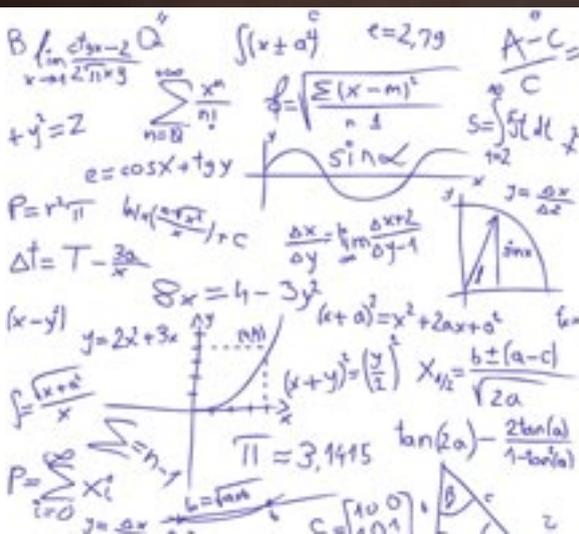
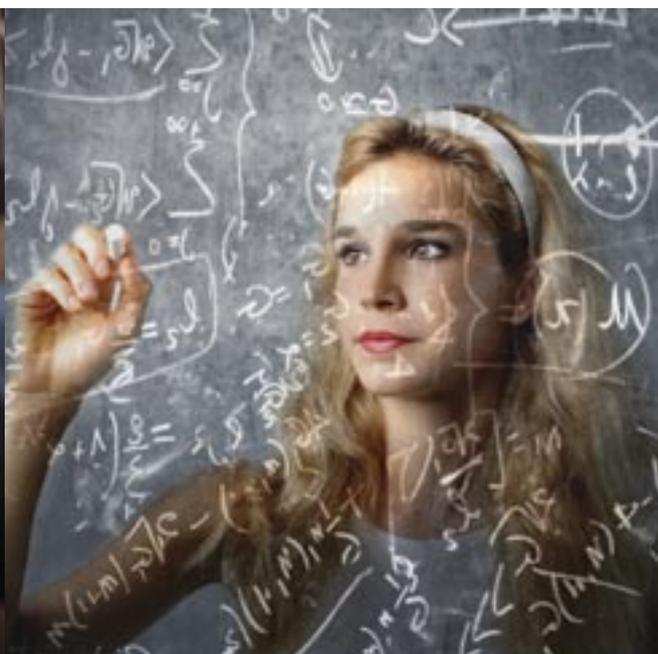


# Les Cahiers de l'instrumentation n° 10

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

Enseignements scientifiques & technologiques  
**Les réformes !**





## Enseignements des sciences et des technologies : les réformes

### Samuel VIOLLIN

Inspecteur d'Académie - Inspecteur pédagogique  
régional de sciences et techniques industrielles à  
Créteil

Les nouvelles générations devront relever des défis majeurs pour l'humanité. La population mondiale pourrait dépasser les 10 milliards d'humains en 2050 puis les 15 milliards en 2100<sup>(\*)</sup>. Quelques soient les scénarios, les ressources en énergies fossiles s'épuiseront en quelques décennies. Ces évolutions imposent de trouver des solutions pour partager durablement les ressources naturelles. Il faudra répondre aux besoins fondamentaux de chaque être humain pour l'alimentation, les soins, l'éducation, la mobilité, la communication, etc. Ces évolutions pèsent sur le développement des sociétés, agissent sur leurs économies comme des freins ou des accélérateurs selon leur histoire et leur géographie. L'Europe et donc la France se trouvent confrontées à une concurrence des pays émergents, aussi bien dans le domaine de la recherche et du développement que dans les secteurs des services et de l'industrie. Pour relever ces défis, l'éducation et la haute qualification des personnes dans les domaines scientifiques et technologiques sont des leviers indispensables. L'objectif de Lisbonne porte à 50% la proportion d'une classe d'âge titulaire d'un diplôme de l'enseignement supérieur.

La génération des enfants qui entre au collège cette année sera encore en situation d'activité dans un demi-siècle. Que faut-il apprendre à ces jeunes gens et quelles compétences doivent-ils acquérir pour qu'ils soient en capacité de mener à bien ces grands chantiers ? Comment faire en sorte qu'ils soient assez nombreux à choisir les filières scientifiques et technologiques pour former les ingénieurs et techniciens dont nos économies auront besoin ?

Dans le prolongement des efforts consentis à l'école primaire pour valoriser les voies scientifiques et technologiques, les rénovations menées d'abord au collège puis au lycée général et technologique, portent l'ambition d'accroître le nombre et le niveau des jeunes formés aux métiers des sciences et des technologies.

