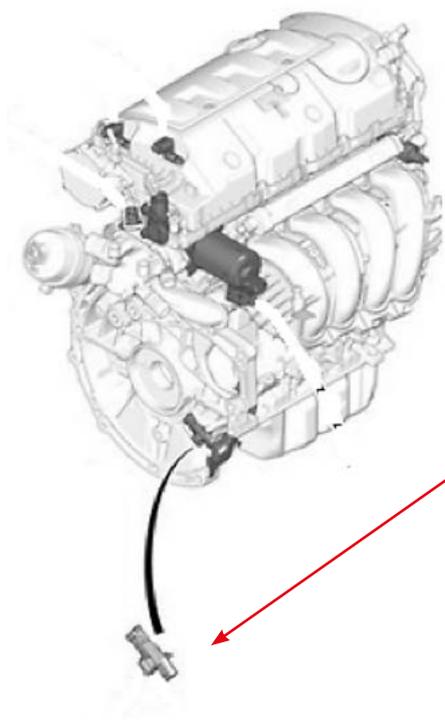


Sont visibles ici les 2 capteurs de position des arbres à cames situés sur le cache culbuteur du moteur.





Ci-dessous, le capteur de régime moteur, en face du vilebrequin, constitué d'une cible de 60 dents, dont 2 ont été retirées afin de réaliser un repère qui correspondra à une position de « Point mort haut » sur le cylindre 1 et 4, situé à 120° en amont du vilebrequin.



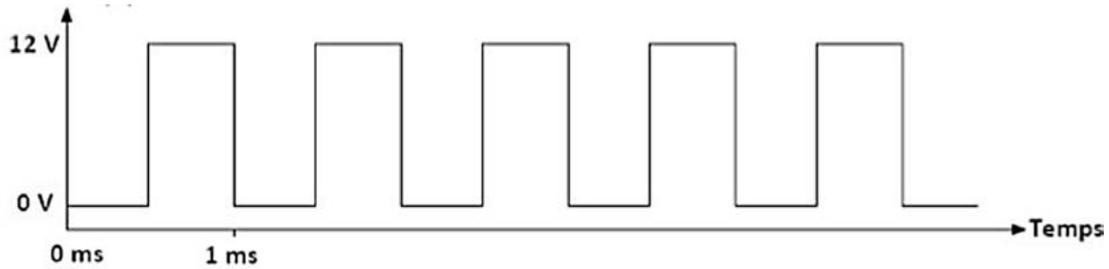
On aperçoit les 2 capteurs de position des arbres à cames situés sur le cache culbuteur du moteur.

Ci-dessous, on aperçoit les pignons de distribution équipés des déphaseurs, sur chaque côté de la culasse on retrouvera les électrovannes de pilotage.

En utilisant le circuit de lubrification, les électrovannes piloteront les déphaseurs afin d'atteindre les épures de distribution correspondant aux cartographies de remplissage. (Cartographie d'objectif de remplissage)



Signal de référence de pilotage de l'électrovanne de déphaseur (exemple pour pilotage de 50 %)



Procédure de contrôle et de diagnostic

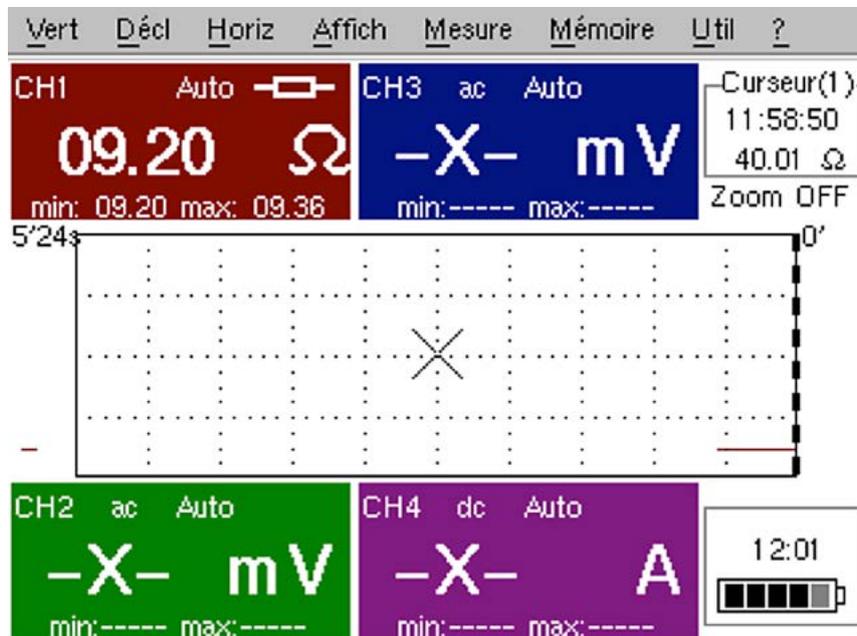
Dans un premier temps, les hypothèses seront les suivantes :

- Capteur arbre à cames défaillant
- Décalage de la distribution (moteur connu pour avoir un tendeur de chaîne peu fiable)
- Électrovanne de déphaseur défaillante
- Circuit de lubrification obstrué
- Déphaseur grippé

En l'absence de bruit suspect au démarrage ou lors de l'essai routier, on peut affirmer que le dysfonctionnement du véhicule ne provient pas d'un décalage de la distribution.

Contrôle de l'électrovanne du déphaseur

Contrôle à l'ohmmètre de la résistance (fonction ohmmètre du Scopix)



L'état électrique de l'électrovanne est conforme, malheureusement l'outil de diagnostic multimarques ne permet pas d'assurer le test-actionneur de celle-ci.

On dépose cette électrovanne (très accessible) afin d'effectuer un contrôle visuel :





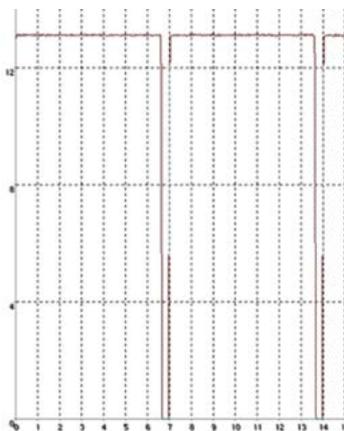
On constate qu'il n'y a pas de résidu au niveau du tamis qui empêcherait la circulation de l'huile



Contrôle du pilotage RCO de l'électrovanne

Le RCO relevé sur les bornes de l'électrovanne est conforme.

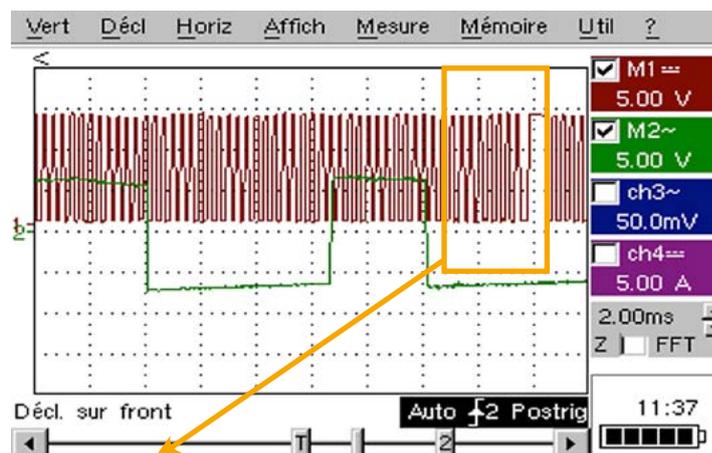
Contrôle des signaux Capteur arbre à cames et régime moteur au ralenti :



Le signal relevé est conforme, on constate un **déphasage** de 11 dents.

