

# Les Cahiers

de l'instrumentation

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

## LA PLACE DE LA MESURE DANS LES ENSEIGNEMENTS

- STI2D
- Bac pro MV
- Section énergétique
- Sciences de l'Ingénieur
- BTS SN
- Présentation du site mesures applicatives



**SAMUEL VIOLLIN**

Inspecteur général de l'Éducation, du Sport et de la Recherche.  
Doyen du groupe Sciences et Techniques Industrielles

## “ LA PLACE DE LA MESURE DANS LES ENSEIGNEMENTS ”

Les élèves qui arrivent aujourd'hui au lycée devront relever de grands enjeux scientifiques et technologiques, par exemple ceux de la transition énergétique et de l'information. Ils auront à acquérir des compétences leur permettant de prévoir, quantifier et valider les performances de systèmes innovants et d'en imaginer de nouveaux.

Ces apprentissages s'inscrivent dans un contexte didactique qui mobilise efficacement et de façon permanente des outils numériques et de la réalité virtuelle. De façon complémentaire, il est essentiel que les élèves développent des compétences liées à la mesure et à l'analyse des résultats dans un contexte matériel réel, afin qu'ils exercent un esprit critique vis-à-vis des grandeurs physiques simulées et virtuelles.

La rentrée scolaire 2019-2020 met en œuvre des réformes qui font évoluer les enseignements du lycée général et technologique. La voie professionnelle est également transformée. Les programmes font une place importante aux compétences liées à la mesure et à la mise en œuvre des appareils associés.

Dans les enseignements de spécialités, la démarche scientifique et la démarche de projet sont réaffirmées. Elles imposent de conduire des expérimentations, des essais et des mesures.

Le programme des Sciences de l'Ingénieur (SI) demande de « comparer les différentes performances du cahier des charges avec celles mesurées ou simulées ». La physique s'intéresse à la « Variabilité de la mesure d'une grandeur physique » et à l'incertitude d'une valeur mesurée. Cela conduit à « Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole ». Dès la classe de première, les élèves développent des compétences pour « Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure, conduire des essais en toute sécurité, instrumenter tout ou partie d'un produit en vue de mesurer les performances », ce qui impose de maîtriser des connaissances sur les « Gammes d'appareils de mesure et capteurs » et sur les « Règles de raccordement des appareils de mesures et capteurs ».

Les élèves de STI2D sont conduits à « Expérimenter et réaliser des prototypes ou des maquettes » et pour cela doivent « Mettre en œuvre un scénario de validation devant intégrer un protocole d'essais, de mesures et/ou d'observations sur le prototype ou la maquette, interpréter les résultats... ».

Dans la voie professionnelle et de façon transversale à de nombreuses spécialités de baccalauréats, les activités de mesure sont au service des tâches de maintenance, de diagnostic, de réception de matériels ou d'installations. Par exemple, dans le domaine des métiers de l'électricité, on trouve dans les programmes des activités de « préparation, réalisation, mise en service et maintenance » pour « réaliser les vérifications, les réglages, les paramétrages, les essais nécessaires à la mise en service de l'installation ». Ainsi les élèves doivent mettre en œuvre les « Outillages, équipements et appareils de mesures » dans les règles de l'art et disposent pour cela des « Équipements de protection individuelle et collective ».

Ainsi, ce nouveau numéro des cahiers de l'instrumentation réserve une place importante à des exemples illustrant dans différents contextes des activités possibles avec les élèves.

Ces quelques exemples sont non exhaustifs. Quelque soit leur filière, les élèves des lycées conduiront des activités de mesures et d'analyse, de façon à bien appréhender la réalité des systèmes matériels, à les modifier en toute sécurité, à les transformer, à en imaginer de nouveaux afin de répondre toujours mieux aux besoins des humains, en respectant l'ensemble des contraintes de développement durable.

« ...toute question se rapportant au monde extérieur qui ne se fonde pas en quelque manière sur une expérience, une observation, est déclarée absurde et rejetée comme telle ».

Max Planck dans l'ouvrage « L'image du monde dans la physique moderne ».

## LES CAHIERS DE L'INSTRUMENTATION

Directeur de la publication :  
**Marlyne Epaulard**

Comité de rédaction :  
**Marie Courrière, Marlyne Epaulard,  
Pascal Bonnouvrier, 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

## STI2D 5

Expérimenter l'enseignement  
du développement durable 5 - 9

## BAC PRO MV 10

Activité : utiliser un oscilloscope  
en diagnostic automobile, pertinent ? 10 - 14

## SECTION ÉNERGÉTIQUE 15

Les mesures d'environnement  
dans la rénovation d'un site scolaire 15 - 20

## SCIENCES DE L'INGÉNIEUR 21

Activité : la mesure expérimentale 21 - 27

## BTS SN 28

Activité : instrumentation  
et contrôle des systèmes 28 - 30

## SITE MESURES APPLICATIVES 31

Présentation du site  
mesures applicatives & activités 31 - 35

## GARDONS LE SOURIRE 36



## LES MEMBRES DU BUREAU DU CLUB DU MESURAGE



1



2



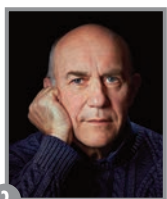
3



4



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14

### ÉQUIPE CHAUVIN ARNOUX

#### 1 - MARIE COURRIÈRE

Présidente du « Club du Mesurage »

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

#### 2 - MARLYNE EPAULARD

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

#### 3 - PASCAL BONNOUVIER

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

#### 4 - 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](http://www.leclubdumesurage.com)

### PARTENAIRES DE L'ENSEIGNEMENT

#### 1 - DOMINIQUE BELLEC

Docteur en psychologie  
Professeur agrégé de Sciences Industrielles de l'Ingénieur – Ingénierie Electrique

#### 2 - CLAUDE BERGMANN

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

#### 3 - CHRISTIAN CAGNARD

Inspecteur Pédagogique Régional honoraire - Consultant Expert Education

#### 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'Education Nationale - Sciences et Techniques Industrielles

#### 6 - ERIK ETIEN

Professeur IUT POITIERS, DUT Génie Electrique et Informatique Industriel  
et License Professionnelle Gestion de l'Energie Electrique – Eco Efficacité Energétique

#### 7 - SÉBASTIEN GERGADIER

Président UPSTI - Lycée CHAPTAL

#### 8 - RÉDA FARAH

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

#### 9 - LUC PRINCE

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

#### 10 - PATRICK LEFORT

Inspecteur Pédagogique Régional honoraire - Sciences et Techniques Industrielles

#### 11 - GEORGES MICHAILESCO

Ancien Directeur de l'IUT de Cachan

#### 12 - CHRISTOPHE MULLER

Inspecteur de l'Education Nationale Second degré - Enseignement technique - Académie de Nancy-Metz

#### 13 - CLAUDE POJOLAT

Inspecteur de l'Education Nationale – Sciences et Techniques Industrielles - Académie de Clermont Ferrand

#### 14 - SAMUEL VIOLLIN

Doyen du groupe

Inspecteur général de l'Éducation, du Sport et de la Recherche. Doyen du groupe Sciences et Techniques Industrielles

# “ EXPÉRIMENTER L’ENSEIGNEMENT DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ”

*Jean-Pierre COLLIGNON,*

*Inspecteur Général de l’éducation nationale –  
Sciences et techniques industrielles*

*Fabien TORA,*

*professeur Lycée Aragon Picasso, Givors*

**Les établissements, centres d’expérimentation pour l’enseignement du développement durable : les agences lycéennes de développement durable et les lycées énergie expérience, cas du lycée ARAGON de Givors en STI2D et du lycée HERE de Laxou pour la voie professionnelle**

Enseigner le développement durable, tout particulièrement l’efficacité énergétique et l’amélioration de la performance énergétique dans le cadre d’un processus itératif, n’est pas simple. Si on dispose de systèmes didactiques qui permettent de comprendre les différents concepts, il est nécessaire d’intervenir dans le cadre de situations authentiques afin de mettre en œuvre des méthodes et des solutions réelles. S’appuyer sur les établissements scolaires eux-mêmes, éventuellement en liaison avec les collectivités territoriales concernées et les professionnels de la filière, semble judicieux. C’est ce concept qui a donné naissance aux démarches « Agences lycéennes de développement durable (ADD) » et « Lycée Energie Expérience (LEE) ».

La Région Auvergne-Rhône-Alpes et les académies de Lyon, Grenoble et Clermont-Ferrand sont partenaires pour la création de vingt-six « Agences de développement durable (ADD) » dans des lycées du territoire régional. L’objectif est d’amener les élèves à travailler sur des projets environnementaux spécifiques à leur établissement. Vingt-six lycées de la région Auvergne-Rhône-Alpes sont dotés d’une « Agence de développement durable ».

Concrètement, les ADD permettent de créer un cadre de travail pratique en transformant le bâtiment du lycée en terrain d’expérimentation et ceci autour d’un certain nombre de thématiques validées par le Conseil régional, telles que la réduction des déchets ou la gestion de la consommation énergétique. Un moyen de « participer à la prise de conscience des enjeux environnementaux par les jeunes et les rapprocher, petit à petit, du monde professionnel » estime Béatrice Berthoux, vice-présidente de la Région en charge des Lycées.

Les élèves membres de l’ADD et leurs encadrants doivent travailler à trouver des solutions, en utilisant les données de leur établissement et en procédant à des expérimentations. En fin d’année scolaire, les différentes agences présentent le résultat de leurs travaux à la Région, qui décidera de la faisabilité ou non des projets et délivre une subvention pour la réalisation des plus pertinents.

**Une autre initiative a vu le jour dans la région Grand-Est, en liaison avec l’Académie de Nancy-Metz dans le cadre d’une convention tripartite associant l’éducation nationale, la région Grand Est et Schneider Electric, quatre établissements sont concernés dans un premier temps.**

La démarche « Lycée Energie Expérience » permet aux élèves, étudiants et adultes de suivre un parcours de formation adapté (niveau IV et post III), en formation initiale ou continue, pour appréhender de nouvelles compétences voire le métier de « Manager d’Énergie » et la certification professionnelle associée. Elle repose sur une pédagogie innovante : les élèves audient les bâtiments et préconisent des solutions permettant de réaliser des économies d’énergie (30% constatés avec un retour sur investissement inférieur à 3 ans). Les audits énergétiques réalisés par les apprenants (sous le contrôle de professionnels experts et des enseignants), conduisent à la mise en place de réglages et de solutions techniques aux effets immédiatement mesurables permettant l’optimisation de la gestion de l’énergie des bâtiments et des équipements. Ce déploiement pédagogique permet donc de faire du diagnostic et de la mesure sur un site réel conformément la norme de gestion de l’énergie ISO 50001 : la mesure est donc au cœur de la démarche. En récupérant et en traitant des données, on peut optimiser la consommation énergétique. C’est le lien entre les transitions énergétiques et numériques.



## Les compétences développées sont nombreuses, parmi elles :

- réaliser une consommation de référence (base line) ;
- réaliser des bilans électriques et thermiques d'installations ;
- instrumenter et monitorer des installations multi-sites (fixes ou mobiles) ;
- exploiter des systèmes techniques, (exemple : gestion technique du bâtiment) ;
- proposer des solutions et exploiter les énergies renouvelables ;
- gérer les contrats et achats d'énergies ;
- mettre en place des indicateurs de performance énergétique (IPE) ;
- déterminer des usages énergétiques significatifs (UES) ;
- dimensionner des installations courantes, les besoins CVC et éclairages par exemple ;
- optimiser les réglages des installations courantes ;
- réaliser un planning d'interventions sur un ou plusieurs sites ;
- etc.

## POURQUOI CREER UNE AGENCE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ?



La Région Auvergne-Rhône-Alpes au travers de ce dispositif a voulu apporter une réponse opérationnelle pour aider les établissements dans leur démarche d'éducation au développement durable. Les Agences de Développement Durable ont une démarche cohérente en complémentarité avec la labellisation E3D (Etablissements en Démarche de Développement Durable) engagée par les autorités académiques. L'objectif est de favoriser la mise en place de travaux pratiques pour les élèves en s'appuyant sur le fonctionnement et les locaux de leur établissement afin de leur permettre de développer des compétences autour des thèmes du développement durable et de la conduite de projet : les bâtiments du lycée deviennent un support pédagogique pour les élèves.

Avec le dispositif des ADD, tous les acteurs relatifs à la problématique choisie sont impliqués et les élèves encadrés par leur référent sont au cœur de la démarche. La Région encourage à réaliser les projets de manière transversale et ouverte en impliquant d'une part les différents acteurs de l'établissement mais aussi des ressources extérieures se trouvant sur le territoire.

## LES MODALITÉS

Les Agences de Développement Durable doivent fonctionner comme un bureau d'étude dont le commanditaire sera la Région qui prend donc le rôle de « client » du projet dont chaque Agence sera le « fournisseur ». Les Agences devront fournir un cadre de travail complet et suivre les étapes du cycle de projet :

- **mise en place** d'une démarche de projet ;
- **réalisation d'un diagnostic** relatif pour mettre en évidence les leviers d'amélioration sur la problématique choisie ;
- **réalisation d'un prototype (ou cadre de développement du projet)** pour évaluer l'impact possible du projet ;
- **actions de sensibilisation et de mobilisation** de la communauté scolaire autour de la problématique.

La Région s'engage à soutenir les établissements sélectionnés à l'issue de l'appel à candidature en mettant à leurs dispositions :

- un fond documentaire pour faciliter les travaux pédagogiques ;
- une enveloppe d'investissement pouvant aller jusqu'à 15.000 euros à la suite de la présentation des propositions des ADD pour de petits travaux et équipements d'amélioration en lien avec la thématique choisie ;
- une mise en relation avec les établissements pilotes ainsi que des acteurs du développement durable ;
- une valorisation des ADD dans la communication régionale et au travers de rencontres.