L'article sur la réforme des enseignements scientifiques et technologiques met en perspective et cohérence les réformes aux différents cycles. Il précise les contenus et les objectifs des enseignements du collège et du lycée, de la classe de seconde jusqu'aux cycles terminaux STI2D et S-SI.

(\*) Cet éditorial introduit l'article « Enseignements des sciences et des technologies : rénovation complète » en p. 2 qui développe et précise les objectifs et le contenu de ces réformes.

1 - Source : communiqué de l'ONU du 3 mai 2011 " World Population to reach 10 billion by 2100 if Fertility in all Countries Converges to Replacement Level."

# sommaire

## ❖ Le Club 1

Les publications du Club 1

## ❖ Réforme 2

Enseignements des sciences  
& des technologies : rénovation complète 2 - 6

## ❖ Etude de cas 7

Concevoir une étude de cas  
"Création et Innovation Technologique" :  
Contrôle d'accès par serrure RFID 7 - 14

## ❖ Mesurage 15

L'oscilloscopie selon Metrix 15 - 22

## ❖ TP 23

Mesure de signaux téléphonique,  
audio et vidéo avec l'oscilloscope  
MTX 162 UEW 23 - 27

## ❖ Pédagogie 28

L'apprentissage par problèmes et par  
projets : le robot filoguidé "gamelle" 28 - 33

## ❖ Gardons le sourire 34

## ❖ Les Cahiers de l'Instrumentation

Directeur de la publication :  
**Marlyne Epaulard**

Rédacteur en chef :  
**Didier Bisault**

Comité de rédaction :  
**Luc Dezarnaulds, Marlyne Epaulard,  
Marie Courrière, Claude Royer,  
Didier Villette, Didier Bisault**

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 / +33 (0)1 43 68 03 43**

# le club

## Les membres du bureau du Club du Mesurage

et du comité de rédaction



**Luc Dezarnaulds**

Président du «Club du Mesurage»  
Directeur Commercial France  
Chauvin Arnoux  
luc.dezarnaulds@chauvin-arnoux.com



**Marlyne Epaulard**

Directrice Communication  
Chauvin Arnoux  
marlyne.epaulard@chauvin-arnoux.com



**Marie Courrière**

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



**Didier Villette**

Inspecteur de l'Éducation Nationale  
Enseignement Technique  
Sciences et Techniques Industrielles  
didier.villette@ac-grenoble.fr



**Claude Royer**

Inspecteur de l'Éducation Nationale Honoraire  
Enseignement Technique -  
Sciences et Techniques Industrielles  
claude.royer2@free.fr



**Didier Bisault**

Responsable Communication Salons  
Chauvin Arnoux  
didier.bisault@chauvin-arnoux.com



**Claude Bergmann**

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



**Jean-Paul Chassaing**

Président d'honneur du "Club du Mesurage"  
Inspecteur Général STI Honoraire



**Jean-Louis Gauchenot**

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



**Jean-Pierre Collignon**

Inspecteur Général de l'Éducation Nationale  
Sciences & Techniques Industrielles



**Luc Prince**

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



**Patrick Lefort**

Inspecteur Pédagogique Régional Honoraire  
Sciences et Techniques Industrielles



**Christian Cagnard**

Inspecteur Pédagogique Régional Honoraire  
Consultant Expert Education



**Philippe Albert**

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



**Samuel Violin**

Inspecteur d'Académie  
Inspecteur Pédagogique Régional  
Sciences et Techniques Industrielles  
Académie de Créteil



**Georges Michalesco**

Ancien Directeur de l'IUT  
de Cachan



**Réda Farah**

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

## Les publications du Club du Mesurage :



### 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)

## Enseignements des sciences et des technologies : rénovation complète

**Samuel VIOLLIN**

*Inspecteur d'académie - Inspecteur pédagogique régional en sciences et technologies industrielles à Créteil*

### Pourquoi rénover les enseignements des sciences et de la technologie ?

Au-delà même de nos modèles occidentaux, les enjeux majeurs pour le développement des sociétés humaines restent à relever. De nombreuses questions cruciales n'ont pas encore trouvé de réponse. Par exemple, comment remplacer les ressources fossiles et faire en sorte que chacun dispose d'énergie sans pour autant dégrader l'environnement, comment accueillir dans de bonnes conditions les populations dans des mégalo-poles en constante expansion, leur permettre l'accès aux services et à la mobilité, comment nourrir, éduquer et informer un nombre croissant d'humains, comment prendre en charge tous les aspects du vieillissement des populations des sociétés occidentales, faire face aux démographies élevées des pays en voie de développement ?