Le même relevé est réalisé en charge, on ne constatera pas de différence avec le relevé ci-dessus.

Relevé au Scopix, en rouge capteur régime moteur, en vert capteur arbre à cames.



Validations des hypothèses

- ⇒ Décalage de la distribution → invalidé.
- ⇒ Electrovanne de déphasage : un essai d'alimentation, électrovanne déposée a permis de vérifier son état mécanique → invalidé.
- ⇒ Circuit de lubrification : l'historique client a permis d'affirmer que le véhicule a été bien entretenu, il n'y a pas de dépôt de type calamine sur le tamis de l'électrovanne → invalidé.
- ⇒ État des capteurs d'arbres à cames et de régime moteur : les signaux sont conformes → invalidé. → Le seul élément susceptible de causer ce dysfonctionnement est le déphaseur d'arbre à cames.

Celui-ci nécessitera la dépose de la distribution pour effectuer son remplacement.

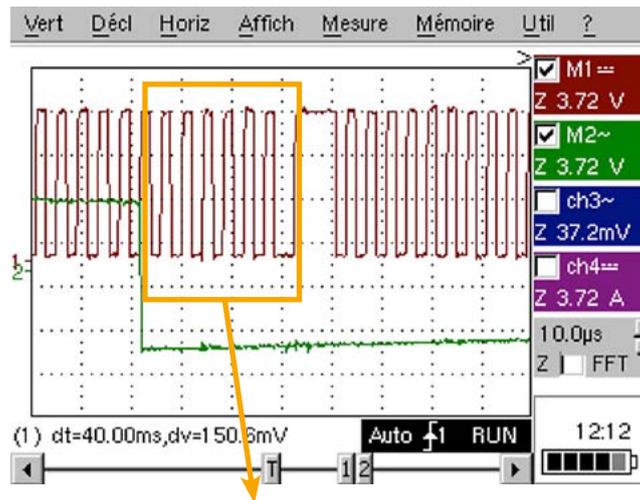


Cette décision est toujours assez difficile à prendre car le véhicule n'est plus sous garantie. L'opération est coûteuse et peu répandue sur ce type de moteur.

La proposition de réparation est validée par le client (signature du devis avec mention « bon pour accord »).

Une fois le véhicule remis en conformité (remplacement de la chaîne de distribution, du déphaseur, des différents joints d'étanchéité), un test dynamique s'impose afin de vérifier le fonctionnement du nouveau déphaseur. Les DTC (Diagnostic Trouble Code, code défaut moteur) ont été effacés avant l'essai dynamique.

On constate cette fois que lors de la **montée en régime**, l'intervalle est de 7 dents vilebrequin, le déphaseur fonctionne et modifie l'épure de distribution.



En conclusion et en synthèse du travail réalisé :

Dans le protocole de diagnostic du constructeur, un test actionneur est demandé pour réaliser le contrôle mécanique de l'électrovanne de VVT (Variable Valve Timing, distribution variable). Avec l'outil de diagnostic multimarques, ce contrôle n'a pas été possible. Le résultat du diagnostic en suivant la procédure constructeur à l'aide de l'outil de diagnostic aurait pu déboucher sur un défaut hydraulique du système (canalisation du circuit d'huile obstruée), ce qui ne correspond pas à la cause réelle de dysfonctionnement.

Le contrôle du déphasage, à travers l'observation des signaux relevés à l'oscilloscope, n'est préconisé dans aucune démarche de diagnostic-constructeur. Ce contrôle a pourtant été décisif dans la méthode de diagnostic pour repérer l'élément défectueux.

Cette étude met l'accent sur la nécessité de prendre également en considération dans une démarche de diagnostic, l'apport et l'exploitation des mesures de certains paramètres physiques avec visualisation à l'oscilloscope pour mieux comprendre le comportement d'un organe ou d'une fonction. On démontre ainsi comment des outils de mesure et l'interprétation des données de mesures participent de manière efficace à la pertinence des démarches de diagnostic sur systèmes mécaniques.

Pour aller plus loin et en partant des résultats de cette expérimentation, le travail collaboratif pourra être étendu à d'autres problématiques de diagnostic pour développer en commun des ressources et expérimentations pédagogiques visant à enrichir les pratiques pédagogiques notamment dans le cadre des activités de projets et des Enseignements Généraux Liés à la Spécialité.

Ces travaux pourraient se poursuivre dans le cadre du Groupe Recherche Formation mis en place et piloté par les inspecteurs territoriaux. Ce groupe est constitué d'enseignants (Maintenance + AFS + Mathématiques Sciences) + Ingénieurs ou techniciens de Chauvin Arnoux.

Parmi les **pistes d'exploration possibles**, on peut distinguer :

Piste 1 : Des **misés en œuvre de compétences en mathématiques et sciences physiques chimiques** pour mieux caractériser et situer certaines grandeurs physiques déployées dans le fonctionnement des véhicules automobiles. A titre d'exemples :

- **Le signal du capteur de régime moteur :** La dérivée mathématique de l'équation caractéristique de la courbe permet de déterminer une équation affine mettant en avant la capacité à déterminer le régime moteur. La fréquence du signal est porteuse d'une information image de la vitesse du moteur.
- **Pilotage de l'électrovanne de déphasage :** Déterminer le Rapport cyclique d'ouverture





Mise en situation Scopix

Piste 2 : Application orientée recherche appliquée avec test et mises en œuvre sur banc de puissance moteur

L'étude menée a montré que le déphasage des arbres à cames n'est en action que lors des phases de modifications de la charge du moteur (accélération franche). L'utilisation d'un banc de puissance freiné permettrait de faire apparaître un plus net déphasage du système, voir l'élaboration des points de cartographie moteur. Cette démarche faciliterait les apprentissages à travers la compréhension par l'expérimentation de phénomènes et de comportements difficiles à appréhender à travers un outil de diagnostic normal.

Piste 3 : Mises en œuvre en thermodynamique pour faciliter les apprentissages

En analysant la masse d'air entrante au niveau du débitmètre d'air du moteur, on pourrait avoir un regard critique sur le fonctionnement du système de distribution variable. La masse d'air entrant restant bien entendu à l'image des performances du moteur, il deviendrait ainsi aisé de définir un pourcentage de manquement aux performances du véhicule, (essais en association avec un banc de puissance moteur).

Piste 4 : Exploitation de l'étude menée en analyse fonctionnelle et structurelle

Exemples d'explorations possibles :

- Analyser le fonctionnement du circuit hydraulique de commande du déphaseur d'arbre à cames.
- Déterminer le débit d'huile pour garantir une vitesse de commande conforme.