## La mesure et l'efficacité énergétique

### L'audit énergétique et les mesures

**1** **Analysateurs de réseau et d'énergie triphasé Qualistar+**  
**Objectif : enregistrement et comptage des consommations électriques**

- Surveillance de l'énergie consommée, et des puissances actives, réactives, non actives, apparentes et déformées.
- Harmoniques (THD)
- Populisme (Pfactor)
- Déséquilibre
- Intensité et crête de tension
- Fréquence
- Courant de démarrage
- Facteur de puissance (Cos phi)

**2** **Caméras thermiques DtaCam2 et BayCam**  
**Objectif : optimiser la consommation énergétique pour le chauffage**

- Mesure de la température de surface d'un objet, d'une paroi
- Suivi de la température intérieure
- Détecter les défauts d'isolation, ponts thermiques
- Détecter les dysfonctionnements des équipements, les échoulements de pièces en rotation

**3** **Thermo-anémomètre enregistreur CA 1227**  
**Objectif : moduler les débits en fonction des besoins réels pour apporter des économies.**

- Adapter les débits d'air aux besoins pour limiter consommation et frais de chauffage
- Améliorer l'efficacité énergétique des équipements pour baisser les débits demandés avec une consommation minimum
- Vérifier par mesure si les débits réels ne sont pas supérieurs aux recommandations
- Vitesse de 0,25 m/s à 35,0 m/s (1/10 à 0,09103 mph)
- Débit de 0,00 à 2,999 m³/h
- Température : -20 °C à +50 °C

**4** **Pièces multimètres F405**  
**Objectif : mesure de la puissance active.**

- Mesures de tension et courants très simplement sur l'installation (tableaux électriques, ou directement sur les équipements)
- Mesure du IHD qui est un facteur de surcharge des sources électriques

**5** **Enregistreurs de puissance et d'énergie PEL102 et PEL103**  
**Objectif : identifier les causes de surconsommation des équipements ou de surfacturation.**  
**L'enregistreur d'énergie mesure les paramètres de tension, de courant, de puissance et d'énergie utiles à un diagnostic complet d'une installation électrique.**

- Enregistrement et comptage des consommations électriques
- Possibilité d'installation en réseau : pour fournir plusieurs points de comptage en simultané
- Installation aisée et simple sans arrêt de l'alimentation électrique

**6** **Luxmètres CA 110**  
**Objectif : s'assurer du bon dimensionnement de l'éclairage.**

- Vérifier si la luminosité des lampes est nécessaire au confort
- Reduire la consommation de puissance tout en garantissant un éclairage suffisant (mode de gestion de l'éclairage, choix des luminaires, couleur des parois...)
- Mesure des éclaircissements de toutes les sources lumineuses (LED, Flu, etc.) jusqu'à 200 000 lux en conformité de la classe C de la norme NF C 42-710

**7** **Enregistreur CA 1510**  
**Notion de performance**

- Vérification de l'efficacité de renouvellement d'air grâce à l'indication de CO<sub>2</sub>
- Surveillance T° HR / CO<sub>2</sub>

**Notion de confort**

- Bâtiment étanche et débits de ventilation faibles sont incompatibles avec une bonne qualité d'air
- Classe de confort hygrothermique avec bas CO<sub>2</sub>

**DataView**  
**Plateforme logiciel de traitement et d'analyse des données. L'utilisateur accède directement :**

- À la visualisation en temps réel
- Au traitement des données enregistrées et des alarmes
- Édition d'un rapport en vue du bilan énergétique

**CHAUVIN ARNOUX**  
**CECALP**

### Projet « L'énergie c'est la classe » du lycée ARAGON de Livors (69)

Projet en STI2D – Energie, Environnement.

**Imaginer**

Imaginer une solution, répondre à un besoin

Participer à une démarche de conception dans le but de proposer plusieurs solutions possibles à un problème technique identifié en lien avec un enjeu énergétique

Définir la structure, la constitution d'un système en fonction des caractéristiques technico-économiques et environnementales attendues

Définir les modifications de la structure, les choix de constituants et du type de système de gestion d'une chaîne d'énergie afin de répondre à une évolution d'un cahier des charges

**Concevoir**

Valider des solutions techniques

Interpréter les résultats d'une simulation afin de valider une solution ou l'optimiser

Comparer et interpréter le résultat d'une simulation d'un comportement d'un système avec un comportement réel

Mettre en œuvre un protocole d'essais et de mesures sur le prototype d'une chaîne d'énergie, interpréter les résultats

**Organisation**

Gérer la vie du produit

Expérimenter des procédés de stockage, de production, de transport, de transformation, d'énergie pour aider à la conception d'une chaîne d'énergie

Réaliser et valider un prototype obtenu en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial

Intégrer un prototype dans un système à modifier pour valider son comportement et ses performances

## Apprentissage des élèves sur plusieurs thématiques :

### Développement de l'autonomie

- > prise d'initiative
- > travail par équipe projet autonome
- > rotation à tous les postes de travail de l'agence

### Démarche de projet d'expert

- > diagnostic
- > objectifs opérationnels
- > évaluation / projection : temps de retour sur investissement

### Moyens humains :

- > un manager
- > une équipe

### Temporalité professionnelle

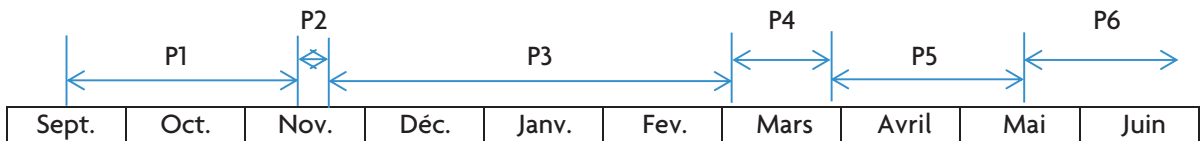
- > échéance du travail autour du projet
- > échéance client
- > échéance partenaire

### Démarche de projet d'expert

- > travail collaboratif
- > travail participatif
- > travail collégial
- > travail d'argumentation pour la prise de décision

## Phases de travail et calendrier de l'Agence de l'Énergie du Lycée :

- Période 1 : ouverture de l'agence ;
- Période 2 : commande du client ;
- Période 3 : recherche des pertes énergétiques ;
- Période 4 : solutions d'amélioration ;
- Période 5 : réalisation d'un prototype ;
- Période 6 : présentation du travail.



## PROJET ALEA

Premier client : la région Rhône Alpes  
 Second client : Alliade Habitat, Action Logement

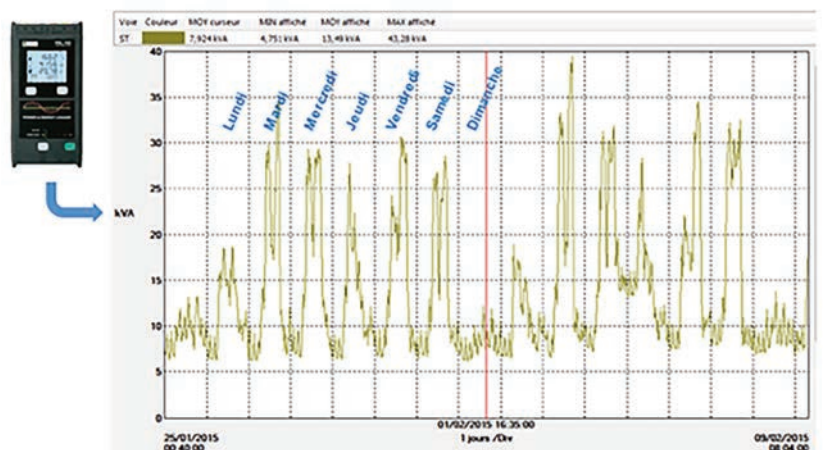


Recherche des pertes énergétiques, utiliser des mesures pour faire un point sur l'état de l'existant.

Contrôle du bâtiment



Analyse des consommations quotidiennes







Réalisation d'un prototype  
et validation des solutions



Présentation du résultat au client



## PAROLES D'ÉLÈVES

*« C'est une expérience de travail extraordinaire à mon âge ».*

*« C'est un projet énorme et qui a beaucoup d'importance sur le monde qui nous entoure ».*

*« Des adultes en cravate qui nous font confiance, c'est motivant ».*

*« Ce qui m'a le plus plu, c'est le fait que nous étions en relation avec un vrai client. C'était vraiment intéressant. Cela n'arrive pratiquement jamais dans le cadre scolaire. C'est une expérience très intéressante et bénéfique pour toutes les personnes qui y participent ».*

*« J'aime savoir que notre objectif n'est pas inutile et que grâce à nos différentes mesures cela va aider à faire des économies à notre lycée ».*

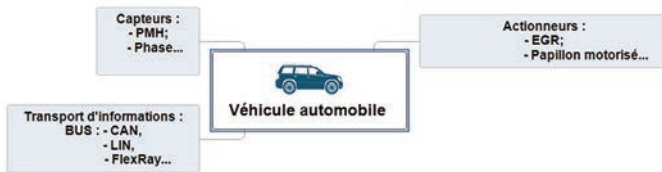
*« On travaille en autonomie, ce n'est pas un cours comme les autres ou on travaille sur feuille, on est sur le terrain, on communique avec le personnel du lycée et les lycéens ».*

## UTILISER UN OSCILLOSCOPE EN DIAGNOSTIC AUTOMOBILE, PERTINENT ?

Nicolas Pallaro

lycée Pierre Gilles de Gennes Gérardmer.

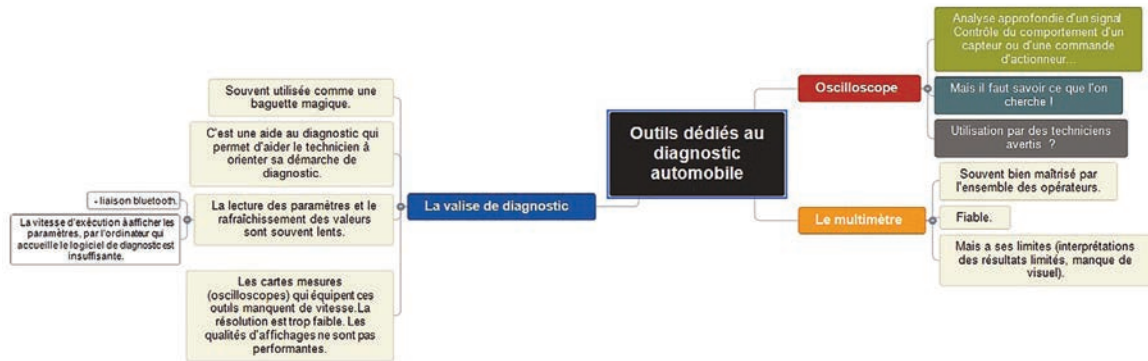
L'automobile utilise des capteurs et des actionneurs, ainsi que le traitement d'informations dans le but de faire fonctionner des systèmes ou sous-systèmes. Ceux-ci équipent nos véhicules d'aujourd'hui et de demain.



Lorsqu'un système est défaillant et qu'il ne donne plus satisfaction, il est nécessaire d'identifier l'élément mis en cause :

- Un capteur ? ► un signal, une fréquence,...
- Un actionneur ? ► Commande PWM (RCO)...
- Une information qui passe mal ou pas du tout ? ► BUS CAN...

Pour déterminer cela, nous disposons d'une multitude d'outils :



## QUE FAIRE ?

- Exemple de mise en situation :

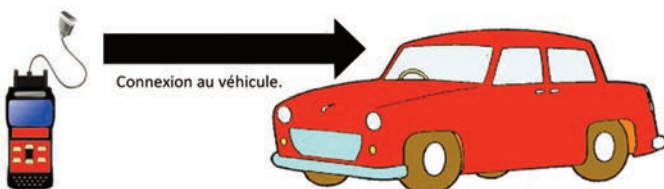
Il n'y a rien de mieux que d'étudier le symptôme d'un véhicule client. Pour montrer l'efficacité d'un oscilloscope.--



(Client)

Mon véhicule diesel ne démarre pas, j'entends juste le démarreur se lancer. (Motorisation diesel à injection directe pour les puristes).

En général, nous consultons la mémoire des codes défauts du calculateur à l'aide d'un outil de diagnostic.




**Pour confirmer le code défaut et orienter le diagnostic, il faut effectuer une lecture des paramètres principaux liés au démarrage.**

- o Régime moteur (capteur point mort haut) ;
- o Synchronisation (capteur de phase ;
- o Pression de carburant (capteur pression carburant) ;

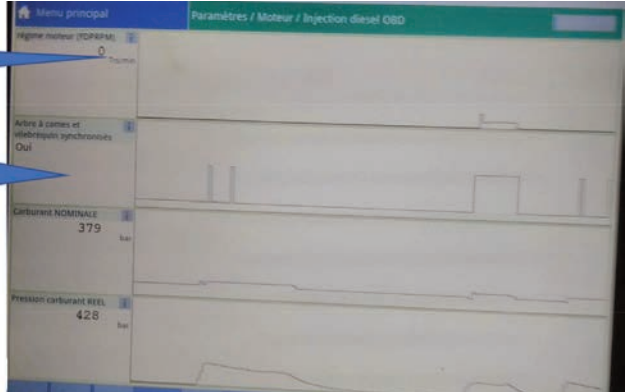
Voici le résultat et nous constatons que :

Régime moteur non présent.

La synchronisation arbre à cames et vilebrequin n'est pas continue.



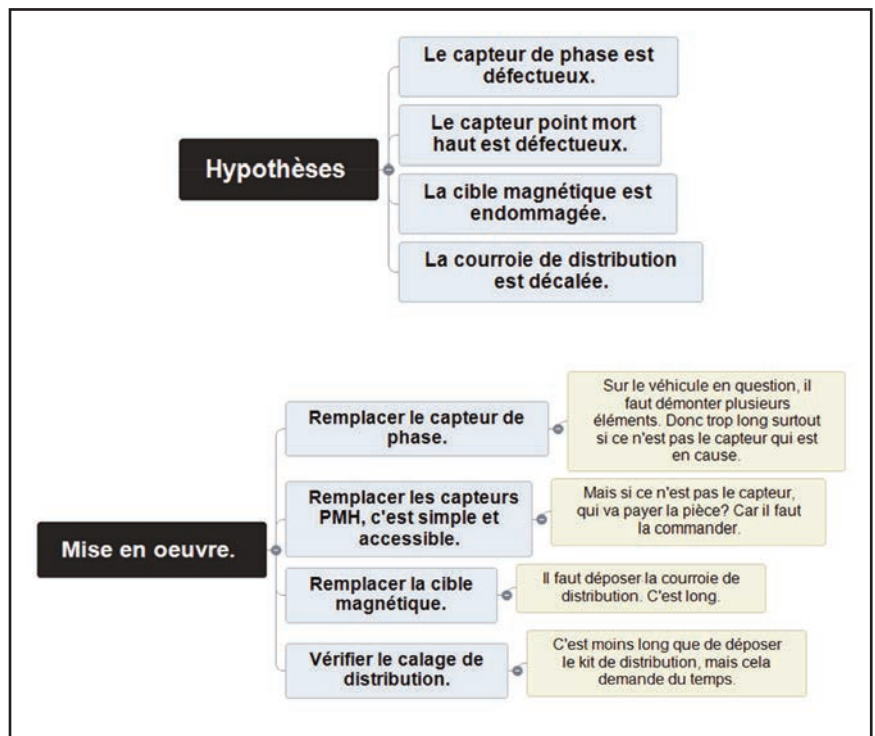
Visualiser la vidéo.  
<http://www.youtube.com/watch?v=kblpQWzUmp8>



**C'est donc le moment de poser des hypothèses, pour commencer un diagnostic efficace :**

**Que faire ?** Chaque hypothèse nécessite une mise en oeuvre, c'est-à-dire une intervention donc un coût financier et de la main d'oeuvre. Il faut déterminer la mise en oeuvre de chacune d'elle, afin de pouvoir sélectionner celle qui semble la mieux adaptée. Le but est simple : remettre le véhicule en conformité dans un souci d'efficacité et de coût économique raisonnable.

Certains opérateurs vont décider de suivre ces mises en oeuvre par élimination. Ils vont choisir un ordre d'exécution de ces mises en oeuvre en espérant réussir le diagnostic du premier coup. De procéder ainsi ne garantit pas à l'opérateur de trouver l'élément mis en cause. C'est approximatif et on peut vite perdre du temps. L'utilisation de l'oscilloscope dans cet exemple est judicieuse.