Dans notre pays, pour répondre à ces défis et pour maintenir une croissance économique, il nous faudra concevoir et mettre en œuvre des solutions innovantes. Cela dépendra de notre capacité d'innovation dans les secteurs industriels touchant à la transformation des sources d'énergie primaire (renouvelables ou fossiles), à l'installation et à la gestion des réseaux d'énergies, de fluides, d'informations, aux réseaux de transports, aux grands ouvrages, à la maintenance et l'exploitation des matériels et structures associées, à l'éducation et à la santé. Notre capacité à innover et créer est aussi

une des conditions du maintien d'une économie liée à la production d'objets manufacturés.

Actuellement, les départs à la retraite d'une génération nombreuse (que l'on nomme familièrement les « papy boomer ») génèrent des besoins importants pour le renouvellement des cadres intermédiaires et supérieurs.

Pour élaborer et mettre en œuvre ces solutions nous avons besoin de techniciens et d'ingénieurs. **En France environ 30 000 ingénieurs sont actuellement formés alors que les besoins sont estimés à 40 000. Le vivier pour ces formations d'ingénieurs commence à se constituer grâce aux jeunes qui s'orientent vers les baccalauréats scientifiques et technologiques.** Malheureusement ce nombre reste insuffisant et en diminution, comme le montre le tableau 1.

Dans la filière S le nombre d'élèves qui s'engagent stagne, voire diminue légèrement depuis 3 ans (-2%). Par ailleurs, seuls 40% des élèves titulaires d'un baccalauréat S-SVT poursuivent des études scientifiques et technologiques supérieures longues, alors qu'ils sont 90 % en S-SI<sup>(2)</sup>. Cependant peu d'élèves scientifiques choisissent cet enseignement spécifique des sciences de l'ingénieur, 10,3% du total des effectifs en S et 3,7% du total des effectifs scolarisés en classe de première<sup>(3)</sup>. Enfin, malgré une augmentation régulière du nombre d'élèves en classes préparatoires aux grandes écoles, environ 10% sur 8 ans<sup>(2)</sup>, il reste des places disponibles en école d'ingénieurs.

Dans la filière technologique industrielle du lycée les effectifs n'ont cessés de décroître avec une perte de 20% en huit ans dont pratiquement 10% ces trois dernières années.<sup>(4)</sup>

La simple évolution démographique n'explique pas la diminution des effectifs.

Les raisons de la désaffection des orientations vers la filière STI étaient nombreuses. On peut évoquer entre autres raisons la complexité de l'offre de formation avec 17 spécialités, le vieillissement des programmes qui se sont progressivement écartés des centres d'intérêt et des objets de notre quotidien, la nécessité

Tableau 1 : Evolution des effectifs en classe de première

	Effectif total en classe de première	Enseignement Scientifique			Enseignement technologique		
		Effectifs en classe de première S	SVT	S-SI	% filles en SI	Effectifs en classe de première STI	% filles
Rentrée 2006	482 433	168 479	89,7%	10,3%	12,1%	36 361	18 %
Rentrée 2009	463 203	166 015	89,7%	10,3%	13%	32 870	11,1%
Evolution effectif	-4%		-2%				-8,8%

Sources : Publications ministérielles RERS 2007 et 2010

d'une orientation précoce, dès la fin de la classe de seconde, qui engageait les élèves dans une spécialisation déterminante pour la suite de leur étude et de leur métier futur.

Il est nécessaire d'attirer dans les filières scientifiques et technologiques de l'enseignement supérieur un nombre croissant d'élèves et d'améliorer la parité filles-garçons.

**L'augmentation des effectifs constitue un des objectifs majeurs de la réforme des enseignements de sciences et de technologie du collège au lycée.**

**Les rénovations importantes menées d'abord au collège puis dans le cadre de la réforme du lycée en seconde et au cycle terminal STI2D et S-SI, portent cette ambition pour contribuer à la réalisation de l'objectif de Lisbonne : 50% d'une classe d'âge titulaire d'un diplôme de l'enseignement supérieur.**

## **La réforme de l'enseignement de la technologie au collège**

Historiquement, les contenus d'enseignements au collège étaient portés par les travaux manuels. Ils laissent leur place en 1975 à l'éducation manuelle et technique (EMT). En 1986 l'EMT disparaît au profit d'une nouvelle discipline : la technologie. Les professeurs sont recrutés dès 1987 avec un Capet de technologie. La réforme de l'enseignement de la technologie au collège, initiée de 2005 à 2008, abandonne radicalement tout objectif d'acquisition de savoir faire manuels. Elle doit permettre à tout collégien, futur citoyen, d'acquérir une culture scientifique et technologique qui lui permettra d'être un acteur éclairé et responsable dans la société, capable d'utiliser les objets du quotidien et d'accéder aux services qui exploitent largement les nouvelles technologies de l'information et la communication. C'est un des objectifs assignés au collège, formalisé par le socle commun de compétences et de connaissances. La technologie associée aux autres disciplines expérimentales, devient ainsi une discipline à vocation générale, à parité avec les autres enseignements au collège.