En résumé, la démarche entreprise dans le cadre de cette étude peut encore trouver d'autres applications et exploitations pédagogiques d'ordre pluridisciplinaire. Leur mise en œuvre n'aurait de sens que si elles prennent appui sur des problématiques réelles de diagnostic qui caractérisent le cœur du métier du technicien intervenant sur les véhicules automobiles. Le travail d'équipe et l'utilisation d'outillages et équipements adaptés restent la clef de voûte de l'aboutissement de ces travaux de recherche appliquée.

Lexique

CFA : Centre de formation pour apprenti

DTC : Diagnostic trouble code, code défaut moteur

VVT : Variable Valve Timing, distribution variable

5FW : dénomination Peugeot/Citroën du moteur 1.6 litres 4 cylindres

MEV 17.4 : Calculateur moteur Bosch (version du software)

EGLS : Enseignements Généraux Liés à la Spécialité

AFS : Analyse Fonctionnelle et Structurelle



RAPPEL DES 3 NORMES ELECTRIQUES

Chauvin Arnoux

SÉCURITÉ DES MACHINES

La norme **CEI 60204 / EN 60204** définit le concept de machine comme étant un ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont au moins un est mobile. Les champs d'application sont très divers tels que machine pour travaux des métaux, bois, textile, impression, compresseurs, cuirs, tanneries, machines agricoles, chantiers et carrières etc...

La partie 1 de ce référentiel normatif définit les exigences générales sur la sécurité électrique des machines pour assurer la protection des personnes pouvant être exposées à des phénomènes dangereux dû à des défaillances de l'équipement électrique, des circuits de commande, des perturbations dans les sources d'alimentation ou dans les circuits de puissances, une perte de continuité dans les circuits, des perturbations électromagnétiques, un relâchement d'énergie accumulée, un bruit audible excessif ou encore des températures de surface excessives.

Pour assurer la sécurité électrique des machines il convient d'effectuer un certain nombre de vérifications et d'essais après la mise en place, l'installation, les actions de rénovation ou modifications ainsi que lors de test périodiques :

- Contrôle des protections par coupure automatique de l'alimentation avec notamment (différents types d'essai et vérification suivant les SLTs) :
 - Vérification sur chaque circuit de la machine de la continuité du PE sous un courant de mesure ≥ 200 mA pouvant aller jusqu'à 10 A ;
 - Vérification de l'impédance de boucle selon la CEI 61557-3 et de la correcte coordination du dispositif de protection contre les surintensités • vérification visuelle de la protection contre les surintensités
 - test de DDR selon la CEI 61557-6, contrôle du temps de déclenchement (recommandé)
 - Vérification par calcul ou mesure du courant au premier défaut d'isolement

Remarque : il est admis que ce test peut être simplifié suivant l'état de la machine établi par un questionnaire inclus dans la norme.

- Mesure de la résistance d'isolement sous 500 Vdc, $R > 1$ M Ω .
- **Essai de tenue diélectrique** en tension AC 50 ou 60 Hz, à 2 x UN ou 1000 V, durée 1 sec (sans décharge disruptive)
- Essai de surtension résiduelle par mesure du temps de décharge < 1 sec ou 5 sec.
- **Essai de fonctionnement** de la machine et des circuits relatifs à la sécurité électrique. Les tests sont en général effectués dans un ordre de défaillance décroissante afin d'intercepter au plus vite des problèmes de sécurité électrique sur la machine testée. D'autres éléments de la machine peuvent être vérifiés tels que la conformité de la documentation, la température atteinte, l'ordre correct de la séquence de phase, la chute de tension entre le point d'alimentation et la charge.

SÉCURITÉ DES TABLEAUX

La norme CEI 61439 / EN 61439 définit un ensemble d'appareillage à basse tension comme une combinaison d'un ou de plusieurs appareils de connexion à basse tension.

Une évolution récente de cette norme définit précisément les limites de responsabilité entre le constructeur d'origine qui doit effectuer les vérifications de conception, et le constructeur d'ensemble (tableautier) qui doit effectuer les vérifications individuelles de série. Ces vérifications comportent des vérifications de constructions et de performances. Le tableautier est réputé devenir le constructeur d'origine en cas de modifications apportées au tableau basse tension. La déclaration de conformité obtenue par une simple comparaison avec un tableau similaire n'est pas acceptée, mais nécessite une nouvelle vérification. Ce nouveau contexte entraîne des besoins renforcés de moyens de tests afin de s'assurer de la conformité avec les exigences de ce référentiel normatif. **Les exigences de vérifications des tableaux basse tension** sont les suivantes :





- **La mesure physique des distances d'isolement ou de fuite**
- **Vérification de la continuité du PE** sous un courant de mesure ≥ 200 mA pouvant aller jusqu'à 10 A ($R \leq 0.1 \Omega$)
- **La tenue aux court-circuits** par création d'un court circuit boulonné
- **Le test des propriétés diélectriques** par un essai à 50/60 Hz avec application d'une tension en montée lente puis maintien 5 sec ou 1 sec, entre les différents groupes de bornes
- **Essai d'isolement** (variante)

D'autres vérifications peuvent être effectuées telles que le temps de décharge, l'indice de protection IP, les circuits électriques et connexion (par sondage aléatoire), l'identification des bornes externes, le fonctionnement mécanique, la tenue aux tensions de choc, échauffements etc...

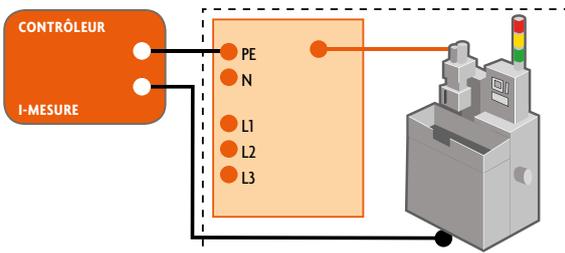
SÉCURITÉ DES APPAREILS ÉLECTROPORTATIFS

Les normes VDE 701 et VDE 702 définissent les actions d'inspection après réparation, modification, inspection périodique des appareils électriques ainsi que des prescriptions générales pour la sécurité électrique. Ce référentiel normatif décrit le séquençement automatique des tests à réaliser.

Les tests & essais à effectuer sont pour bon nombre, identiques à ceux décrits dans les rubriques Sécurité des machines et Sécurité des tableaux, avec en plus certains essais « avec sonde » lorsque les équipements ne sont pas pourvus d'une double isolation ni d'une isolation renforcée (classe I). De plus la mesure des courants de fuite doit comporter une mesure de fuite par différentes méthodes (méthode par substitution, fuite différentielle, fuite de contact etc ...). Il est aussi requis le test de la conformité de la polarité des cordons secteurs.

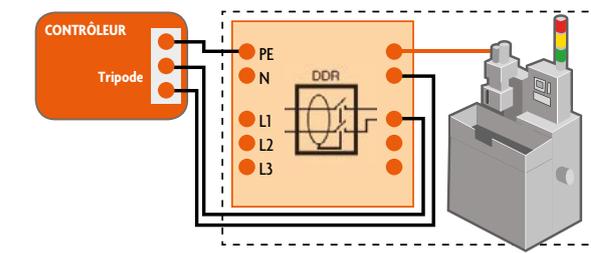
PRINCIPAUX TESTS & ESSAIS

TEST DE CONTINUITÉ DU PE (CEI 61557-4)



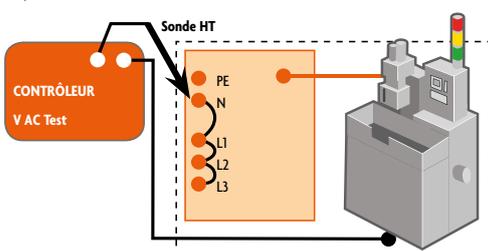
Permet de vérifier si la résistance mesurée correspond à la section et à la longueur du PE.