**Maintenant beaucoup de techniciens se posent les questions suivantes :**

- o Comment régler l'appareil ?
- o Quelle est la courbe de référence ?
- o Ai-je mesuré le bon signal ?

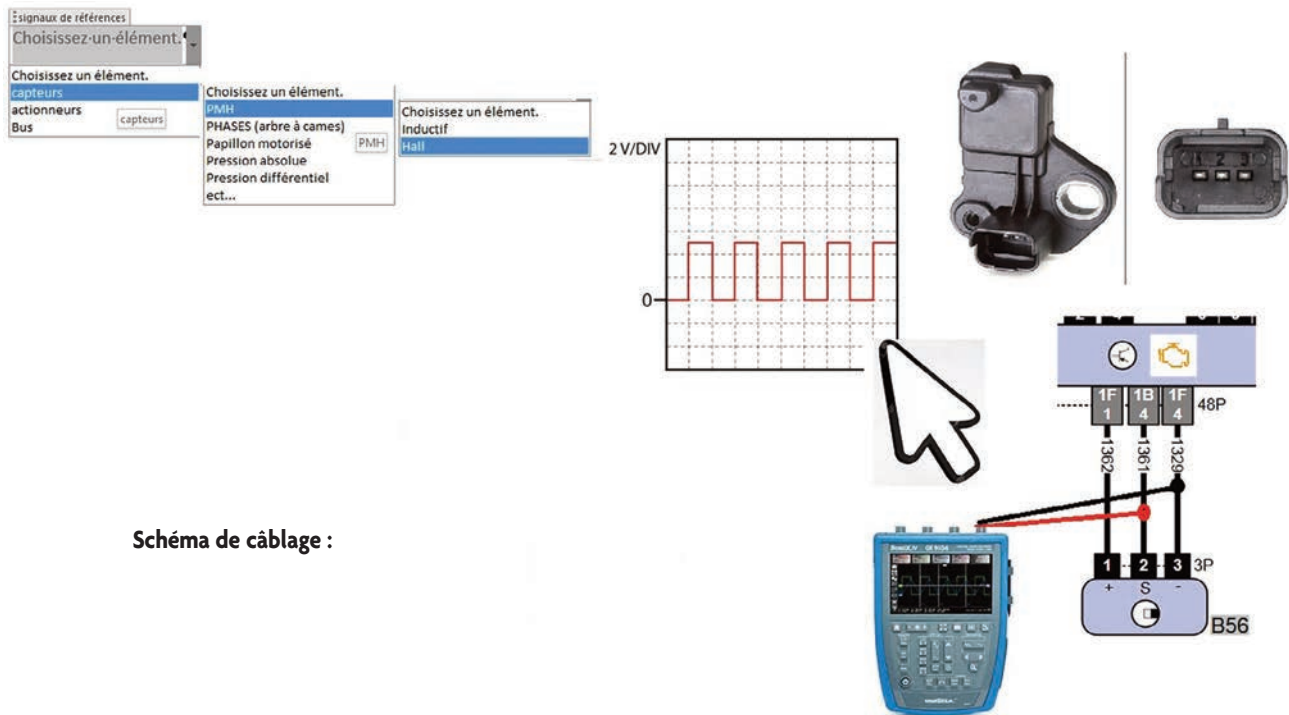
Pour répondre à ces questions, il existe des documents papiers ou numériques des bases de données avec des informations, qui permettent de réaliser le branchement de l'oscilloscope et de récupérer un signal de référence. Mais ceci est une situation que le technicien n'apprécie guère (perte de temps) ceci aboutit le plus souvent à l'abandon de la solution de l'oscilloscope. J'ai même entendu des techniciens lors d'acquisition d'un nouvel appareil de diagnostic, dire : « on n'a pas pris l'option carte mesures (oscilloscope), de toute façon, cela ne sert à rien ». Savaient-ils s'en servir? Ou estiment-ils simplement qu'ils ne vont jamais l'utiliser ?

## LA SOLUTION :

Il faut vulgariser et simplifier l'utilisation de l'oscilloscope pour le rendre agréable et facile à utiliser. Les fabricants doivent les rendre simples d'utilisation et intuitifs, afin qu'ils ne soient pas seulement perçus comme un outil de laboratoire pour lequel seules quelques

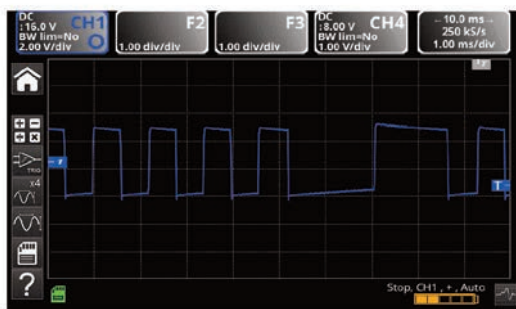


# Bac pro MV

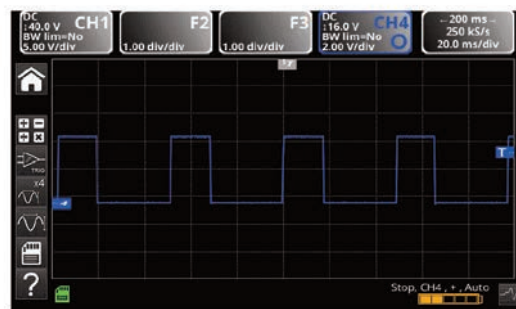


personnes formées accéderaient à son utilisation efficace. Une base de données à menu déroulant propose de choisir les éléments mesurables ainsi que des courbes de référence. Pour avoir un outil encore plus performant dans son utilisation, un schéma de câblage est un plus. Celui-ci permet d'aider le technicien à raccorder l'oscilloscope pour effectuer la mesure. Après avoir sélectionné l'élément qu'il désire mesurer, l'oscilloscope configure la base de temps et l'amplitude adaptées à la mesure. L'utilisateur n'a pas à réaliser de calculs pour effectuer le réglage de l'appareil. C'est un gain de temps précieux et ceci garantit la visualisation de la mesure.

## REPRENONS NOTRE DIAGNOSTIC :



Mesure signal capteur PMH.



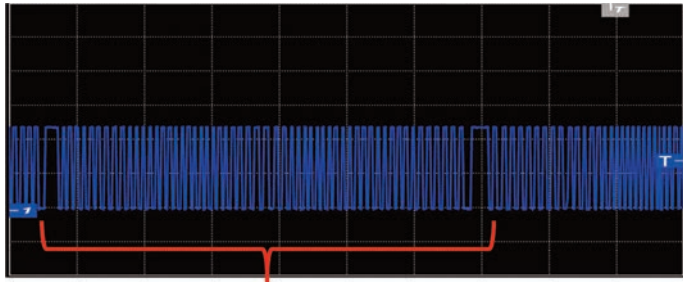
Mesure signal capteur Arbre à cames.

**Nous décidons de réaliser la mesure des signaux des capteurs de phase et PMH. Voici le résultat :**

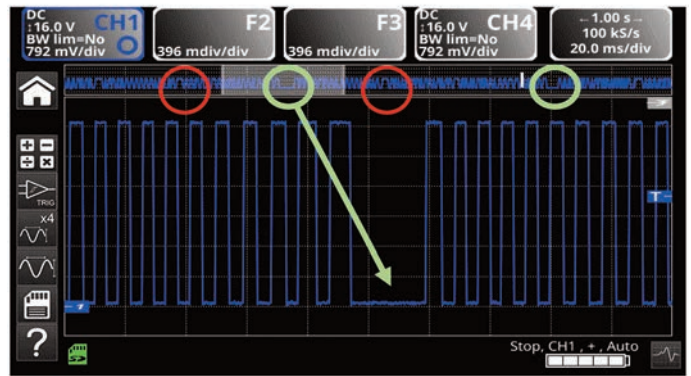
Dans un premier temps, nous observons que les deux capteurs émettent un signal. Mais la mesure des signaux est partielle. Il est donc impossible de visualiser la totalité des signaux pour observer leurs conformités. Avec scopix IV, nous pouvons enregistrer le signal complet et l'analyser grâce à un système de zoom. Reprenons le signal capteur PMH.

Signal Capteur PMH intégral :

Le signal est complet mais compliqué à exploiter. Il suffit d'utiliser les fonctionnalités zoom de l'appareil. Cela est très utile afin d'analyser la courbe de manière précise.



Le signal correspond à un tour de vilebrequin moteur.



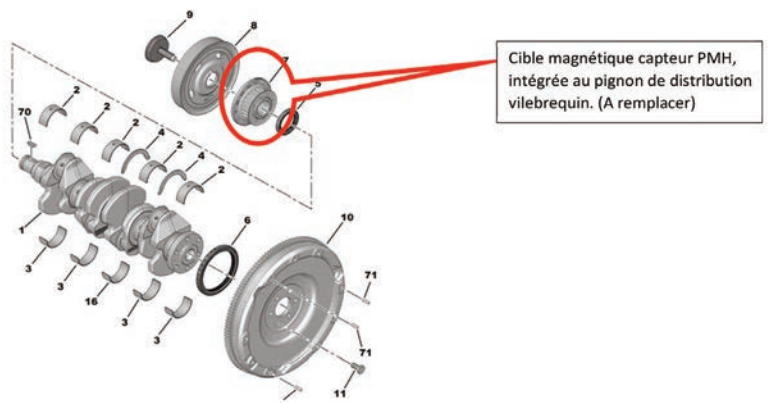
- Visualisation du repère PMH, cylindre de référence.
- Anomalie détectée dans la forme du signal (la cible magnétique doit être endommagée) Le problème se répète à chaque tour moteur.

La démonstration nous permet de conclure, que la cible magnétique est endommagée. La réalisation des mesures dans un temps relativement court, nous guide vers la solution de remplacer de la cible magnétique du capteur PMH.

Nous optons pour la solution la plus longue, avec un temps de main d'oeuvre conséquent mais :

- o Nous ne réaliserons pas le démontage-remontage pour rien ;
- o Nous n'avons pas changé le capteur PMH inutilement (main d'oeuvre + coût de la pièce et délais de commande) ;
- o Nous ne remplacerons pas le capteur de phase.

L'oscilloscope est un outil déterminant dans la recherche de panne statique et dynamique. La seule condition est de le rendre accessible lors de son utilisation par des techniciens d'atelier. Les avantages seraient le gain de temps et le fait d'éviter de mettre l'utilisateur en situation d'échec. Ceci permettrait à l'utilisateur d'envisager l'oscilloscope comme un allié de taille dans la réalisation de ses diagnostics.

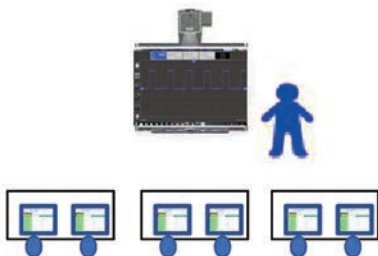


Cible magnétique capteur PMH, intégrée au pignon de distribution vilebrequin. (A remplacer)

## Formation :

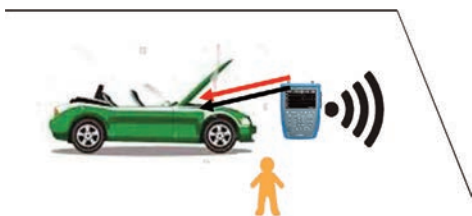
Il est indispensable d'amener les futurs techniciens à utiliser davantage les oscilloscopes. Pour ce faire, il faut les amener à utiliser l'outil régulièrement tout au long de leur cursus de formation. Ce qui permettra aux futurs techniciens de maîtriser son utilisation et d'avoir certains automatismes en diagnostic.

## Voici un exemple d'utilisation pédagogique de l'oscilloscope :



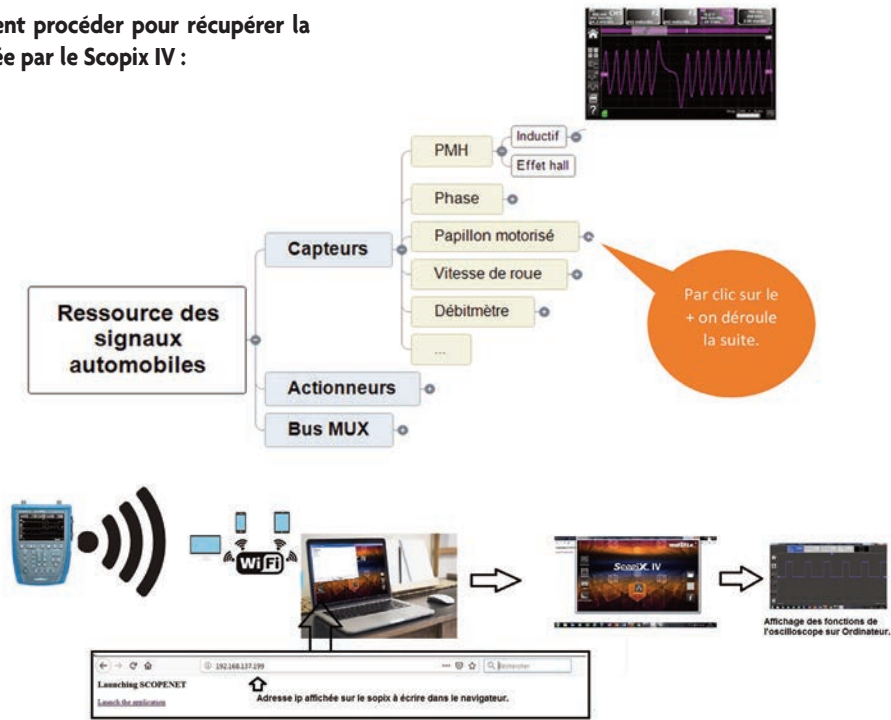
Lors de démonstrations pédagogiques ou lorsque l'apprenant utilise lui-même l'outil, le scopix offre la possibilité de réaliser une mise en réseau wifi :

Le schéma à gauche illustre une possibilité de pratique pédagogique. Un relevé de signal (capteur ou actionneur...) est réalisé sur un véhicule dans un atelier par un formateur. Le véhicule peut être en état de fonctionnement ou présenter un symptôme de dysfonctionnement. Le scopix IV est connecté au réseau wifi ainsi que les ordinateurs de l'enseignant et ceux des stagiaires.