Les enseignements abordent de façon transversale de la classe de 6<sup>ème</sup> à la classe de 3<sup>ème</sup> le fonctionnement des objets techniques, les notions sur les moyens de les réaliser, l'évolution des solutions ainsi que les notions sur l'énergie, l'information, les matériaux. L'usage des outils informatiques est systématisé. La sensibilisation aux problèmes environnementaux et au développement durable commence dès la classe de 6<sup>ème</sup>. Elle est maintenue jusqu'en classe de 3<sup>ème</sup>.



La pédagogie est active, mobilise une démarche d'investigation et de recherche de solution. Les supports d'études sont issus de divers domaines d'application comme les transports, l'habitat et les ouvrages et la domotique.

L'enseignement de la technologie ne se limite pas à l'acquisition d'un socle culturel commun à tous. Il a vocation à susciter l'intérêt des élèves et à les aider à construire un projet personnel dans le domaine des sciences et des technologies.

## **La réforme des enseignements en classe de 2<sup>de</sup>**

Les enseignements de détermination disparaissent au profit d'enseignements d'exploration. Ils n'ont pas vocation à faire acquérir des compétences précises. Il s'agit de proposer aux nouveaux lycéens des contenus d'enseignements qui leur permettent d'élaborer un projet d'orientation afin de construire un futur parcours de formation, pour le cycle terminal comme pour les études supérieures après le baccalauréat.

A l'issue de la classe de seconde, les élèves conservent leur liberté de choix. Le suivi d'un ou plusieurs enseignements d'exploration ne constitue pas un prérequis indispensable pour la poursuite dans une des filières du lycée général ou technologique (S-SVT, S-SI, ES, L, STL, STI2D, STI2A, ST2S). Les enseignements d'exploration ouvrent des « possibles » et suscitent de l'intérêt pour des champs disciplinaires ou des métiers. Ils ne ferment aucune portes. L'orientation reste progressive et réversible.

L'horaire est d'une heure trente hebdomadaire pour chaque enseignement d'exploration. Les élèves doivent choisir deux enseignements d'exploration dont l'un est obligatoirement lié au champ économique : Principes fondamentaux de l'économie et de la gestion (PFEG) ou Sciences économiques et sociales (SES).

# Réforme

**Trois enseignements d'exploration concernent plus spécifiquement les sciences et les technologies.**

## Méthodes et pratiques scientifiques (MPS)

**Cet enseignement mobilise une approche pluridisciplinaire en mathématiques, physique, science de la vie et de la terre, sciences de l'ingénieur pour permettre aux élèves de découvrir comment répondre aux grands enjeux des sociétés modernes et leur donner les moyens de les aborder de façon objective.**

La pédagogie s'appuie sur l'activité de projet conduisant à une production d'élèves (expérience, exploitation de données, modélisation, etc.) et aboutit à une forme de communication scientifique (compte rendu de recherche, affiche, diaporama, production multimédia, etc.). Cette activité est déclinée sur un des six thèmes proposés : science et aliments, science et cosmétologie, science et investigation policière, science et œuvres d'art, science et prévention des risques d'origine humaine, science et vision du monde. Ces thèmes sont susceptibles d'évoluer dans les années à venir.

## Création et Innovation Technologiques (CIT)

**Cet enseignement s'intéresse à l'innovation technologique, identifie les lois d'évolution et de la créativité qui permettent l'émergence de nouveaux produits ou systèmes.** Les équipes pédagogiques disposent d'une grande autonomie dans l'organisation de leurs enseignements. Dans un premier temps qui peut représenter environ deux tiers du volume horaire annuel, l'activité des élèves est organisée à partir d'étude de cas dont les thèmes sont puisés dans des domaines d'applications motivants.

Dans un second temps, environ un tiers du volume horaire annuel, les élèves conduisent un projet de créativité. Les thèmes du projet sont largement ouverts, à l'initiative des élèves ou de l'enseignant. Il s'agit, par

exemple, de proposer l'amélioration d'un système existant, ou des solutions innovantes pour la résolution d'un problème industriel en relation avec une entreprise locale. L'équipe d'élèves imagine, formalise et présente des principes de solution. Cela peut prendre la forme d'une matérialisation, à partir des ressources dont dispose l'établissement mais celle-ci n'a pas vocation à proposer une réalisation conforme aux règles de l'art des procédés de fabrication.