TEST DE DDR ET PDDR (CEI 61557-6)



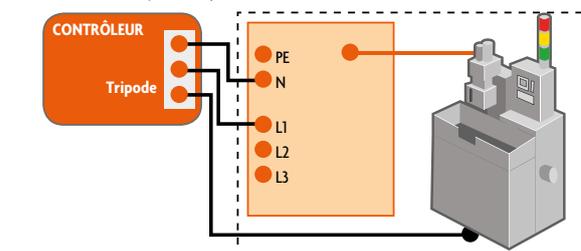
Le test de DDR permet de vérifier le fonctionnement des DDR.

TEST DIÉLECTRIQUE HT (Tenue diélectrique AC)



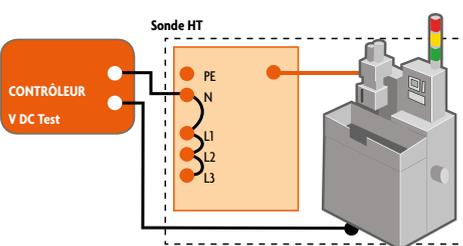
Le test diélectrique AC permet de confirmer l'aptitude du dispositif à fonctionner à sa tension de service. Ces tests se font à une tension supérieure à celle du fonctionnement normal.

MESURE DE L'IMPÉDANCE DE BOUCLE (CEI 61557-3)



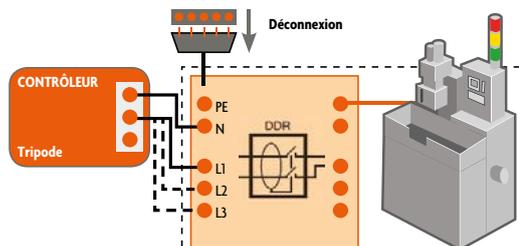
La mesure de l'impédance de boucle et le calcul du courant de défaut (PFC) permet de vérifier l'adéquation des calibres des organes de coupure automatique ou fusibles.

MESURE DE LA RÉSISTANCE D'ISOLEMENT (CEI 61557-2)



La mesure de la résistance d'isolement permet de détecter des défauts dus à la détérioration ou à la pollution et moisissure.

TEMPS DE DÉCHARGE



Lors de la déconnexion des machines, les condensateurs de valeur élevés peuvent fournir une tension dangereuse. Ce test mesure si le temps que met la tension de décharge à atteindre une valeur non dangereuse est conforme aux prescriptions ($\leq 5s/1s$).



ENJEUX DE LA NORMALISATION, APPLICATION EN EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET EN MESURE

Jean-Pierre Collignon

Inspecteur Général de l'Éducation Nationale -
Sciences et Techniques Industrielles

Les enjeux de la normalisation

Les normes sont des documents de référence qui définissent des règles du jeu sur une thématique donnée. Elles peuvent concerner :

- des éléments de terminologie, pour disposer d'un langage commun pour tous (**normes fondamentales**) ;
- les spécifications techniques des produits, des procédés et des services (**normes de spécifications**) ;
- des méthodes de mesure communes, pour favoriser la comparaison des résultats (**normes de méthodes d'essai**) ;
- des méthodes d'organisation performantes des organisations (management de la qualité (ISO 9001), de l'environnement (ISO 14001), de l'énergie (ISO 50001), ...), (**normes de méthodes, d'organisation**).

Élaborées par des organismes de normalisation reconnus, elles représentent un consensus obtenu entre l'ensemble des acteurs intéressés par le thème de la norme.

Documents d'application volontaire, elles sont principalement utilisées dans les échanges commerciaux pour faciliter les transactions. Les normes sont souvent intégrées dans les cahiers des charges des contrats commerciaux et dans les appels d'offre publics. Elles représentent l'état de l'art et sont généralement utilisées par les professionnels d'un secteur d'activité donné.

Aujourd'hui intégrées dans notre environnement quotidien (un grand nombre de produits de la vie courante sont conformes à des normes) elles facilitent notre vie de tous les jours (en favorisant notamment l'interopérabilité des pièces et des systèmes, comme par exemple les cartes bancaires, les clés USB, ...).

La normalisation : à quoi ça sert ?





NORMALISATION ET RÉGLEMENTATION :

La réglementation recouvre les lois, les décrets et les arrêtés, qui par essence, sont d'application obligatoire.

Il ne faut donc pas confondre la normalisation et la réglementation : les normes sont des documents d'application volontaire. Cependant, certaines normes peuvent être rendues d'application obligatoire par la réglementation, essentiellement lorsque des questions de sécurité sont en jeu (ex : Norme NF C 15-100 « Installations électriques basse tension », NF C 18-510 « Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique - Prévention du risque électrique »).

Seules 380 normes (soit environ 1 % des normes françaises) sont rendues d'application obligatoire, lorsqu'elles constituent le moyen unique de satisfaire aux exigences d'un texte réglementaire.

LES STANDARDS :

Un standard correspond à des spécifications établies par un groupe d'acteurs restreint (généralement des industriels, rassemblés dans un consortium ou un forum...). Les standards HD DVD et Blue Ray sont un exemple de standards concurrents. Il peut exister plusieurs standards sur des technologies voisines. La stratégie de certains consortiums consiste alors à faire transformer leur standard en norme internationale (norme ISO) pour que la technologie proposée s'impose au marché.

L'ORGANISATION DE LA NORMALISATION :

La normalisation est organisée par zones géographiques et par secteurs d'activités. Au plan géographique, les normes sont élaborées aux niveaux national, européen et international.

Par ailleurs, les instances de normalisation sont organisées par secteur d'activités. À chaque secteur correspond des organismes de normalisation spécifiques aux plans national, européen et mondial.

Au plan national, les pays disposent d'un institut de normalisation unique. L'AFNOR (Association Française de Normalisation) est l'institut de normalisation français, en charge de l'élaboration des normes et de la représentation de la France dans les instances européennes et internationales de normalisation. AFNOR est une association de loi 1901, créée en 1926, qui a été placée sous la tutelle du ministère de l'Industrie, qui en a défini les missions dans le décret N°2009-697 du 16 juin 2009.

Les normes européennes sont obligatoirement reprises dans les collections nationales de normes. Elles annulent et remplacent les normes nationales préexistantes et assurent une véritable harmonisation technique. Ainsi une norme européenne est reprise dans 31 pays et annule les normes nationales venant en contradiction.

Les normes internationales (identifiées par le préfixe ISO) ne sont pas obligatoirement reprises dans les collectivités nationales.





LA NORMALISATION, UN FACTEUR DE COMPÉTITIVITÉ :

Des normes ont été élaborées pour faciliter les échanges entre les pays.