# Bac pro MV

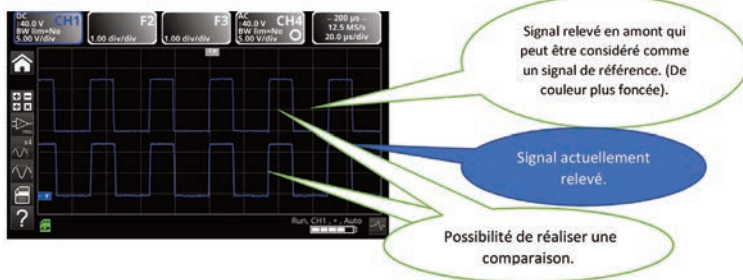
Voici comment procéder pour récupérer la trace mesurée par le Scopix IV :



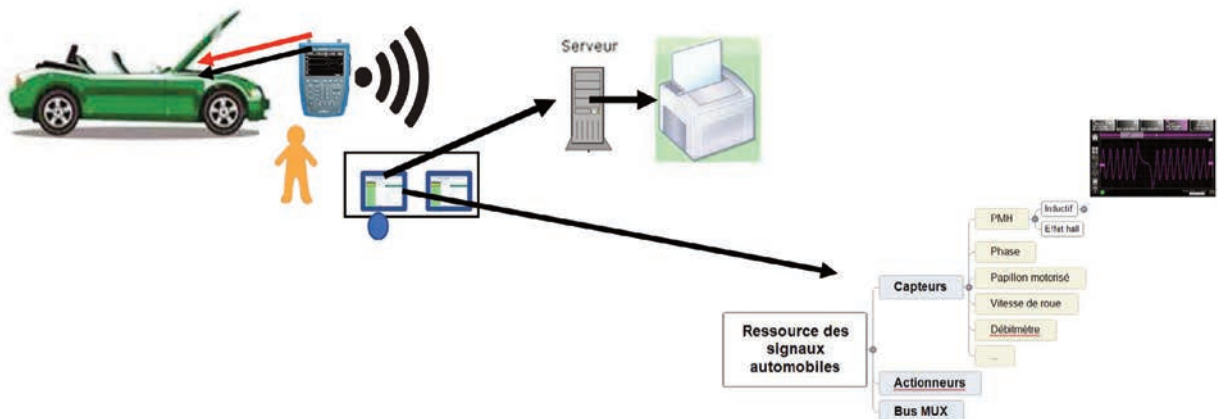
Le formateur visualise le relevé sur son tableau à l'aide d'un vidéoprojecteur, et les stagiaires peuvent aussi reprendre le relevé sur leur PC. Ceci est très pratique, car l'enseignant peut commenter le relevé. Et les stagiaires peuvent le conserver afin de créer leur propre base de signaux de référence, tout au long de leur formation comme une MindMAP.

Toujours dans la même configuration, le formateur peut dans un premier temps faire un relevé de signal lorsque le véhicule est en état de fonctionnement. Il fige le signal comme si celui-ci était une référence. Ensuite, il met le véhicule en dysfonctionnement et réalise de nouveau un relevé lorsque le système n'est plus conforme. C'est une solution qui permet de réaliser une comparaison afin de montrer au stagiaire le comportement du signal lorsque le système fonctionne mal ou pas du tout.

L'illustration précédente nous décrit la possibilité d'imprimer le signal relevé ou de le conserver dans une base de données personnelle. Ceci est très intéressant car le stagiaire utilise l'outil en autonomie, ce qui lui permet progressivement de le maîtriser dans des essais et lors de futures mesures.



Enfin, voici comment se passe l'utilisation du scopix IV en autonomie par un stagiaire lors d'exercices pratiques :



La démonstration de l'utilisation de l'oscilloscope en diagnostic automobile ou dans l'apprentissage des futurs techniciens automobile n'est plus à faire. L'oscilloscope a toute sa place car c'est un outil très performant qu'il ne faut pas négliger. Il apporte en effet un confort de travail absolu et un savoir-faire indéniable pour les techniciens automobile.

## “ LA VENTILATION MÉCANIQUE CONTRÔLÉE DANS UN ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE ”

Patrick LEFORT,

inspecteur pédagogique régional honoraire -  
Sciences et techniques industrielles

**Le contexte.** Dans le cadre d'une rénovation de site, nous devons remplacer des salles de classe et laboratoires hébergés dans des bâtiments préfabriqués. Ceux-ci ne répondant plus aux normes de sécurité, la commission communale de sécurité et d'accessibilité avait émis un avis défavorable à la poursuite des activités d'enseignement dans ces locaux.

Pour ces travaux, étalés sur 5 ans en 4 tranches, la priorité a été donnée à la création de nouveaux laboratoires de chimie destiné au BTS Métiers de la Chimie et au BTS Métiers de l'eau.

Préalablement au lancement des appels d'offre, il a été nécessaire de compiler l'ensemble des textes réglementaires applicables à ces locaux à risques particuliers.

### LES TEXTES APPLICABLES

#### Réglementation de sécurité contre les risques d'incendie

Arrêté du 14 février 2000 et ses modifications ultérieures. Il distingue les réseaux de ventilation générale qui assurent le soufflage et la reprise de l'air destiné à assurer la ventilation de confort, des réseaux de ventilation mécanique contrôlée qui assurent, sans recyclage, l'extraction mécanique de l'air vicié dans les locaux à pollution spécifique (salles d'eau, WC, offices etc.).

Chaque Établissement Recevant du Public ERP est classé suivant son activité et sa capacité d'accueil. Ainsi notre établissement scolaire est classé R5

- R : Établissements d'éveil, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement
- 5<sup>ème</sup> catégorie : établissements accueillant un nombre de personnes inférieur au seuil dépendant du type d'établissement.

#### Extrait du tableau des seuils

Type	Nature de l'exploitation	Sous-sol	Étages	Ensemble des niveaux
R	Établissements d'éveil, Établissement d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement avec locaux réservés au sommeil (lits)	Interdit	20 (1 étage)	100
		100	100	200
		-	-	30

C'est ce classement qui va conditionner certains choix architecturaux (dispositions des locaux, circulations horizontales et verticales, évacuations) ou techniques (choix des matériaux et techniques de construction) ou certaines installations de sécurité (SSI).

D'une façon générale les réseaux de ventilation doivent être réalisés de manière à limiter d'une part le potentiel calorifique et d'autre part la propagation du feu à l'intérieur de l'établissement.

Sont ainsi prescrits dans cet arrêté les matériaux proscrits, les règles de l'art concernant les centrales de traitement de l'air, les batteries de résistances électriques pour le réchauffage en ligne, les filtres, les structures de réseaux, les obturateurs et le mode de marche (en cas d'incendie par exemple).

#### Articles 64.1 et 64.2 du règlement sanitaire départemental type (RSDT)

C'est lui qui définit les débits d'air réglementaire en fonction de la classification des locaux. Ainsi pour un établissement scolaire :



# Section énergétique

Locaux entrée d'air	
Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf en m <sup>3</sup> /h par occupant
<b>Locaux d'enseignement :</b> Classe, salle d'études, laboratoires à l'exclusion de ceux à pollution spécifique	
• Ecoles maternelles, primaires et collèges	15
• Lycées, universités	18
• Ateliers	18
<b>Bureaux et locaux assimilés :</b> tels que locaux d'accueil, bibliothèque etc.	18
Locaux de sortie d'air (air non recyclable)	
<b>Pièce à usage collectif :</b> Cabinet d'aisance isolé	30

## Code du travail

Ce sont les décrets 841093 et 841094 du 07 décembre 1984 qui s'appliquent. Cela concerne les personnes exerçant une activité salariée dans le local étudié, on prend en compte l'effectif salarié.

S'applique à :

- Tout établissement en exploitation (décret 84-1093) ;
- Toute construction neuve ou aménagement de bâtiment destinés à l'exercice d'une activité industrielle ou commerciale (décret 84-1094).

Pour un établissement scolaire, cela concernera par exemple les bureaux des personnels administratifs et de service.

Locaux à pollution non spécifique : entrée d'air	
Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf en m <sup>3</sup> /h par occupant
Bureaux, locaux sans travail physique	25

## Filtration

Pour éviter d'insuffler dans les locaux de l'air pollué, on utilise des filtres en entrée. Ces filtres se classent en degrés de filtration qui obéissent à la norme NF EN 779. Celle-ci a été supplantée en 2018 par une nouvelle norme mondiale, la ISO 16890.

Très sommairement, on trouvait dans la norme EN 779 :

- Filtres G1, G2, G3, G4 : filtrent les grosses particules ;
- Filtres M5, M6 : filtrent les particules moyennes ;
- Filtres F7 à F9 : filtrent les particules fines.

Dans la plupart des cas, les classes de filtres qui concernent les VMC sont les G4, M5 et F7. Le choix du filtre dépend bien sûr de la performance de filtration visée mais aussi d'un compromis. En effet, plus le filtre est actif sur les particules fines, plus sa résistance au passage du flux sera grande et plus le moteur sera sollicité et donc consommera. La qualité de l'air Vs la moindre consommation. La résistance des filtres à l'écoulement de l'air représente au moins 30% de la consommation énergétique d'un système de ventilation (*source Xpair®*).

Si on compare les deux normes :

	EN 779 de 2012	ISO 16890 de 2018
Taille des particules pour la classification	0,4 µm	0,3 à 1 µm (PM1) 0,3 à 2,5 µm (PM2.5) 0,3 à 10 µm (PM10)
Test aérosol	DEHS (sébaçate de di-éthylhexyle)	DEHS pour 0,3 à 1 µm KCl (chlorure de potassium) pour 2,5 µm & 10 µm
Pression différentielle finale test	G1, G2, G3, G4 = 250 Pa M5, M6, F7, F8, F9 = 450 Pa	PM 10 < 50% = 200 Pa PM10 > 50% = 300 Pa
Classification	G1 à G4 M5 à M6 F7 à F9	ISO Coarse ISO ePM10 ISO ePM2.5 ISO ePM1



# Section énergétique

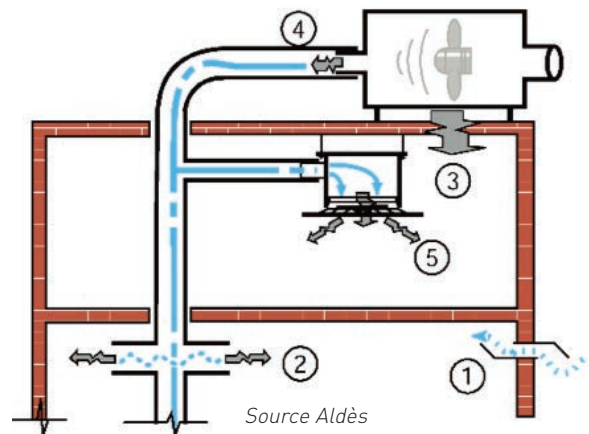
## Réglementation acoustique

C'est l'arrêté du 09 janvier 1995 qui régit le niveau de bruit admissible dans les établissements d'enseignement.

Enseignement (arrêté du 9 janvier 1995)	
Désignation des locaux	Niveau de bruit (L nA,T)
Locaux d'enseignement : <ul style="list-style-type: none"><li>Tous locaux</li><li>Bibliothèque, médiathèque salle de repos</li></ul>	38 dB (A) en continu 43 dB (A) en intermittent 33 dB (A) en continu 38 dB (A) en intermittent

Cela a des conséquences sur la conception du système de ventilation. Il faudra traiter :

1. L'isolement au bruit extérieur, dans le cas d'un simple flux via les entrées d'air neuf.
2. L'interphonie via les bouches de différents locaux sur une même gaine de distribution.
3. Le bruit solide qui transite par les fixations mécaniques.
4. Le bruit rayonné qui dépend du choix du ventilateur et de la conception du réseau (diamètre, débit).
5. Le bruit généré par le diffuseur qui devra correctement être dimensionné pour éviter les sifflements.



## Réglementation thermique RT2012

En simple flux, extraire l'air pollué des locaux entraîne l'arrivée d'air neuf via des bouches, grilles donnant directement sur l'extérieur. Il entre donc un volume conséquent d'air froid. Cela influe sur le bilan thermique du bâtiment.

C'est la réglementation RT 2012 qui nous permet d'envisager une piste d'économie. Elle précise qu'en adoptant une régulation en période d'occupation par mesure du CO<sub>2</sub> le coefficient de réduction des débits (Crdbrn) passe à 0,8.

## Directive européenne ERP (ou ECODESIGN) 2009/125/CE

La Directive Européenne ErP (Energy related Products) 2009/125/CE date du 21 octobre 2009. Elle abroge la précédente directive 2005/32/CE : EuP (Energy using Products) et a été transposée en droit français le 28 juin 2011.

Par cette directive, l'Union Européenne encourage la vente de produits plus performants, moins polluants, et moins consommateurs d'énergie dans le cadre du marquage CE, elle s'applique aux produits ayant un impact sur la consommation d'énergie sur tout leur cycle de vie, depuis leur fabrication, leur utilisation et jusqu'à leur fin de vie.

Cette directive ne concerne pas spécifiquement la ventilation mais s'attache à réduire les consommations électriques et donc réduire les consommations d'énergies fossiles et les rejets de gaz carbonique.

Le règlement CE n°640/2009 de la Commission du 22 juillet 2009 porte application de la directive 2005/32 CE du Parlement européen et du Conseil et concerne les exigences relatives à l'écoconception des moteurs électriques (à partir du 1er janvier 2017 : tous les moteurs d'une puissance nominale comprise entre 0,75 et 375 kW doivent soit avoir un rendement supérieur ou égal au niveau de rendement IE3 défini à l'annexe I, point 1, soit atteindre le niveau de rendement IE2 défini à l'annexe I, point 1 et être équipés d'un variateur de vitesse). Cette directive s'impose, entre autres exigences, aux VMC simple flux utilisées en tertiaire.

## LES SOLUTIONS RETENUES PAR L'ÉTABLISSEMENT

### Laboratoire de chimie

Une première tranche de travaux avait permis de remplacer les laboratoires de chimie. Ceux-ci ayant des contraintes particulières de ventilation et de gestion des effluents gazeux potentiellement dangereux, la VMC avait été traitée conjointement avec les aspirations individuelles sur les paillasse, appareils, armoires de stockage spécialisées et sorbonnes. Ainsi en complément de la VMC sanitaire de 270 m<sup>3</sup>/h, il est adjoind une insufflation supplémentaire fournie par deux ventilateurs (500 m<sup>3</sup>/h et 1800 m<sup>3</sup>/h) asservis aux débits des extractions (sorbonnes et ventilation individuelle des paillasse), via des variateurs de vitesses inter dépendants pilotés en 0-10 V. Pour une meilleure efficacité énergétique les flux entrant et sortant se croisent au sein d'échangeurs thermiques à plaques en polypropylène.