## Exploration en Science de l'Ingénieur (SI)

**Cet enseignement permet de découvrir pourquoi et comment un produit contemporain a été conçu en réponse à un besoin humain.** Il s'agit d'approfondir la culture technologique et scientifique par l'analyse de systèmes pluritechniques et l'étude de leur comportement à travers l'expérimentation et la simulation. Là encore, l'objectif est de susciter l'intérêt des élèves pour les métiers scientifiques et technologiques en se projetant vers les études supérieures, en synergie avec les autres disciplines scientifiques, les mathématiques, les sciences physique, chimie fondamentales et appliquées. Dans un premier temps qui peut représenter entre la moitié et les deux tiers du volume horaire annuel selon le choix autonome des équipes pédagogiques, l'activité des élèves s'appuie sur des études de cas. Les systèmes supports d'étude pourront être choisis dans les mêmes domaines d'application que ceux proposés en CIT. Ils seront pluritechniques et représentatifs des solutions technologiques les plus récentes. Dans un second temps, qui peut mobiliser entre la moitié et un tiers du volume horaire annuel, les élèves sont en activité de projet. Elle permet aux élèves organisés en équipes de vivre une démarche de conception/optimisation sur un support concret pour structurer leur réflexion, formaliser une solution à l'aide d'un modèle, maquette ou prototype, valider la démarche par une simulation ou une mesure de performances.

**La réforme du cycle terminal : nouveaux baccalauréats STI2D et S-SI**

## Baccalauréat Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable

La réforme de la filière technologique s'inscrit dans le cadre de la réforme du lycée. L'organisation des anciens baccalauréats STI est supprimée et remplacée par un baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable (STI2D).

Les matériels utilisés par l'industrie ont une obsolescence rapide. Il serait réhhibitoire de centrer la formation des élèves sur des notions spécifiques à la mise en œuvre des matériels, qui seront rapidement obsolètes, alors que l'on souhaite pour nos futurs ingénieurs

Thèmes généraux	Exemples d'études
La mobilité	Les véhicules individuels et les transports collectifs, les énergies utilisées, le pilotage et la sécurité, ...
Le sport	Les sports de glisse, mécaniques, etc, les matériaux et vêtements techniques, la mesure de performance, ...
La santé	L'imagerie, l'investigation physiologique, l'observation non invasive, l'assistance à l'intervention médicale, ...
L'habitat	La performance énergétique, la maison à énergie positive passive, la domotique, ...
L'énergie	Les énergies renouvelables, le stockage et la distribution, ...
La communication	La téléphonie, les interfaces de communication, les réseaux...
La culture et les loisirs	Le son et l'image, les jeux vidéo, les musées en ligne, ...
Les infrastructures	Les viaducs, les tours, les tunnels...
La bionique	Prothèses, robots humanoïdes, drones, solutions techniques recopiant le vivant, ...
La dématérialisation des biens et des services	Monnaie, réservation en ligne, bureau virtuel, ...

Extrait : Ressources pour la classe de seconde générale et technologique. Création et innovation technologiques [eduscol.education.fr/prog](http://eduscol.education.fr/prog)  
© MEN/DGESCO

de développer des compétences leur permettant d'évoluer et de s'adapter à des technologies sans cesse renouvelées. C'est pourquoi, ce nouveau baccalauréat est centré sur le triptyque fondamental qui constitue la base de toute formation technologique dans le secteur industriel : les matériaux, l'énergie et l'information. **Le baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable est composé par les enseignements généraux et technologiques, constituant un tronc commun, et de quatre spécialités décrites dans l'encadré ci-contre.**

La démarche pédagogique reste une approche pratique sur les systèmes. Elle s'appuie sur l'analyse de systèmes techniques récents, l'exploitation de modèles, la compréhension et la représentation des solutions constructives mises en œuvre. L'élève apprend par la technologie, grâce à des activités pratiques sur des supports concrets et contextualisés dans leurs usages. La compréhension des solutions particulières permet ensuite l'élargissement vers l'appréhension des modèles et des concepts plus généraux. En classe de terminale les élèves réalisent un projet en équipe. Il s'agit d'optimiser ou de concevoir et réaliser tout ou partiellement un système. Cette activité de synthèse permet de mobiliser et d'appliquer les connaissances acquises et de renforcer les compétences en cours de construction.

Une heure est consacrée à l'enseignement technologique en langue vivante 1 (LV 1) assurée conjointement par un professeur de langue et un professeur d'enseignement technologique.

L'enseignement commun des disciplines générales et technologiques représente 84% du volume horaire de la classe de première avec 27 heures sur 32, l'enseignement de spécialité retient 5 heures. En classe de terminale, l'enseignement commun des disciplines générales et technologiques, représente 72% de l'enseignement avec 23 heures pour l'enseignement commun et 9 heures pour l'enseignement de spécialité. Cette répartition montre la vocation généraliste de ce nouveau baccalauréat à installer une culture scientifique et technologique large. La spécialité est un approfondissement dans un domaine qui suscite l'intérêt des élèves mais qui n'impose pas une orientation spécifique pour la poursuite d'étude.