LES NORMES CONTRIBUENT À LA COMPÉTITIVITÉ DES ORGANISATIONS :

- elles aident les industriels à **favoriser la mise sur le marché** de leurs produits notamment lorsque ces derniers doivent être conformes à la réglementation européenne (dispositif du marquage CE). Les normes, en harmonisant les exigences techniques de produits et services, réduisent les entraves aux échanges et favorisent l'ouverture des marchés. Elles contribuent donc à fournir et à vendre durablement des biens et des services marchands en situation de concurrence ;
- elles contribuent à la compétitivité exercée par les prix en aidant à **réaliser des économies d'échelle et des gains de productivité**, notamment en favorisant l'interopérabilité des produits et des systèmes, en contribuant à la réduction des variétés, en rationalisant les systèmes de production par des méthodes d'organisation éprouvées ;
- elles concourent à la capacité du système productif à satisfaire à la demande, en définissant le niveau de **qualité et de sécurité des produits et des services**, et en **rassurant** les utilisateurs et les acheteurs ;
- enfin, elles participent à la capacité à **occuper une position forte sur le marché et à augmenter les parts de marché**, en définissant de nouvelles règles du jeu pour le développement de solutions innovantes, favorisant ainsi leur accès au marché et créant ainsi les conditions favorables à leur développement économique.

LA NORMALISATION, UN OUTIL STRATÉGIQUE AU SERVICE DE L'INNOVATION :

Outil d'intelligence économique, de veille technologique et vecteur de diffusion des innovations, la normalisation est au service de l'innovation.

Au stade de l'idée, **les bases de normes constituent une source d'informations importante** qui permet de repérer les règles qui régissent le marché, afin de ne pas partir dans de mauvaises directions.

Au stade de l'accès au marché, développer des normes sur des solutions innovantes contribue à établir des règles du jeu qui vont favoriser leur développement économique, notamment en rassurant les utilisateurs...

De nombreux industriels se sont orientés vers la normalisation depuis longtemps pour proposer au marché des règles du jeu s'appuyant sur leur savoir-faire, contribuant ainsi à acquérir un avantage concurrentiel. Depuis le pneu radial de Michelin, jusqu'à la normalisation du véhicule électrique, la normalisation contribue à créer un socle commun reconnu par tous.

De plus, ces technologies sont très souvent brevetées ; construire une stratégie de développement alliant normes et brevets peut s'avérer extrêmement avantageux.

La normalisation est encore au cœur des discussions sur le développement du véhicule électrique : quel système sera retenu pour les prises et connecteurs électriques, les batteries de recharge des véhicules, les techniques et stations de chargement, les dispositifs de fourniture et de stockage de l'énergie électrique ? Les choix retenus dans les normes qui s'imposeront au plan international seront fondamentaux pour favoriser le développement de ces nouvelles technologies. Ils auront en effet des répercussions économiques colossales sur les investissements pour l'adaptation des infrastructures.



NORMALISATION ET AUDIT ÉNERGÉTIQUE, SÉCURITÉ ET MESURE

La Directive européenne 2012/27/EU fixe des objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique. Des objectifs plus ambitieux sont affichés par Le Conseil européen du 23-24 Octobre 2014 qui fixe à **27 % au moins en 2013** les progrès en termes d'amélioration de l'efficacité énergétique.

La transposition en droit français est effective grâce à la loi n° 2013-619 du 16 juillet 2013, le décret n°2014-1393 du 24 novembre 2014 et l'arrêté d'application du 24 novembre 2014.

De nombreux secteurs économiques sont concernés parmi lesquels l'industrie qui dispose d'un potentiel d'économie important.





LA RÉALISATION D'AUDITS ÉNERGÉTIQUES EST DEVENUE OBLIGATOIRE :

- pour les entreprises de plus de 250 salariés ;
- pour celles réalisant un chiffre d'affaires hors taxe annuel de plus de 50 millions d'euros ou un total de bilan supérieur à 43 millions d'euros.

Le décret 2015-1823 du 30 novembre 2015 précise que ces audits énergétiques doivent être réalisés avant le 30 juin 2016 !

Ces audits énergétiques concernent aussi bien l'efficacité énergétique passive (bâti) que l'efficacité énergétique active (installations et processus divers).

LES CERTIFICATS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE (C.E.E) SONT ÉGALEMENT OBLIGATOIRES :

Le dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE) constitue l'un des principaux instruments de la politique de maîtrise de la demande énergétique. Ce dispositif, créé en 2006 repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux « vendeurs » d'énergie. Ceux-ci doivent ainsi promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès des consommateurs d'énergie : ménages, collectivités territoriales ou professionnels. Le dispositif est entré dans sa 3^e période d'obligation le 1^{er} janvier 2015 pour une durée de 3 ans, une 4^e lui succédera jusqu'en 2020¹.

DE NOMBREUSES NORMES SONT LIÉES AU DÉVELOPPEMENT DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET AUX AUDITS ÉNERGÉTIQUES :

- la **norme NF EN 16247** – « Audit énergétique » qui définit les exigences générales de méthode et de qualité pour la préparation de l'audit énergétique, sa réalisation et sa restitution ;
- les normes associées, relatives à l'activité audité (NF EN 16247-2:2014 pour le bâtiment, NF EN 16247-3:2014 pour les procédés industriels, NF EN 16247-4:2014 pour les transports, NF EN 16247-5:2014 qui définit les compétences des auditeurs) ;
- le **référentiel de bonnes pratiques AFNOR BP X 30-120** - « Diagnostic énergétique dans l'industrie » qui permet d'élaborer un bilan de la situation énergétique globale de l'entreprise, de quantifier les potentiels d'économies d'énergie, de définir les actions nécessaires à la réalisation de ces économies ;
- la **norme de méthode et d'organisation ISO 50001** - « Management de l'énergie », qui aide un « organisme » à développer une gestion méthodique de l'énergie pour améliorer sa performance énergétique de manière continue (PDCA et roue de Deming). Cette norme peut aboutir à une certification ;
- des **normes de spécifications** permettant de définir des **cibles** en fonction des **installations** et des **appareils utilisés** ;
- les normes de sécurité NF C 15-100 « Installations électriques à basse tension », **NF C 18-510** « Opérations sur les ouvrages et installations électriques et dans un environnement électrique - Prévention du risque électrique » ;

Quel que soit le niveau d'engagement de l'entreprise **la surveillance, la mesure et l'analyse** sont des points clés de la démarche d'audit et/ou de management énergétique.

Pour ce suivi régulier, des plans de mesurages sont mis en place :

- enregistreurs divers, positionnés en différents points et équipements permettant une **mesure sur la durée afin d'établir un profil de consommation** et les évolutions ;
- mesures ponctuelles.

Le contrôle de la **qualité de l'énergie électrique** est également important afin de limiter les surconsommations.

APPLICATIONS PÉDAGOGIQUES

Au niveau pédagogique il est important de rappeler que **les normes constituent une source d'informations importantes** insuffisamment utilisées par les professeurs.

1 - CEE 2018-2020, réduction de la consommation énergétique de 1200 TWh cumac + 400 TWh cumac dédiés à la lutte contre la précarité énergétique (cumac : énergie finale cumulée et actualisée sur la durée de vie du produit). 100 TWh cumac sont équivalents à la consommation énergétique résidentielle d'un million de Français pendant 15 ans.