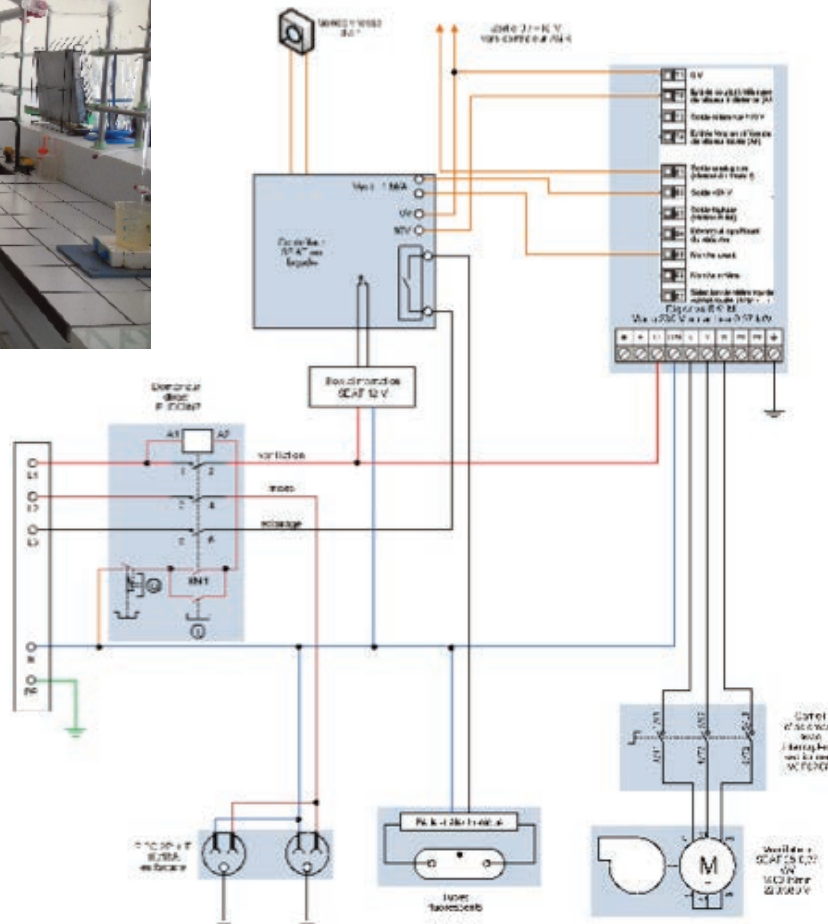


# Section énergétique

Il est à noter que les réglementations de ventilation de ces locaux techniques à risques obéissent à des textes particuliers. Ce seul laboratoire de chimie (BTS métiers de la chimie) de 138 m<sup>2</sup> comporte 14 dispositifs de ventilation pour une puissance totale installée supérieure à 6 kW et des flux extraits pouvant atteindre 15 500 m<sup>3</sup>/h. Ces locaux spécialisés n'ont pas à obéir à la RT 2012.



Vue intérieur avec au fond les sorbonnes et au premier plan les bras d'aspiration individuels

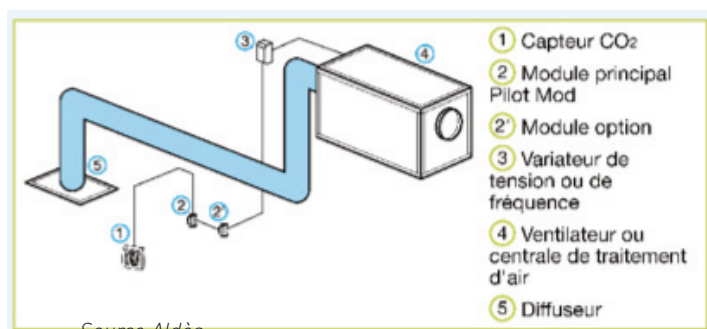


Plan de câblage d'une sorbonne

## Espace entreprise

Pour ce qui concernait le bâtiment de salles de classe, l'objectif était bien sûr de répondre aux contraintes réglementaires mais aussi de trouver une solution globalement économique.

Au rez-de-chaussée la salle « espace entreprise » de capacité 100 personnes est dotée d'une VMC EasyVEC® Microwatt 2000 de chez Aldes avec un moteur asservi en vitesse au taux de CO<sub>2</sub> pour un débit extrait de 1500 à 2500m<sup>3</sup>/h (correspondant à la présence potentielle de 100 personnes à 18 m<sup>3</sup>/h par personne). Un débit minimal de 5% du débit nominal est assuré en absence d'occupants.



Source Aldès

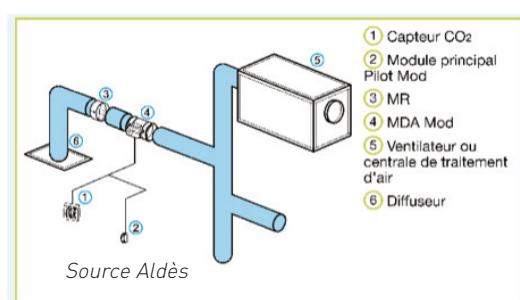


# Section énergétique



## Salles de classe

Pour les salles de classe, on a tenu à ce que les ventilations soient traitées pièce par pièce. Donc le moto ventilateur travaille à flux constant mais un registre (positionné dans le faux plafond) est placé sur chaque bouche d'extraction (1 par salle de classe).



Description du fonctionnement en mode proportionnel sur multizone (d'après Aldès)

- A. Taux de CO<sub>2</sub> < 700 ppm : le MDA est ouvert pendant 10 % du temps.
- B. Dès occupation : le module principal détermine le taux de CO<sub>2</sub> en fonction du capteur de la mesure de CO<sub>2</sub>. Le temps d'ouverture dépend directement du taux de CO<sub>2</sub>. À partir de 700 ppm, le module principal analyse les détections pendant 10 minutes et il en déduit le taux de CO<sub>2</sub> et le temps d'ouverture (x min par tranche de 10 min). Le MDA est ouvert à 100% si le taux de CO<sub>2</sub> > 1100 ppm. Le MDA se ferme, le cycle de décroissance commence 10 min après la dernière détection.
- C. Après la dernière détection, le temps d'ouverture des MDA va décroître jusqu'à 10% par palier de 10% et par tranche de 10 min. Ceci pour éviter les phénomènes de pompage.

La position du capteur de CO<sub>2</sub> est critique. La densité de ce gaz justifierait que la mesure soit faite au niveau du sol mais alors on peut craindre sur sa durée de vie dans un milieu scolaire. Ils ont été placés à environ 1m70.

Une erreur de conception au niveau des plans du gros œuvre n'a pas permis d'utiliser une gaine de section circulaire et ce sont des gaines à section oblongue (515 x 215 mm) de section équivalente qui ont été utilisées (coefficient de surcoût : x3,2 !).

Les entrées d'air frais sont constituées de grilles circulaires de Ø 150 mm protégées côté salle de classe par des grilles inox.

## MESURES

### Bruit

Au niveau de la salle de réunion, appelée « espace entreprises » dans laquelle se déroule l'ensemble des réceptions, conférences et actions de partenariat, la mesure du bruit s'est effectuée avec un CA 832, utilisé avec la courbe de pondération A, et un temps de réponse long (réglage S). Lorsque l'installation de ventilation était à la vitesse maximale, nous étions en dessous des valeurs minimales mesurables par l'appareil.



# Section énergétique



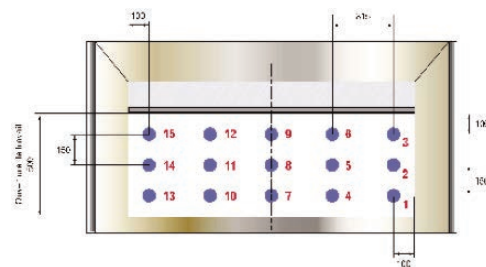
## Débit d'air

Cette mesure s'est effectuée sur les sorbonnes, bien que ce contrôle réglementaire soit annuellement sous-traité à une entreprise extérieure. Nos sorbonnes étant équipées de variateurs de vitesse c'est la norme NF EN 14175-6 que nous avons pris comme référence.

La mesure de la vitesse d'air frontal a pour objectif de vérifier le profil de la vitesse d'air dans l'ouverture de la sorbonne. Elle doit être au minimum de 0,4 m/s en moyenne. Nous avons utilisé un thermo-anémomètre à hélice CA 1227 alors que les contraintes de la mesure normalement préconisent d'utiliser un anémomètre thermique.

La dimension de la sorbonne est de 1600 mm de large donc on prend une maille à 15 points de mesure. La valeur minimale est obtenue uniquement lorsque le ventilateur d'extraction est à sa vitesse maximale.

Nombre de points de mesure de vitesses d'air frontale	
Nombre de points	Largeur de la sorbonne en mm
6	$l \leq 610$
9	$610 < l \leq 1\ 010$
12	$1\ 010 < l \leq 1\ 410$
15	$1\ 410 < l \leq 1\ 810$
18	$1\ 810 < l \leq 2\ 210$
21	$2\ 210 < l \leq 2\ 610$



Emplacement des points de mesure

Source Guide pratique de la ventilation INRS ED795

## Températures

Les seules mesures de températures ont été faites dans le laboratoire de chimie. Le chauffage de ce laboratoire se fait via une climatisation réversible de type VRV (Volume Réfrigérant Variable) et il a été difficile d'obtenir de bonnes conditions de confort avec des volumes d'air extraits aussi importants. Un enregistrement des températures sur une période de 12 h a permis de mettre en évidence des dysfonctionnements du thermostat de programmation de la climatisation. Il a été déplacé dans le local car il était influencé par les flux d'air des sorbonnes. Pour cette mesure nous avons utilisé un enregistreur CA 1823 avec une sonde SP12.



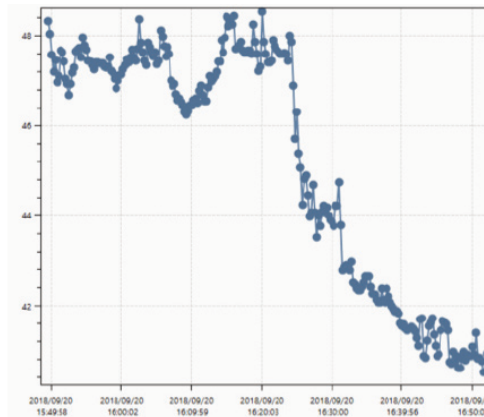
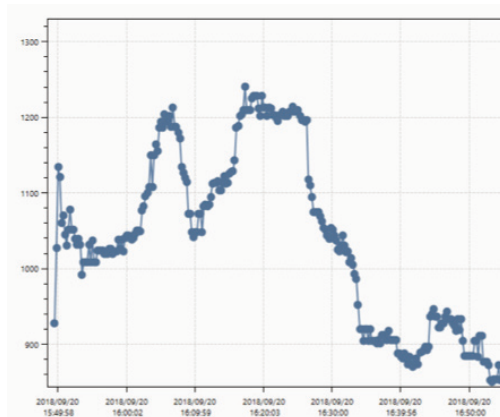
## Taux de CO<sub>2</sub>

Nous avons tenté de mesurer en situation de travail les taux de CO<sub>2</sub> dans une salle de classe pour vérifier le fonctionnement de la régulation de la ventilation.

Pour ce faire nous avons utilisé l'appareil CA 1510 permettant les mesures d'humidité, de température et de CO<sub>2</sub>.



La salle était occupée à sa capacité maximale, la température était de 30°C en début de séance.



## Conclusions

Les équipements du second œuvre du bâtiment sont dorénavant fortement contraints par les différentes réglementations. Il importe, lors des prescriptions et des analyses des offres de bien connaître ces textes. Les mesures permettent de vérifier que les équipements installés répondent aux exigences réglementaires. Ces mesures aérodynamiques peuvent s'avérer complexes à mettre en œuvre du fait de l'interaction de nombreux paramètres.

## LA MESURE EXPÉRIMENTALE

*Mokhtar Boudjit*

*Enseignant en sciences industrielles de l'ingénieur  
Académie de Grenoble*

Cas pratique « Pommeau de douche connecté Hydrao Aloé »

### RÉSUMÉ :

Les enseignements en spécialité sciences de l'ingénieur de la voie générale du lycée installent progressivement la démarche de l'ingénieur qui consiste à comparer les performances du cahier des charges d'un produit avec celles simulées et validées par la mesure expérimentale. Les élèves sont amenés à mettre en œuvre une analyse critique des résultats pour s'interroger sur leur validité, pour optimiser les modèles numériques et les choix matériels afin d'optimiser les performances attendues.

La mesure expérimentale prend tout son sens dans cette démarche en sciences de l'ingénieur.

**Mots-clés :** produit, modèle, simulation, expérimentation, mesure, écarts.

### INTRODUCTION

La mesure expérimentale est une phase fondamentale dans le développement d'une solution technique. Pour valider une hypothèse, pour vérifier la qualité, pour répondre à une norme ou pour valider un modèle, l'expérimentation nécessite une démarche scientifique avec de la méthode et de la rigueur. Le protocole expérimental doit être pensé et établi rigoureusement. Il regroupe les conditions du déroulement de la mesure :

- ✓ définition de l'objectif de la mesure expérimentale ;
- ✓ choix du protocole de mesure ;
- ✓ choix des appareils de mesure, paramétrage d'une chaîne d'acquisition ;
- ✓ réalisation des mesures ;
- ✓ traitement des données ;
- ✓ analyse et interprétation des résultats et des écarts.

### PLACE DE LA MESURE EN SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

Le programme d'enseignement de spécialité de sciences de l'ingénieur de première et terminale de la voie générale, paru au Bulletin Officiel spécial n°1 du 22 janvier 2019, précise les objectifs généraux des enseignements et détaille les compétences développées et les connaissances associées tout en indiquant les contextes.

La démarche pour réaliser des mesures expérimentales, et calculer des écarts de performances est transversale et apparaît dans plusieurs compétences :



## INNOVER

Compétences développées	Connaissances associées
Evaluer une solution	Mesures et test des performances de tout ou partie de la solution innovante

## ANALYSER

Compétences développées	Connaissances associées
Quantifier les écarts de performances entre les valeurs attendues, les valeurs mesurées et les valeurs obtenues par simulation	Écarts de performance absolu ou relatif, et interprétations possibles Erreurs et précision des mesures expérimentales ou simulées Traitement des données : tableaux, graphiques, valeurs moyennes, écarts types, incertitude de mesure Choix pertinent d'un ou plusieurs critères de comparaison
Rechercher et proposer des causes aux écarts de performances constatés	Analyse des écarts de performances
Valider les modèles établis pour décrire le comportement d'un objet	

## EXPERIMENTER ET SIMULER

Prévoir l'ordre de grandeur de la mesure	Gamme d'appareils de mesure et capteurs
Identifier les erreurs de mesure	
Conduire des essais en toute sécurité à partir d'un protocole expérimental fourni	Règle de raccordement des appareils de mesure et des capteurs
Proposer et justifier un protocole expérimental	
Instrumenter tout ou partie d'un produit en vue de mesurer les performances	Capteurs, composants d'une chaîne d'acquisition Paramétrage d'une chaîne d'acquisition Carte micro - contrôleur

Tableau 1 : Extraits des compétences / connaissances associées

## DÉMARCHE DE MISE EN PLACE DES MESURES

Les ingénieurs imaginent et mettent en œuvre des solutions innovantes pour répondre aux besoins des personnes, avec l'ambition de rendre accessible à tous les progrès qu'apportent quotidiennement les sciences et les technologies.

Les produits industriels issues de ces solutions innovantes mettent en œuvre des interactions entre des phénomènes physiques de natures différentes : électrique, électromagnétique, mécanique, hydraulique, thermique, ...

Afin de réduire le temps et le coût de mise au point d'un produit, il est nécessaire de modéliser les différentes interactions physiques pour en simuler le comportement avant de passer à la phase de prototypage.

La comparaison des écarts entre les résultats de simulation, d'expérience et les niveaux attendus est source de multiples réflexions quant à la pertinence du modèle, la pertinence du protocole expérimental ou encore la validité de la solution au regard du cahier des charges.

Il s'agit donc de comparer les performances attendues, mesurées et simulées en évaluant les écarts entre les différentes valeurs obtenues.

L'analyse de ces écarts représente un point fondamental dans la démarche de l'ingénieur.