**L'objectif final de formation supérieure pour les bacheliers STI2D est d'atteindre le niveau 2 : ingénieurs, masters et licences professionnelles** <sup>(6)</sup>. Les possibilités pour y parvenir sont diversifiées, les passerelles entre les différentes formations sont nombreuses. Les futurs titulaires du baccalauréat STI2D pourront intégrer l'université, les écoles d'ingénieur, les CPGE technologiques et toutes les spécialités de STS et d'IUT.

## Extrait du Bulletin officiel spécial n°3 du 17 mars 2011

**Architecture et construction** : la spécialité explore l'étude et la recherche de solutions architecturales et techniques relatives aux bâtiments et ouvrages. Elle apporte les compétences nécessaires à l'analyse, la conception et l'intégration dans son environnement d'une construction dans une démarche de développement durable.

**Énergies et environnement** : la spécialité explore la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'énergie ainsi que sa gestion. Elle apporte les compétences nécessaires pour appréhender l'efficacité énergétique des systèmes ainsi que leur impact sur l'environnement et l'optimisation du cycle de vie.

**Innovation technologique et éco-conception** : la spécialité explore l'étude et la recherche de solutions techniques innovantes relatives aux produits manufacturés en intégrant la dimension design et ergonomie. Elle apporte les compétences nécessaires à l'analyse, l'éco-conception et l'intégration dans son environnement d'un système dans une démarche de développement durable.

**Systèmes d'information et numérique** : la spécialité explore l'acquisition, le traitement, le transport, la gestion et la restitution de l'information (voix, données, images). Elle apporte les compétences nécessaires pour appréhender l'interface utilisateur, la commande rapprochée des systèmes, les télécommunications, les réseaux informatiques, les modules d'acquisition et de diffusion de l'information et plus généralement sur le développement de systèmes virtuels ainsi que sur leur impact environnemental et l'optimisation de leur cycle de vie.

## Baccalauréat Scientifique - Sciences de l'Ingénieur <sup>(6)</sup>

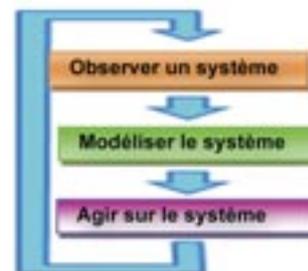
La réforme de ce baccalauréat scientifique s'inscrit dans le cadre de la réforme du lycée. **Le baccalauréat Scientifique propose de choisir une des deux options pour le cycle terminal : sciences de la vie et de la terre, qui s'intéresse aux systèmes « naturels », ou sciences de l'ingénieur qui s'intéresse aux systèmes « artificiels », créés par l'Homme pour répondre à l'un de ses besoins.** La réforme de l'enseignement spécifique des Sciences de l'Ingénieur renforce la démarche scientifique inhérente à ce baccalauréat.

### La démarche scientifique en Sciences de l'ingénieur

L'horaire hebdomadaire est de 6 heures en classe de première et en terminale, auxquelles s'ajoutent trente cinq heures annuelles de TPE en classe de première

et soixante dix heures annuelles de projet interdisciplinaire en classe terminale. Le principe de base est la pluridisciplinarité, deux disciplines au moins doivent être impliquées dans le TPE. Le projet est mené en collaboration avec les disciplines scientifiques ou encore les disciplines de l'enseignement commun.

Les systèmes sont au centre des activités des élèves. Ces systèmes, supports des études de cas proposés aux élèves sont pluritechnologiques et récents. Ils contribuent à répondre à un besoin de société et sont



choisis de façon à motiver les élèves, dans des domaines très variés comme les objets manufacturés ou les ouvrages d'art. L'activité des élèves vise à qualifier les performances par l'expérimentation sur le système matériel, par la simulation utilisant un modèle du système, par l'analyse à partir des performances attendues au cahier des charges. Les écarts entre les résultats obtenus selon ces trois méthodes sont quantifiés et analysés pour agir sur le système réel ou modélisé dans une démarche d'optimisation. L'enseignement des sciences de l'ingénieur sollicite de façon systématique les autres disciplines scientifiques comme les mathématiques et les sciences physique chimie fondamentales et appliquées. La démarche pédagogique est laissée largement à l'initiative des enseignants qui l'organisent en cours, travaux dirigés et travaux pratiques, mobilisent des approches qui peuvent être initialement déductives et conceptuelles, adaptées au public d'élèves scientifiques, mais peuvent également s'appuyer sur des démarches d'investigation et de résolution de problèmes techniques.

Le projet mobilise des compétences pluridisciplinaires pour imaginer des solutions créatives qui répondent à un besoin.