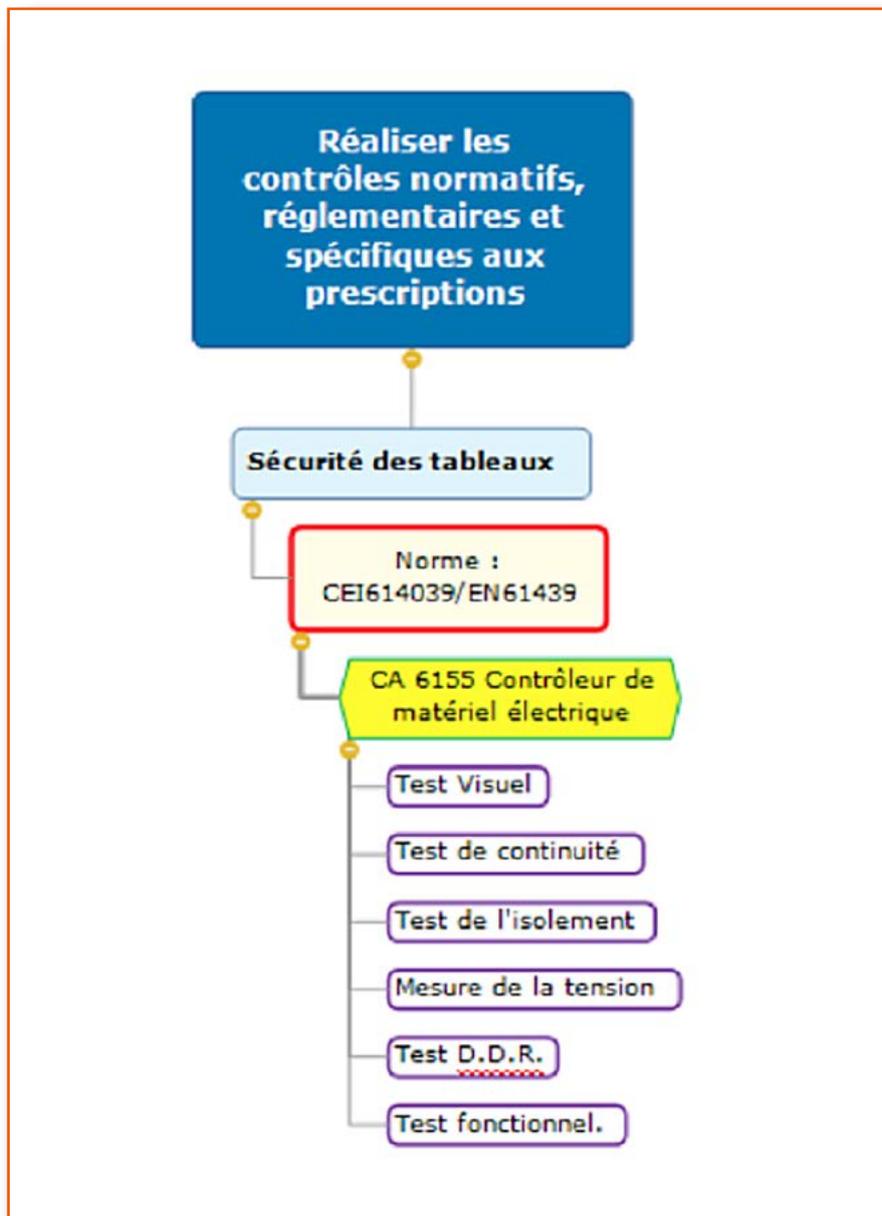
Une série de travaux pratiques sur les thèmes explicités précédemment et s'appuyant sur les normes, est en cours de développement dans l'académie de Lille sous la responsabilité de notre collègue Éric Jourdain, au niveau du baccalauréat professionnel MELEC et en collaboration avec notre partenaire Chauvin Arnoux.

Les premières productions concernent la sécurité et celles à venir l'efficacité énergétique, **l'établissement scolaire** (intérêt d'un travail à l'échelle un) étant le **système étudié** pour ce deuxième point.

Une première présentation d'un des TP rapide est donnée ci-dessous.

Ces TP seront mis à disposition sur le site du Réseau National de Ressources.

<http://eduscol.education.fr/sti/domaines/technologie-au-college/>





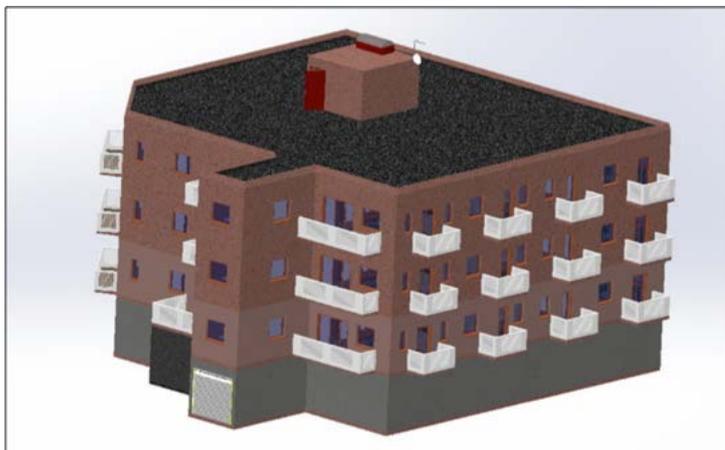
MISE EN SITUATION :

Un immeuble en construction appartenant à la société Arnoux est situé 3 rue des Roses à Coudekerque Branche.

1) Structure de l'immeuble :

L'immeuble est composé de 3 niveaux comportant chacun 4 appartements et un parking couvert.

Vue de l'immeuble :



La réalisation du parking couvert sous l'immeuble impose une ventilation de celui-ci.

Cette ventilation a pour but d'alimenter en air frais et d'extraire la pollution de manière rapide afin d'assurer le confort et la sécurité des usagers du parking.

2) Implantation des systèmes de ventilation :

La norme pour la ventilation des parkings publics est constituée pour le bien-être et la sécurité des usagers.

Les directives spécifient combien de fois par heure l'air doit être totalement renouvelé. En fonction de la détection d'oxyde de carbone (CO) et de GPL, une possibilité de ventilation supplémentaire doit être présente en cas de dépassement de la concentration autorisée.

Deux ventilateurs au minimum doivent être installés pour l'évacuation de l'air. Chacun d'entre eux doit avoir une capacité d'évacuation minimale de 50 % de l'air à évacuer.



3) La réglementation :

La maîtrise des fumées :

- La ventilation des espaces et la maîtrise des fumées doivent être assurées de façon quotidienne.
- Empêcher un incendie n'est pas toujours possible, mais il faut en diminuer les risques. En effet, la fumée et la chaleur qui se dégagent au cours d'un incendie représentent le plus grand danger. Ces deux éléments peuvent avoir des conséquences dramatiques. Une maîtrise des fumées peut éviter ce problème. Un tel concept permet de garantir des voies de secours sûres pour les personnes, mais il permet aussi aux pompiers d'intervenir rapidement. Les fumées et la chaleur sont évacuées de façon contrôlée.