## MISE EN ŒUVRE AUTOUR D'UN PRODUIT MULTIPHYSIQUE

En accord avec le programme de la spécialité SI, il nous a semblé primordial de montrer comment aborder le cas d'un système réel et multiphysique. Nous avons choisi d'utiliser un système développé par la société grenobloise Smart & Blue : le pommeau de douche connecté Hydrao Aloé.

### Présentation du produit commercialisé : HYDRAO

Hydrao Aloé est un pommeau de douche connecté à un smartphone en Bluetooth. Auto-alimenté, il éclaire le jet d'eau en fonction du volume d'eau consommé permettant ainsi de surveiller sa consommation d'eau et de l'énergie nécessaire pour la chauffer.

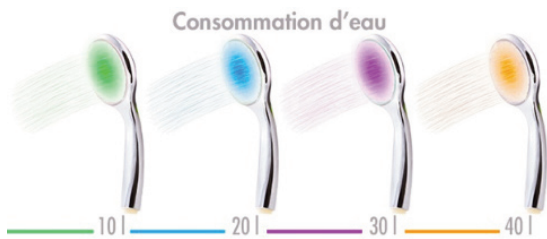
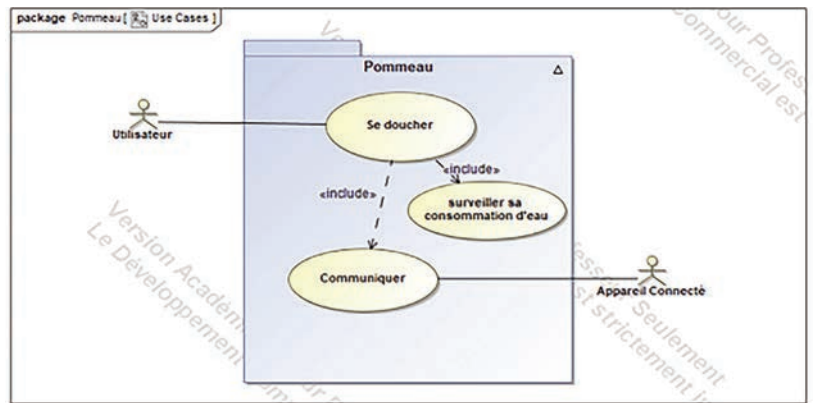


Figure 1 : diagramme des cas d'utilisation du pommeau de douche communiquant

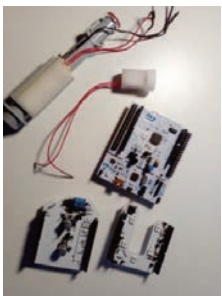


### Principe de fonctionnement

Sans batterie, le pommeau Hydrao est auto-alimenté grâce à sa turbine intégrée :

- ✓ une turbine récupère l'énergie de l'eau, transformée par une carte électronique ;
- ✓ des LED colorées avertissent l'utilisateur de sa consommation ;
- ✓ une puce Bluetooth est alimentée par l'énergie de l'eau et envoie les consommations à un smartphone, où l'utilisateur peut consulter l'historique des consommations et changer les seuils de couleurs ;
- ✓ les données (anonymisées) sont transmises à un cloud, permettant des analyses statistiques.

### Produit didactisé



La société Smart & Blue nous fournit un package comprenant :

- ✓ un pommeau réel ;
- ✓ une turbine et son support pour la sortie de l'eau ;
- ✓ une carte électronique de puissance ;
- ✓ une carte électronique « LED » ;
- ✓ une carte STM32 Nucléo avec un interpréteur micropython.

Le produit didactisé est en tout point identique à celui commercialisé ; seuls des points de test ont été ajoutés pour les besoins de l'expérimentation.

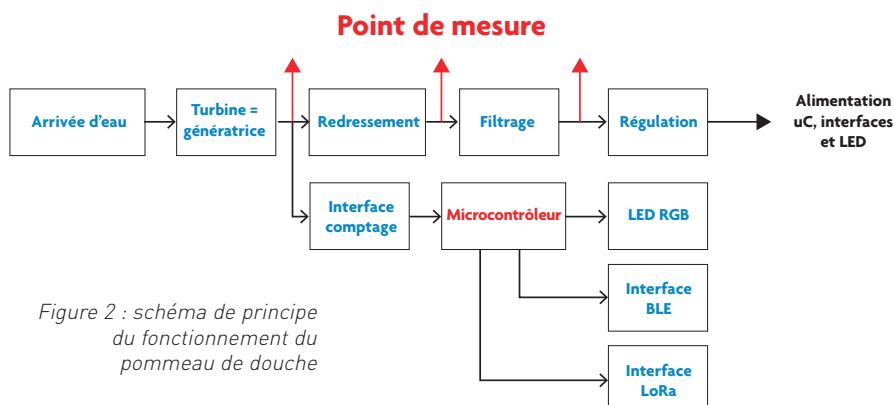
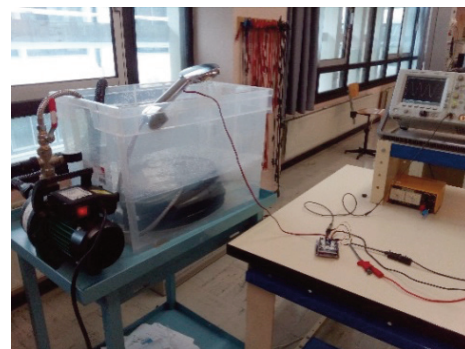


Figure 2 : schéma de principe du fonctionnement du pommeau de douche



Pour la mise en œuvre de ce kit en classe, nous avons mis au point un système fermé pour l'alimentation en eau. On y trouve une cuve contenant de l'eau qui peut être mise en mouvement au sein d'un circuit fermé par l'intermédiaire d'une motopompe. Cette eau, aspirée dans la cuve, se trouve refoulée par le pommeau de douche muni d'une turbine, puis retombe dans la cuve.



L'accès à la tension sinusoïdale en sortie de la génératrice se fait par deux fils.

La pression est réglée sur le réducteur de pression placé immédiatement en sortie de pompe. Le circuit hydraulique en sortie de pompe est doté d'un appareil qui mesure la pression.

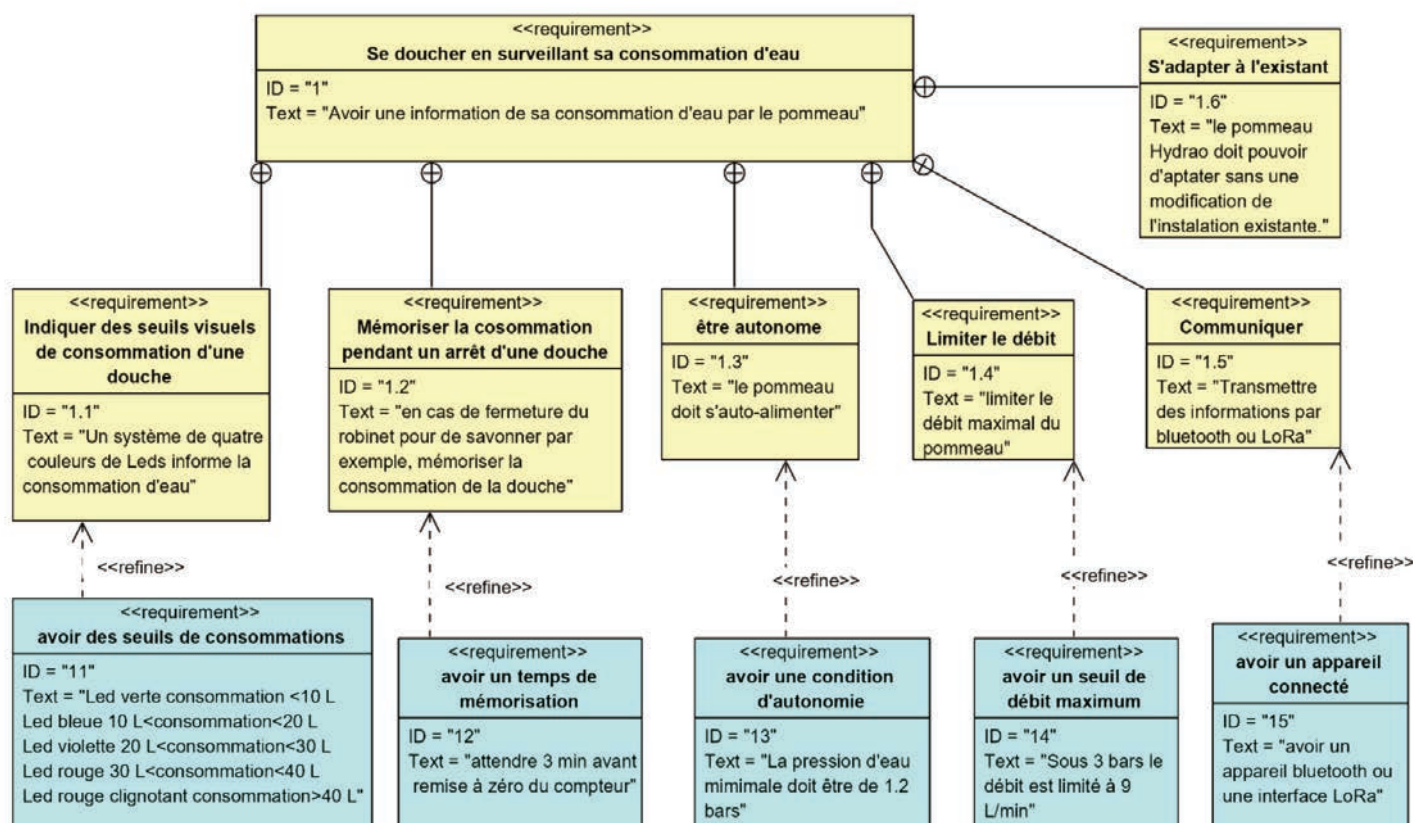


Figure 3 : diagramme des exigences du pommeau de douche communiquant

Il n'est pas nécessaire de se connecter lors de chaque douche car le pommeau a une mémoire interne permettant de conserver les données de 200 douches. Grâce à l'application Hydroa sur Smartphone, on peut récupérer via Bluetooth la consommation des douches depuis la dernière synchronisation.

L'objectif est d'économiser à la fois de l'eau et de l'énergie en réduisant le volume de la douche. Les deux paramètres sont pris en compte pour le calcul et l'affichage de l'économie réalisée par rapport à une douche de référence (douche prise lors du paramétrage ou douche moyenne de référence : durée 5 minutes, débit de 12 L/min, volume d'eau consommé : 60 L).

### Mise en œuvre d'une mesure de performance

On dispose donc du produit fini et d'une maquette de développement sur table permettant une démarche d'ingénierie R&D : activités d'innovation, d'analyse et vérification de performances et de développement.



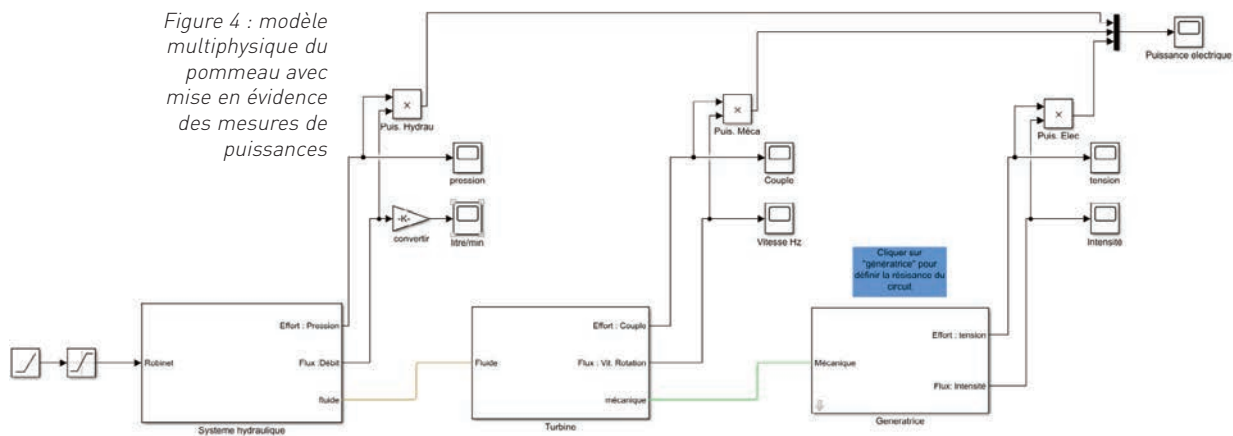
Quelques activités possibles sont listées dans le tableau suivant :

Séance	Activité
1	Créativité : travail sur l'élaboration d'idée en groupes. La séance doit déboucher sur la solution Hydrao. Démarche de Design Thinking.
2	Présentation du système avec une démarche d'ingénierie système. – Diagramme de bloc internes à compléter – Diagramme d'exigence donné. – Faire le lien avec le réel (présence du pommeau de douche réel, y compris en fonctionnement et du pommeau didactisé). – Premier travail expérimental : vérification par la mesure des performances globales du système. On reste dans l'approche système.
3	Modèle multiphysique : Etude des aspects énergétiques. Le modèle est intéressant pour la partie énergétique. – Présentation du modèle (équations de Bernoulli). – Faire des mesures pour caler le modèle multiphysique. – Déduire par une mesure indirecte la vitesse de rotation de la turbine en fonction du débit $q$ et tracer la caractéristique $= f(q)$ . – Mesurer une performance du cahier des charges : 545 tours de turbine par litre d'eau.
4	Activités de programmation en micropython : – Programme de comptage du nombre de tours de la turbine pour vérifier la performance annoncée 545 tours de turbine par litre d'eau. – Définir les seuils et compléter le programme correspondant pour l'allumage des LED (PWM). – Communication Bluetooth et LoRa.