De nombreuses questions de sociétés, par nature pluridisciplinaires, sont susceptibles de fournir des thèmes de projet par exemple : la protection contre les risques naturels ou artificiels, le confort, l'énergie, l'environnement, la santé et l'aide au handicap, la mobilité, etc. Les productions attendues sont de nature diverses : des architectures de solutions sous forme de schémas ou de croquis, des justifications scientifiques, technologiques, socio-économiques, validant la solution proposée, un prototype ou une maquette numérique ou matérielle, un programme informatique ou encore des supports de communication. Lorsqu'un projet donne lieu à la réalisation matérielle d'un objet, cela a pour objectif de valider une solution originale, sans que la conformité de cette réalisation vis-à-vis des règles de l'art soit évaluée.

Afin de mener ces activités les élèves doivent développer quatre grandes compétences qui constituent l'objectif de la formation. Ils doivent être capable : d'expérimenter, d'analyser de modéliser et de communiquer ce qui est essentiel à la démarche de l'ingénieur, qui doit formaliser et communiquer ses travaux en interne au sein d'une équipe et vers des partenaires externes.

Les titulaires du baccalauréat S option S-SI sont en capacité de s'orienter très largement vers les CPGE



scientifiques, l'université et les écoles d'ingénieur. **L'objectif final de formation supérieure pour les bacheliers S-SI est d'atteindre le niveau d'ingénieurs.**

### En guise de conclusion...

Comme cela a été évoqué en introduction, les besoins croissant du nombre de personnels qualifiés(5) aux niveaux 1 et 2 imposent de former davantage de jeunes gens aux métiers scientifiques et technologiques. L'objectif commun de ces réformes, dans le prolongement des efforts consentis par l'école primaire pour valoriser les voies scientifiques et technologiques, est de permettre à des élèves plus nombreux issus de la voie technologique industrielle ou de la voie scientifique, d'atteindre ces qualifications supérieures et ainsi de participer pleinement au développement de notre économie. ■

(2) Sources : IGEN STI PNF S-SI 31 mars 2010 Paris

(3) Sources : Publication ministérielle RERS 2010

(4) Sources : Publications ministérielles RERS 2007 et 2010

(5) Les niveaux de qualification :

Niveau 1 : validé par un doctorat et au delà.

Niveau 2 : validé par une licence, une licence LMD, une licence professionnelle, une maîtrise, un master, un DEA, un DESS ou un diplôme d'ingénieur.

Niveau 3 : validé par un Brevet de Technicien Supérieur, un Diplôme Universitaire de Technologie, un diplôme de fin de premier cycle de l'enseignement supérieur (DEUG, DEUST,...)

Niveau 4 : validé par un Bac général, un Bac professionnel (Bac pro), un Brevet de Technicien (BT) ou un Brevet Professionnel (BP)

Niveau 5 : validé par un CAP ou un BEP.

(6) Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010

## Concevoir une étude de cas « Création et Innovation Technologique »

Une approche pragmatique sur le thème : contrôle d'accès par serrure RFID.

**Benoît JACQUET-FAUCILLON**

Professeur agrégé de mécanique au Lycée Camille-Claudé de Pontault-Combault et à l'ESIPE-MLV de l'Université Paris-Est de Marne-La-Vallée. <http://esipe.univ-mlv.fr>

L'enseignement d'exploration Création et Innovation Technologique (CIT) est un enseignement nouveau qui participe de la réforme du lycée. Il constitue un nouveau souffle pour l'enseignement technologique et un lien indispensable entre la technologie collège et les enseignements de S-SI et de STI2D.

Cet enseignement a nécessité de repenser nos pratiques pédagogiques et de construire de nouvelles études de cas et de nouvelles ressources pour la classe. L'étude de cas présentée ici « le contrôle d'accès par serrure RFID » se propose, modestement, d'aborder de manière très pragmatique un exemple de cet enseignement nouveau.

Cette étude est distribuée (avec d'autres ressources pour la classe) par la société Knowllence.

En savoir plus sur le site : [www.knowllence.fr](http://www.knowllence.fr)

L'auteur tient à remercier Dominique Robert, Ingénieur Technico-commercial chez Chauvin Arnoux, pour sa disponibilité.

**Figure 1** : Systèmes proposés pour l'approche « produit » : serrure à clef, serrure à code, serrure à badge magnétique.



### Choix de la structure de l'étude de cas

Le choix de la structure de l'étude de cas n'est pas anodin car c'est un vecteur de dynamisme, de rythme et de motivation pour l'élève. Le but est de structurer la démarche et le raisonnement pour mettre en place des schémas de résolution de problèmes techniques sans entrer dans la « recette de cuisine ».

Cette étude de cas s'articule ainsi autour de quatre temps bien distincts dont l'unité est la séance de deux heures :

- \* 1<sup>er</sup> temps : phase de modélisation du problème et de recherche d'un système idéal.
- \* 2<sup>ème</sup> temps : phase de découverte de l'innovation.
- \* 3<sup>ème</sup> temps : phase de compréhension de l'innovation.
- \* 4<sup>ème</sup> temps : phase de restitution.