- En cas d'évacuation des gaz d'échappement ou d'une ventilation basée sur la détection d'oxyde de carbone (CO), une ventilation quadruple en continu doit être prévue. Le système est mis en marche lorsque les valeurs limites sont dépassées ou en fonction des besoins.
- En cas d'incendie, un système de détection des fumées déclenche automatiquement les ventilateurs au niveau du foyer de l'incendie. Ces ventilateurs sont démarrés à plein régime.

4) La ventilation à propulsion :

La ventilation à propulsion assure un déplacement efficace de l'air, empêchant ainsi l'accumulation des gaz d'échappement et des fumées. Elle donne de la masse et de la puissance à l'air et la pousse vers un point d'évacuation.

Les gaz d'échappement et les fumées sont évacués d'une façon efficace par une série de ventilateurs qui sont installés en-dessous du plafond et qui font circuler le courant d'air depuis une ouverture d'arrivée vers une ouverture d'évacuation. La position de ces ventilateurs est déterminée avec précision.

Grâce à cette méthode, les systèmes à canalisations encombrants appartiennent au passé. Cette méthode permet en outre de créer plus d'espace dans les parkings publics de sorte que les lieux soient plus sûrs et le montage plus simple.

La centrale d'alarme incendie localise le foyer et rend le système encore plus efficace. Les ventilateurs sont mis en marche et les gaz de fumées sont évacués exactement là où il faut. Cela augmente considérablement les possibilités de fuir les parkings et les pompiers peuvent s'approcher plus facilement du foyer de l'incendie. La conception d'un système intégral est plus complexe et le système de commande plus élaboré.

PROBLÉMATIQUE PROFESSIONNELLE :

L'immeuble est en construction, vous venez de réaliser le tableau de distribution du système de ventilation des fumées du parking. Avant de livrer ce tableau électrique à votre client, vous devez réaliser les différents essais de vérification individuelle de série permettant de justifier la sécurité des personnes, des matériels. Vous devez transmettre un rapport de conformité selon la norme NF EN 61439.

Cadre réglementaire :

La sécurité des tableaux :

La norme NF EN 61439 définit un ensemble d'appareillage à basse tension comme une combinaison d'un ou plusieurs appareils de connexion à basse tension.

Une évolution récente de cette norme définit précisément les limites de responsabilité entre le constructeur d'origine qui doit effectuer les vérifications de conception, et le constructeur d'ensemble (tableautier) qui doit effectuer les vérifications individuelles de série. Ces vérifications comportent des vérifications de constructions et de performances.

Le tableautier est réputé devenir le constructeur d'origine en cas de modifications apportées au tableau basse tension. La déclaration de conformité obtenue par une simple comparaison avec un tableau similaire n'est pas acceptée, mais nécessite une nouvelle vérification.

Ce nouveau contexte entraîne des besoins renforcés de moyens de tests afin de s'assurer de la conformité avec les exigences de ce référentiel normatif.

Les exigences de vérifications des tableaux basse tension sont les suivantes :

- La vérification de la continuité du conducteur PE sous un courant de mesure ≥ 10 A, le résultat de la mesure doit être inférieur ou égal à 0,1 Ω ($R \leq 0,1 \Omega$) ;
- La vérification du Dispositif Différentiel à courant Résiduel ;
- La vérification d'isolement (seulement si le dispositif de protection d'arrivée est inférieur ou égal à 250 A, sinon vérification diélectrique).

D'autres vérifications peuvent être effectuées telles, l'indice de protection IP, les circuits électriques et connexion (par sondage aléatoire), l'identification des bornes externes, le fonctionnement mécanique.



Normes

PRÉAMBULE :

- Analyser le dossier technique du tableau et la notice de l'appareil de mesure avant d'effectuer votre TP ;
- Respecter la norme NF C 18-510 et ainsi travailler en toute sécurité, vous devez effectuer toutes vos vérifications sous la surveillance d'un professeur ;
- Être titulaire d'un titre d'habilitation électrique de niveau B1V, le titre d'habilitation de votre professeur est le B2V Essai ;
- Faire contrôler vos points de mesures par le professeur avant d'effectuer vos différents contrôles.

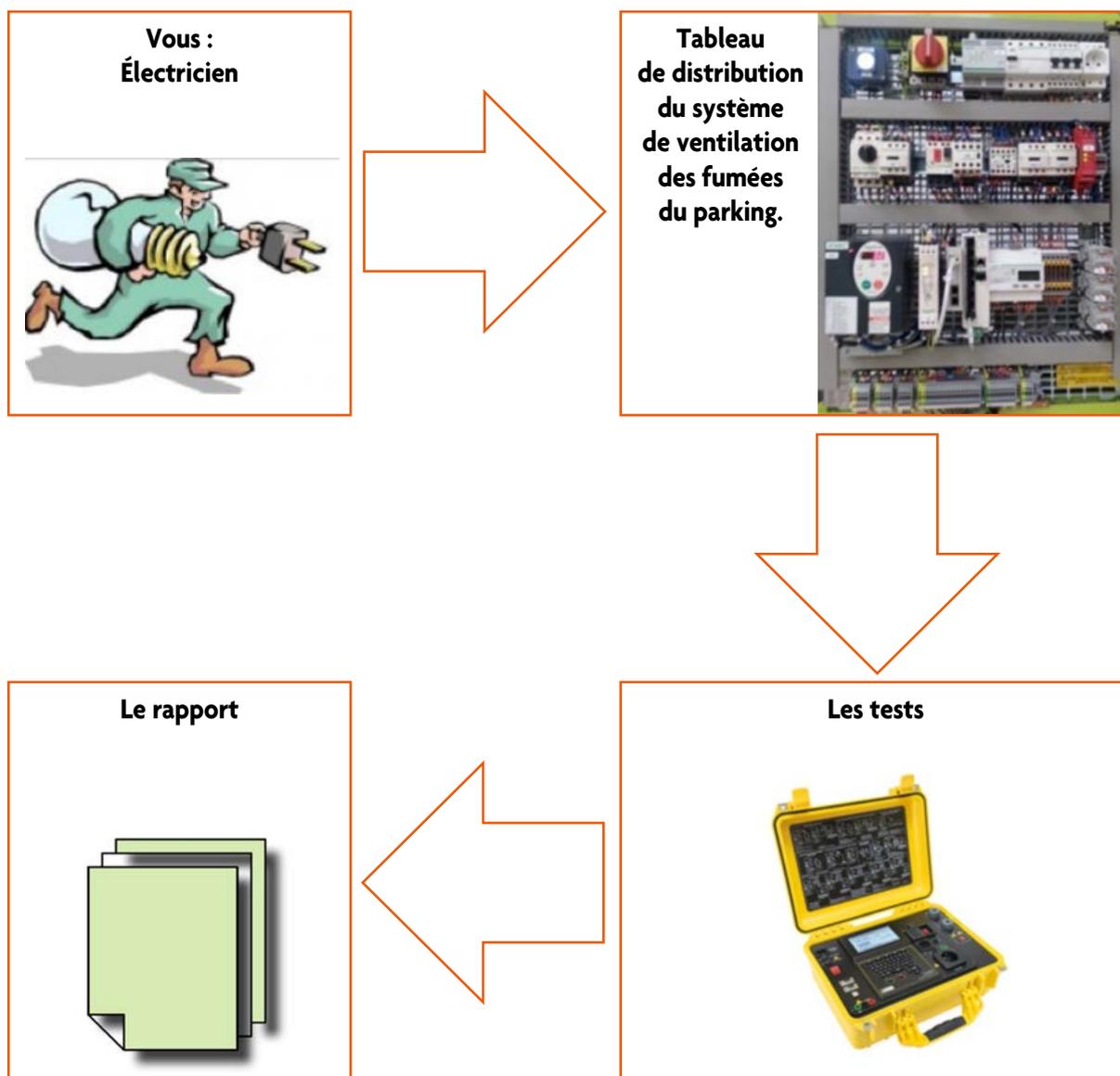
MATÉRIELS :