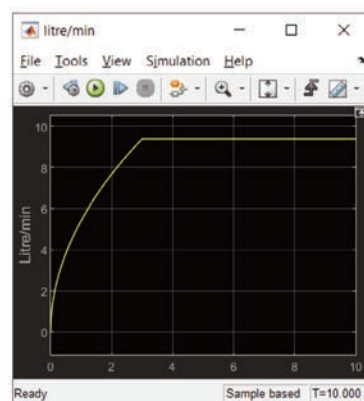
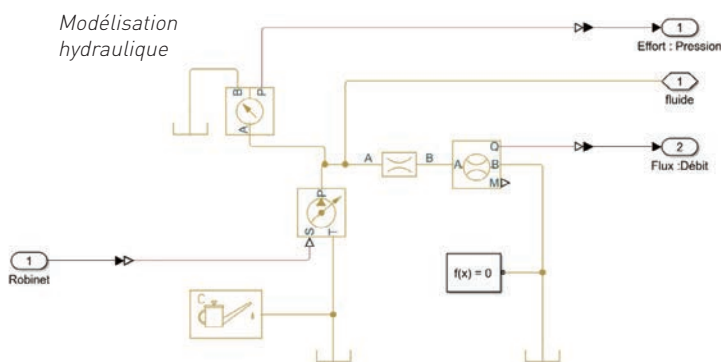
Tableau 2 : quelques activités possibles

## Modèle multiphysique du pommeau de douche

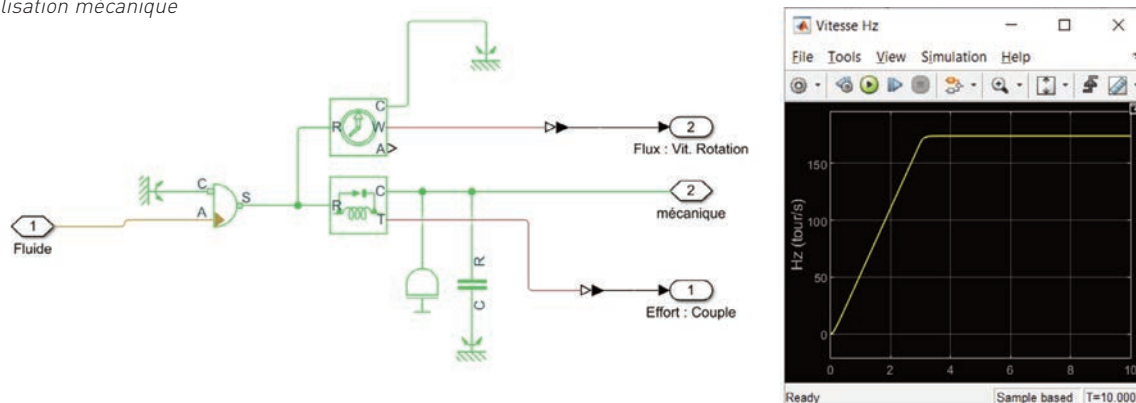
Figure 4 : modèle multiphysique du pommeau avec mise en évidence des mesures de puissances



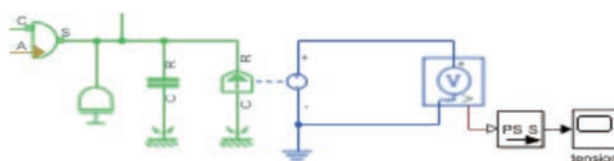
Modélisation hydraulique



## Modélisation mécanique



## Modélisation électrique



## Réalisation des mesures

Nous avons vérifié quelques caractéristiques attendues et la performance annoncée d'un débit de 9L/min sous 3 bars. Nous avons fait le choix de mesurer le débit en utilisant simplement un récipient gradué en volume et un chronomètre.

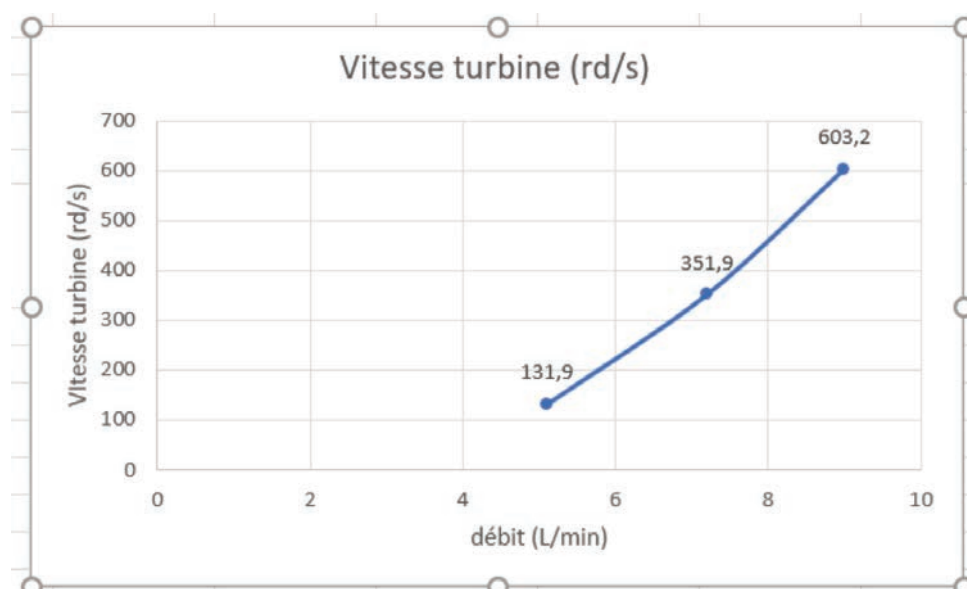
La pression est réglée sur le réducteur de pression. Sa valeur est relevée grâce à l'indication du baromètre.

Pour chaque valeur de pression, on renouvelle cinq fois la mesure pour avoir une moyenne significative mesurée.

Nous présentons sur le tableau suivant quelques résultats et uniquement les trois mesures de débit réalisées pour 3 valeurs de pression.

Pression (bar)	Amplitude PP (V)	Fréquence (Hz)	Vitesse turbine (tr/min)	Vitesse angulaire turbine (rd/s)	Vmot (V)	débit (L/min)
<b>1,00</b>	<b>2,44</b>	<b>21</b>	<b>1260</b>	<b>131,9</b>	<b>1,7</b>	<b>5,1</b>
<b>2,00</b>	<b>6,6</b>	<b>56</b>	<b>3360</b>	<b>351,9</b>	<b>5,32</b>	<b>7,2</b>
<b>3,00</b>	<b>9,7</b>	<b>96</b>	<b>5760</b>	<b>603,</b>	<b>8,6</b>	<b>8.8</b>

En effectuant cette mesure indirecte de la vitesse de rotation  $\Omega$  de la turbine en fonction du débit  $q$ , nous avons pu tracer la caractéristique  $\Omega = f(q)$ . Cette caractéristique est obtenue par trois mesures, respectivement à 1, 2 et 3 bars.



## Interprétation des résultats pour une pression réglée à 3 bars :

Valeur attendue	Valeur Simulée	Valeur mesurée	Ecart absolu $e_{absolu} =  valeur_{attendue} - valeur_{mesurée} $	Ecart relatif $e_{relatif} = \frac{e_{absolu} \times 100}{valeur_{attendue}}$
9 L/min	9,2 L/min	8,8 L/min	$e_{absolu} = 0,2 \text{ L/min}$	$e_{relatif} = 2,2 \%$

Nous constatons ici que l'écart relatif entre les différentes performances est inférieur à 10 %, il peut donc être considéré comme acceptable. La maquette est donc viable pour étudier cette performance. Nous avons ainsi pu vérifier la performance du débit de 9L/min à 3 bars et nous avons également pu valider notre modèle multiphysique.

### Caractériser un écart

Un écart peut résulter de plusieurs causes en fonction du système, de sa modélisation et des valeurs mesurées.

#### – Erreurs expérimentales

Erreur de lecture, précision de l'appareil de mesure, mauvais choix de capteur, mauvais calibre, mauvais branchement, mauvais montage, erreur d'interprétation des résultats...

#### – Erreurs de simulation

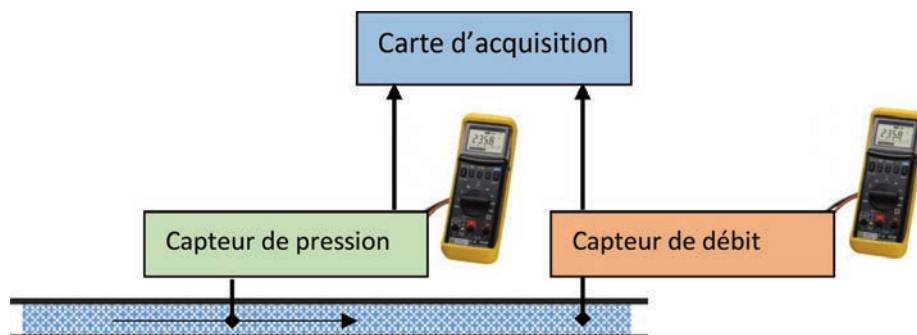
Mauvaises hypothèses (masse négligée...), erreur d'unités, de données, d'arrondi ou de calcul, mauvais modèle (statique au lieu de dynamique, frottements négligés, mauvaises liaisons...).

## DÉVELOPPEMENT POSSIBLE

La maquette telle que proposée dans cet article est dotée d'un régleur de pression et d'un baromètre analogique peu précis.

Par ailleurs, il n'y a pas de mesure de débit, ce qui a conduit à mesurer celui-ci avec des moyens simples de mesure d'un volume obtenue dans un récipient pendant une durée donnée. Il ne s'agit pas d'une valeur instantanée de débit que l'on pourrait corréler avec la pression mesurée.

Un développement possible consiste à confier aux élèves de la classe de première un projet de 12 heures consistant à choisir et installer des capteurs de pression et de débit permettant une mesure directe et instantanée.



## CONCLUSION

Dans le cadre d'une démarche d'ingénierie, nous avons utilisé un modèle multiphysique afin de simuler le comportement du produit. L'instrumentation du produit didactisé, nous a permis d'effectuer des mesures physiques en vue de vérifier des performances annoncées et également de paramétrer correctement le système multiphysique.

Cette démarche a pour objectif final de minimiser au maximum les écarts entre le modèle numérique simulé, le réel (la mesure physique) et l'attendu (l'optimisation par rapport au cahier des charges).

Le choix de la mise en œuvre de l'instrumentation s'est porté sur l'utilisation d'instruments classiques de laboratoire et également de procédés simples de mesure de volume et de calcul de durée.



## INSTRUMENTATION ET CONTROLE DES SYSTEMES

Dominique Bellec

Lycée Nelson Mandela, Poitiers

### Étude de la consommation spécifique des moteurs thermiques et implications sur la construction des groupes moto-propulseurs hybrides



La mise en œuvre d'un banc d'essai pour étudier la consommation spécifique des moteurs thermiques a fait l'objet d'un projet d'étude en section de BTS Systèmes Numériques option Electronique et Communication dans l'académie de Poitiers. Ce projet à permis de développer les compétences des étudiants dans les domaines de la mise en œuvre de solutions matérielles et logicielles fondées sur l'exécution de mesures et de tests pour des applications réelles et dans des pratiques conformes à celles rencontrées dans les entreprises. Cet article présente uniquement la mise en œuvre de l'instrumentation liée à la mesure de l'énergie électrique.

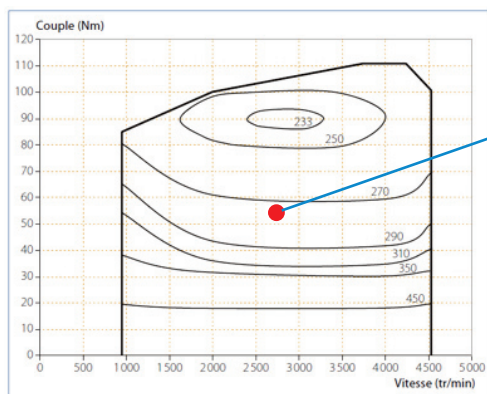
## INTRODUCTION

Les transports routiers contribuent directement à l'effet de serre par les émissions de gaz comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui est généré par la combustion de carburants fossiles.

Aujourd'hui, la réglementation et la demande des consommateurs amènent les constructeurs à proposer des véhicules ayant une consommation raisonnable. Afin de comparer différents véhicules les constructeurs ont l'obligation d'afficher une étiquette énergétique depuis 2006. Celle-ci comprend l'identification du véhicule, le type de carburant, la consommation selon les cycles urbain, extra-urbain et mixte en litres/100km, et les émissions de dioxyde de carbone (classes A à G).

La consommation de carburant des véhicules automobiles est liée à plusieurs caractéristiques comme la qualité du moteur, la masse du véhicule, sa géométrie pour tenir compte des efforts de pénétration dans l'air, des efforts dus au roulement du véhicule, etc.

Pour un moteur à combustion interne (figure 1), la quantité de carburant consommé dépend de son point de fonctionnement dans la caractéristique Couple = f (Fréquence de rotation). Les courbes d'iso-consommation indiquent les zones où le moteur est économe et celles qui engendrent une forte consommation. Ces courbes permettent de comparer des motorisations différentes en fonction de la **consommation spécifique** CSP en g/kWh (gramme de carburant brûlé par kilowattheure sur l'arbre de sortie). La donnée CSP représente l'inverse du rendement du moteur thermique.



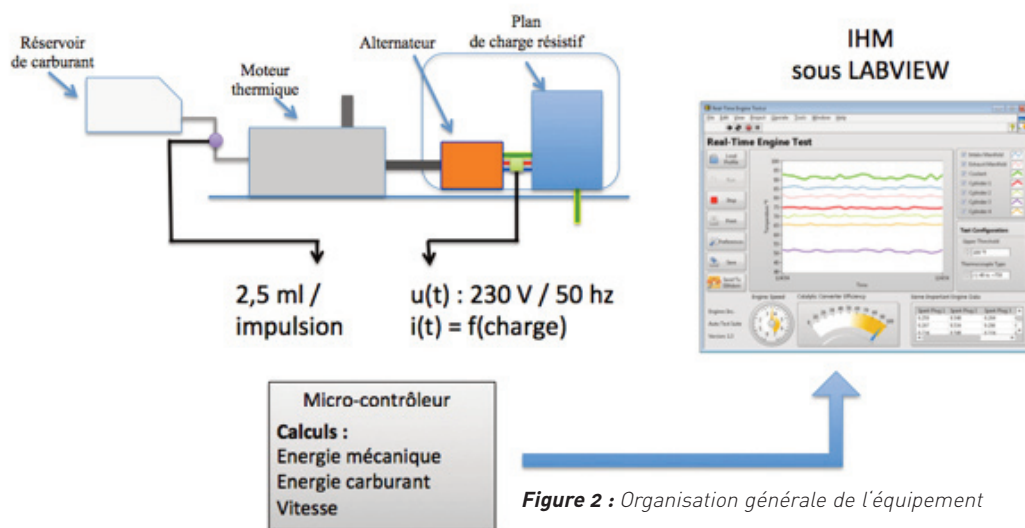
A ce point de fonctionnement, le moteur consomme 270 g de carburant pour délivrer 1kWh sur son arbre mécanique de sortie.

Figure 1 : Caractéristique Couple = f (Fréquence de rotation) d'un moteur à combustion interne

In fine, cette évaluation du rendement des moteurs thermiques a permis d'introduire l'étude des conditions de réglage et de contrôle optimum d'un groupe motopropulseur hybride thermique – électrique en classe de terminale STIDD en spécialité Energie – Environnement.

## OBJECTIFS ET CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU BANC D'ESSAIS

L'objectif de ce banc d'essai est d'évaluer le rendement d'un moteur thermique pour différents points de fonctionnement. Ce banc d'essais est basé sur un groupe électrogène 230V/50Hz du commerce (SDMO Phoenix 2800), d'une puissance de sortie de 3 kW. L'alternateur est entraîné par un moteur thermique KOLHER CH270. Le moteur thermique produit des gaz d'échappement, le groupe est donc placé en extérieur. Une IHM implantée sur un PC et développée sous LabView est reliée à un Arduino par l'intermédiaire d'un shield ETHERNET. L'IHM permet de communiquer les informations relatives au point de fonctionnement du moteur à l'aide d'afficheurs analogiques et numériques (vitesse, charge, consommation instantanée, niveau du réservoir, rendement du moteur).



L'équipement développé (figure 2) permet de traiter les grandeurs suivantes :

- La mesure de la vitesse du moteur et la puissance disponible sur l'axe à partir d'une mesure de la tension et du courant en sortie du générateur connecté à une charge résistive réglable.
- La mesure de la quantité de carburant consommée par l'intermédiaire d'un débitmètre volumétrique. L'énergie apportée par un litre de carburant sera considérée égale à 10 kWh.

## ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION SPÉCIFIQUE CSP



La consommation spécifique CSP est établie à partir de la quantité de carburant consommée par le moteur thermique rapportée à l'énergie mécanique délivrée à l'alternateur. Un débitmètre volumétrique (2,5ml/impulsion) permet de calculer la consommation de carburant par comptage d'impulsion (figure 3).

**Figure 3 : Débitmètre placé à la sortie du réservoir du moteur thermique**



Le calcul de l'énergie mécanique est fondé sur une mesure de la tension et du courant en sortie de l'alternateur en apportant une correction liée au rendement de l'alternateur pour les différents points de fonctionnement à vitesse nominale (3000tr/min). Cette correction peut être réalisée à l'aide d'un modèle, il est possible de considérer un rendement unitaire sans conséquences importantes compte tenu de la très bonne qualité de l'alternateur.

Dans ce dernier cas, nous avons :

$$P_{\text{mécanique moteur}} = P_{\text{électrique alternateur}}$$

La prise d'information est supportée par une sonde de courant E3N (Chauvin Arnoux) et une sonde de tension MX 9030 (Chauvin Arnoux). La période d'échantillonnage retenue est de 5 ms et le temps qui s'écoule entre 2 impulsions est calculé sur la base des informations fournies par une horloge temps réel implantée sur la carte microcontrôleur. Pour cette application, le rafraîchissement se fait toutes les 30s environ au fonctionnement nominal ( $P= 3 \text{ kW}$ ). Le calcul de l'énergie électrique fournie par l'alternateur est réalisé en appliquant les relations données en annexes de la notice de fonctionnement du QUALISTAR (Chauvin Arnoux). La puissance  $P_{1s}$ , mesurée sur un horizon de 1s est :

$$P_{1s} = \frac{1}{200} \cdot \sum u_k \cdot i_k$$

Le calcul de l'énergie WDT (en Wh) consommée entre 2 impulsions séparées par un temps  $\Delta T$  est réalisé avec le calcul suivant :

$$W = \frac{1}{3600} \sum_{\Delta T} P_{1s}$$

## MISE EN ŒUVRE DES SONDÉS

Les sondes de tension et de courant délivrent des tensions de sortie symétriques comprises entre +/- 1V alors que les entrées analogiques de la carte ARDUINO acceptent des tensions comprises entre 0 et 5V. Les signaux de sortie des sondes doivent donc être conditionnés (introduction d'un offset et d'un filtrage pour améliorer le rapport S/B). Dans cette application, ces fonctions sont réalisées avec des amplificateurs linéaires.

## CONCLUSION

Cette description partielle de la mise en œuvre du banc d'essai pour évaluer le rendement d'un moteur thermique montre un exemple pédagogique d'instrumentation des systèmes. Sous la forme d'un projet d'étude, cette application permet de travailler sur un système pluri-technologique authentique où cohabitent une chaîne d'information et une chaîne d'énergie. La présence des sondes offre une solution de mesure précise, difficile à égaler dans les laboratoires d'enseignement. La facilité de mise en œuvre de ces sondes permet de concentrer l'action pédagogique sur les stratégies logicielles et matérielles de traitement du signal et de l'information.

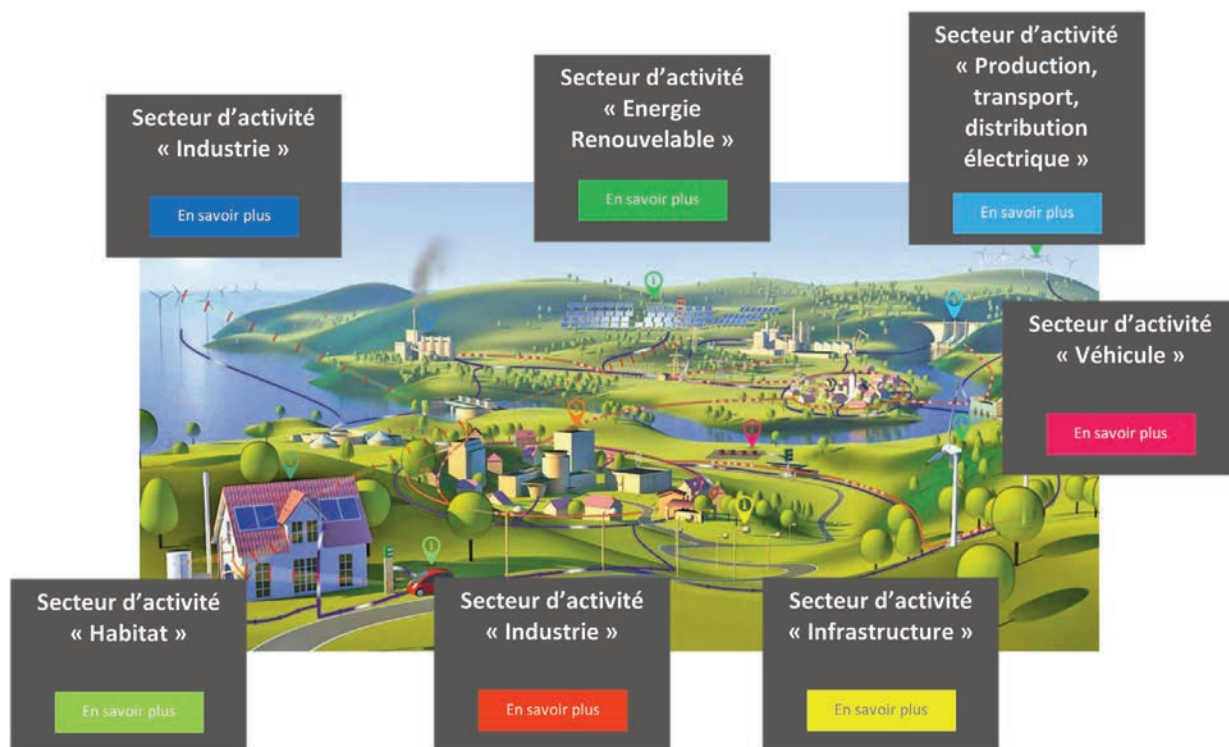
# Site mesures applicatives

“ DÉVELOPPÉ SPÉCIALEMENT POUR L'ENSEIGNEMENT ”

Chauvin Arnoux

Le site mesures applicatives a été développé spécifiquement pour l'enseignement. Son objectif est de mettre en évidence les outils de mesure nécessaires en fonction du secteur d'activité dans lequel travaille le jeune.

Les domaines identifiés sont mis en situation dans un schéma global recensant l'ensemble des secteurs dans lesquels l'énergie électrique est nécessaire ou dans lesquels un diagnostic énergétique doit être réalisé :



Une fois le secteur d'activité sélectionné, l'utilisateur a accès aux différentes zones où l'utilisation d'un appareil de mesure est pertinente. Ces dernières sont identifiées par un « i ». En survolant la zone, l'appareil de mesure apparaît.



# Site mesures applicatives

Puis en cliquant sur « En savoir plus », l'utilisateur a accès à cinq onglets. L'objectif est de faire le lien entre les obligations de l'apprenant(e) avec accès à l'extrait du référentiel dans lequel la mesure est pertinente et les obligations du professionnel avec accès à l'extrait de la norme / décret... en vigueur. Enfin, une petite vidéo ainsi qu'un document de premier niveau sont accessibles pour une aide à la prise en main de l'outil sélectionné. L'onglet « Principe de mesure » reprend de façon simple le B-A-Ba de la mesure choisie.



4 secteurs d'activité sont actuellement disponibles, les prochains sont en cours de développement !!!



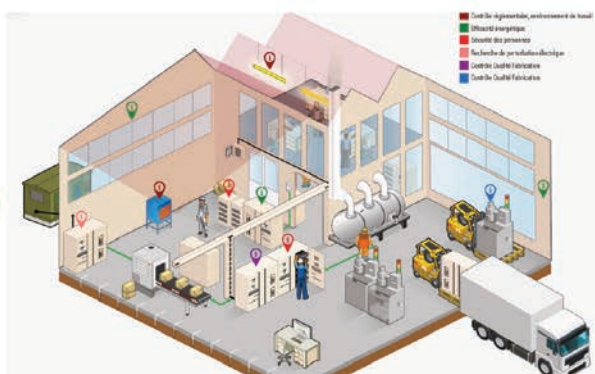
Sa Habitat



SA Infrastructure



SA Tertiaire



SA Industrie

La consultation de cet applicatif a été développée sur tout support de visualisation : que vous utilisiez un ordinateur, une tablette, un téléphone... les images s'adapteront à la taille de votre écran !!

N'attendez plus pour le consulter !



Vous trouverez ci-après quelques « Mini-Activités » mettant en évidence l'utilisation de ce site comme base de travail en atelier.



## MISE EN SERVICE - SECTEUR D'ACTIVITÉ : INDUSTRIE

Steve CHAMPIN,  
lycée Joliot Curie, Dammarie-les-Lys

**T3-1 Réaliser les vérifications, les réglages, les paramétrages, les essais nécessaires à la mise en service de l'installation.**

**C5 : Contrôler les grandeurs caractéristiques de l'ouvrage**

### A) Demande d'intervention

Suite au raccordement de la batterie de condensateurs sur le TGBT, on vous demande d'effectuer les essais et contrôles nécessaires afin de vérifier son bon fonctionnement et son efficacité énergétique sur le réseau. On vous demande :

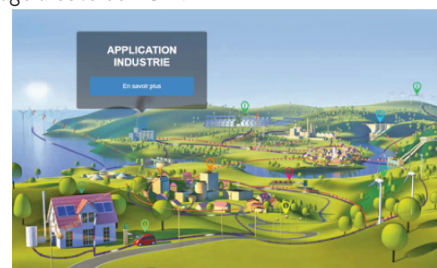
- 1) Installer l'enregistreur d'énergie PEL 103 sous le disjoncteur INVN.
- 2) Mettre en fonctionnement les 6 lampes à décharge du système Portique d'éclairage à côté du TGBT.
- 3) Relever les valeurs des grandeurs caractéristiques du réseau (tableau ci-dessous).
- 4) Fermer le disjoncteur protégeant la batterie de condensateurs.
- 5) Relever les valeurs et effectuer un diagnostic.

Appareils à utiliser : *Enregistreur d'énergie PEL103*

Pour vous aider :

- La documentation technique du système
- Mode d'emploi simplifié à l'adresse suivante :

[http://certification-mesure.chauvin-arnoux.com/projet-enseignement/demo/index\\_intro.html](http://certification-mesure.chauvin-arnoux.com/projet-enseignement/demo/index_intro.html)



### B) Conditions de mesures : Vous êtes habilité BR

Contrôles à réaliser sous tension	Consignation de l'installation	Utilisation des EPI
<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON

### C) Mesures à réaliser

Grandeurs caractéristiques du réseau		
Grandeurs	Valeurs (sans batterie)	Valeurs (avec batterie)
P	3KW	3KW
Q	4KVAR	2KVAR
S	5KVA	3KVA
W	2.08MWh	2.08MWh
I1	8A	5A
I2	8A	5A
I3	8A	5A
IN	2A	2A
THDi1	8%	3%
Cos p	0.6	0.95

### D) Conclusion

Les essais avec la PEL103 confirment l'efficacité des batteries de condensateurs. Augmentation du cos p, diminution des intensités en ligne (moins de pertes).



## MAINTENANCE PRÉVENTIVE - SECTEUR D'ACTIVITÉ : INDUSTRIE

Steve CHAMPIN,  
lycée Joliot Curie, Dammarie-les-Lys

**T4-1 Réaliser une opération de maintenance préventive**  
**C5 : Contrôler les grandeurs caractéristiques de l'installation**  
**C8 : Diagnostiquer un dysfonctionnement**

### A) Demande d'intervention

Dans le cadre d'un contrôle annuel des armoires électriques de l'entreprise.

On vous demande :

- 1) Effectuer un contrôle thermique sur le système **Emballeuse**
- 2) Diagnostiquer un éventuel défaut.

Appareils à utiliser : *Caméra thermique C.A 1950*

Pour vous aider :

- La documentation technique du système
- Mode d'emploi simplifié à l'adresse suivante :  
[http://certification-mesure.chauvin-arnoux.com/projet-enseignement/demo/index\\_intro.html](http://certification-mesure.chauvin-arnoux.com/projet-enseignement/demo/index_intro.html)



### B) Conditions de mesures : Vous êtes habilité BR

Contrôles à réaliser sous tension	Consignation de l'installation	Utilisation des EPI
<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON

### C) Mesures à réaliser

Localisation des défauts thermiques				
Armoire.	Partie opérative	Repère	Désignation	Informations complémentaires
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	19KM4	Contacteur	Connexion à resserrer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

### D) Diagnostic thermique

Le contrôle thermique a mis en évidence l'échauffement anormal du contacteur 19KM4. Un resserrage des bornes de raccordement est à effectuer sur les contacts de puissance.

## DÉPANNAGE - SECTEUR D'ACTIVITÉ : INDUSTRIE

Steve CHAMPIN,

lycée Joliot Curie, Dammarie-les-Lys

**T4-2 Réaliser une opération de dépannage**

**C5 : Contrôler les grandeurs caractéristiques de l'installation**

**C8 : Diagnostiquer un dysfonctionnement**



### A) Demande d'intervention

Lors d'un défaut d'isolement sur le Monte-charge, on a constaté un déclenchement du DDR de l'armoire générale. On vous demande :

- 1) Effectuer un contrôle du différentiel dans l'armoire du **monte-charge**.
- 2) Diagnostiquer le défaut.

Appareils à utiliser : **Contrôleur C.A 6116N**

Pour vous aider :

- La documentation technique du système
- Mode d'emploi simplifié de l'appareil à l'adresse suivante : [http://certification-mesure.chauvin-arnoux.com/projet-enseignement/demo/index\\_intro.html](http://certification-mesure.chauvin-arnoux.com/projet-enseignement/demo/index_intro.html)

### B) Conditions de mesures : Vous êtes habilité BR

Contrôles à réaliser sous tension	Consignation de l'installation	Utilisation des EPI
<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON	<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON

### C) Mesures à réaliser

Repère du DDR	Sensibilité
Q2	30mA

Courant de déclenchement (mode rampe)	Valeur attendue	Valeur mesurée	Correct O/N
	$15 < I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$	23mA	<input type="radio"/>

Temps de déclenchement (mode impulsion)	Valeur attendue	Valeur mesurée	Correct O/N
	<300ms	70ms	<input type="radio"/>

Courant de non déclenchement	Valeur attendue	Valeur mesurée	Correct O/N
	$\leq 15\text{mA}$	$\leq 15\text{mA}$	<input type="radio"/>

### D) Diagnostic thermique

Les valeurs obtenues sont celles du différentiel de l'armoire générale. Q2 ne déclenche pas. Il faut revoir la sélectivité des différentiels afin de garder une continuité de service.





E-Mail : [info@leclubdumesurage.com](mailto:info@leclubdumesurage.com)  
[www.leclubdumesurage.com](http://www.leclubdumesurage.com)