Liste du matériel pour la réalisation du TP :

- Tableau électrique, platine de distribution du système de ventilation des fumées du parking.
- Contrôleur tableau / Machine C.A 6155, de chez Chauvin Arnoux.
- Des EPI : Équipements de Protection Individuelle
- Des EPC : Équipements de Protection Collective

ACTIVITÉ DE MISE EN SERVICE :

Vous devez réaliser les différentes vérifications demandées par la norme NF EN 61439-1 en tant qu'électricien employé par un atelier de câblage, tableautier.



Certification mesure

LA CERTIFICATION MESURE : UN SUCCÈS GRANDISSANT !

Pour accompagner au mieux les professionnels de demain, CHAUVIN ARNOUX, en coopération avec l'Éducation Nationale française, a mis en place une Certification Mesure.

Cette certification a pour objectif de valider les acquis des élèves sur l'utilisation des instruments de mesure par l'intermédiaire d'un QCM en ligne. Elle est destinée aux élèves de baccalauréat professionnel et de BTS des filières électrotechniques, énergétiques et de maintenance.



Deux niveaux de certification sont proposés : BAC et BTS

Le second niveau poussant un peu plus loin les connaissances de l'étudiant sur la cohérence des mesures et les préconisations d'amélioration. Chaque année un fil conducteur sous forme de thème est défini par Chauvin Arnoux dans les différentes applications : industrie, tertiaire, habitation, administration...

Les étudiants ont également la possibilité de manipuler un certain nombre d'appareils et ont accès à une bibliothèque d'informations professionnelles : évolution des normes électriques, notes d'application, liens internet utiles, découverte technique des produits... leur permettant d'enrichir leurs connaissances scolaires au contact d'une information concrète d'entreprise et de marché.

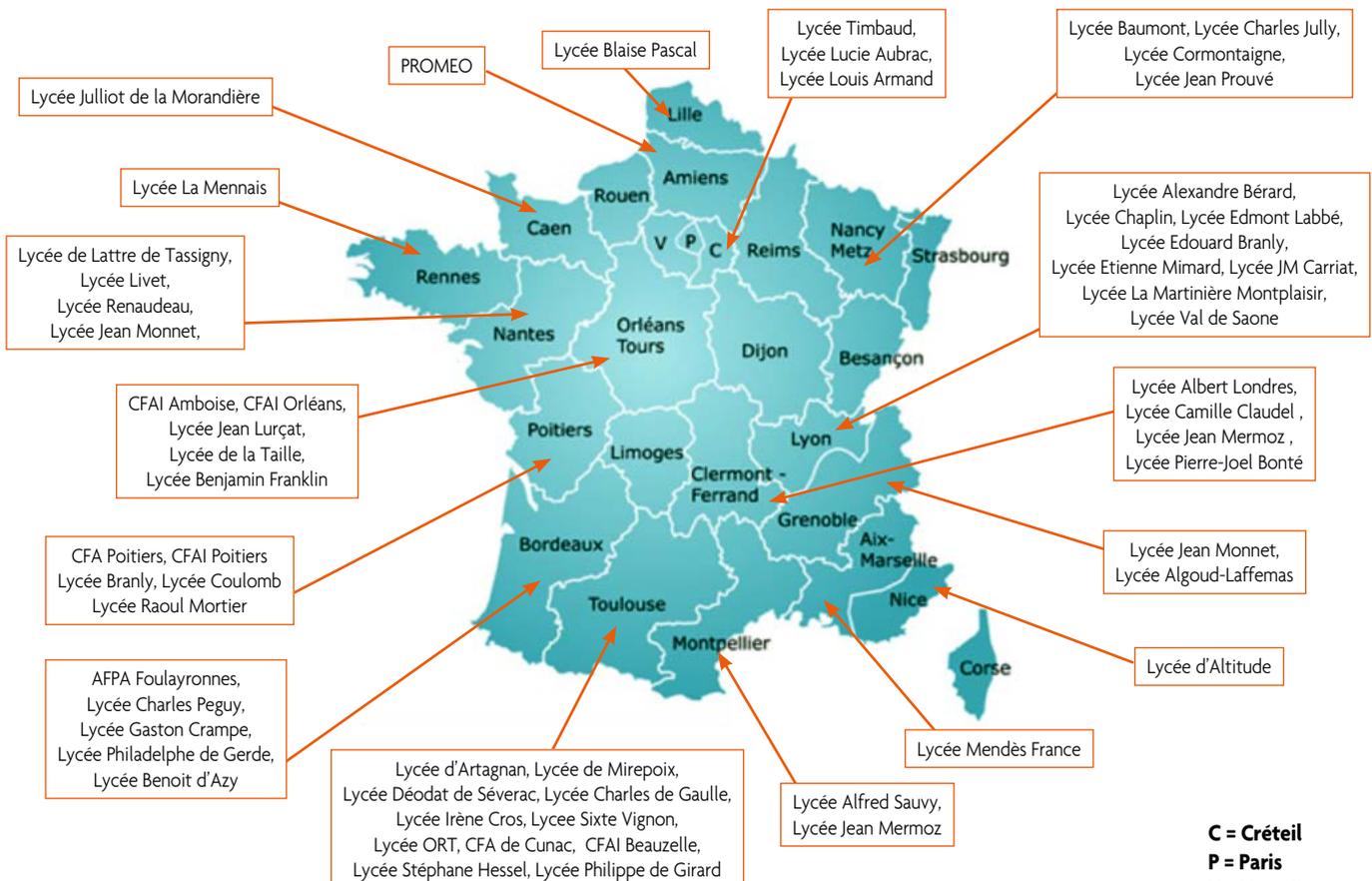
En validant ses connaissances à l'occasion des périodes de certification, l'étudiant pourra se prévaloir d'une reconnaissance supplémentaire attestant de celles-ci sur des cas concrets de situations de mesures.

Les thématiques retenues pour cette certification sont **l'efficacité énergétique** et **la réglementation thermique**. Cinq typologies d'instruments de mesure ont été également identifiés et sont à manipuler pour découvrir les points de déperdition énergétique dans le cadre de contextes de mesure différents : tertiaire, industrie, administration, hôpital...

- Les caméras infrarouges pour la mesure thermique (C.A 1950)
- Les enregistreurs d'énergie (PEL 103)
- Le mesureur de la qualité d'air intérieur (C.A 1510)
- Le luxmètre pour la mesure d'éclairage (C.A 1110)
- Le contrôleur d'installation électrique (C.A 6116N)



De plus en plus d'établissements mettent en place la certification mesure :





E-Mail : info@leclubdumesurage.com
www.leclubdumesurage.com