### Phase de modélisation du problème et recherche d'un système idéal

L'enjeu de cette phase est de soumettre aux élèves une problématique à résoudre à partir d'une approche

# Étude de cas

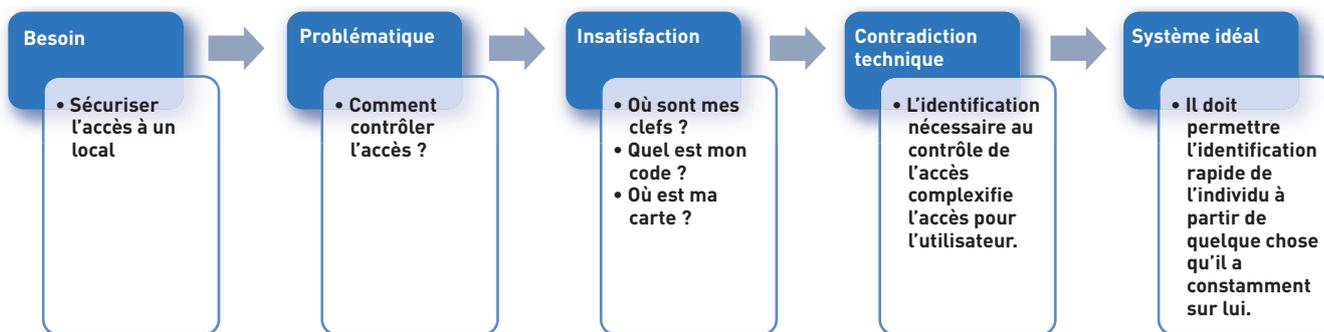


Figure 2 : Démarche de modélisation du problème

« produit » et de les amener à verbaliser celle-ci sous forme d'une contradiction technique puis d'un système idéal. Celui-ci doit lever cette contradiction technique afin de dégager des pistes d'innovation pour la phase suivante. Le « casting » des systèmes proposés (Voir Figure 1) dans l'approche « produit » doit être réfléchi car il influence directement l'expression du besoin et la contradiction technique au travers des insatisfactions perçues.

L'étape d'identification des insatisfactions nécessite une investigation succincte sur les produits existants afin de cerner les caractéristiques, avantages et les inconvénients de chacun. Cette investigation doit conduire les élèves à exprimer l'insatisfaction en prenant différents points de vue (utilisateur, gestionnaire, mainteneur...) qui va déclencher l'innovation en répondant au travers d'une analyse du type : « du point de vue... c'est pénible car... ».

L'étape de verbalisation de la contradiction technique à partir de l'insatisfaction n'est pas toujours évidente. Si la notion de contradiction technique est empruntée à la méthode TRIZ, il n'est pas souhaitable de l'exprimer telle une contradiction technique (par l'opposition de deux paramètres) ou par une contradiction physique ou même de mettre en œuvre la méthode TRIZ en enseignement d'exploration. L'idée est au contraire de s'abroger de tout formalisme et synthétiser en une phrase le « frein » dans une ou plusieurs phase(s) du cycle de vie du produit.

Enfin, les élèves doivent définir les qualités que doit posséder le système idéal permettant de lever la contradiction technique. La consigne doit alors être claire : il n'est pas question d'évoquer à ce stade des solutions.

L'ensemble de cette démarche est détaillée Figure 2 pour le système de contrôle d'accès

La modélisation du problème est alors terminée. Les élèves sont invités à réaliser un brainstorming afin de proposer des solutions correspondant au système idéal puis à les regrouper et les classer, voir Figure 3. Elles peuvent être judicieusement présentées sous forme de carte mentale.



Figure 3 : Résultat, après classification, du brainstorming de solutions correspondant au système idéal

## Phase de découverte de l'innovation

La phase précédente a permis de mettre en œuvre une démarche de modélisation du problème à résoudre afin d'identifier des solutions envisageables. Dans la phase de découverte, l'enjeu est d'investiguer une ou plusieurs des solutions retenues. L'investigation porte sur une maquette de serrure RFID avec transpondeur sous-cutané (Voir Figure 4) et peut-être astucieusement mis en parallèle avec une serrure biométrique afin d'insister sur la diversité des réponses possibles à partir de l'identification du système idéal.

Les élèves se scinderont ainsi en deux sous-groupes investiguant chacun les solutions suivantes :

- S'identifier à partir d'une caractéristique biométrique (serrure biométrique).
- S'identifier à partir de quelque chose qu'on ne peut pas ôter (serrure RFID avec transpondeur sous-cutané).

# Étude de cas

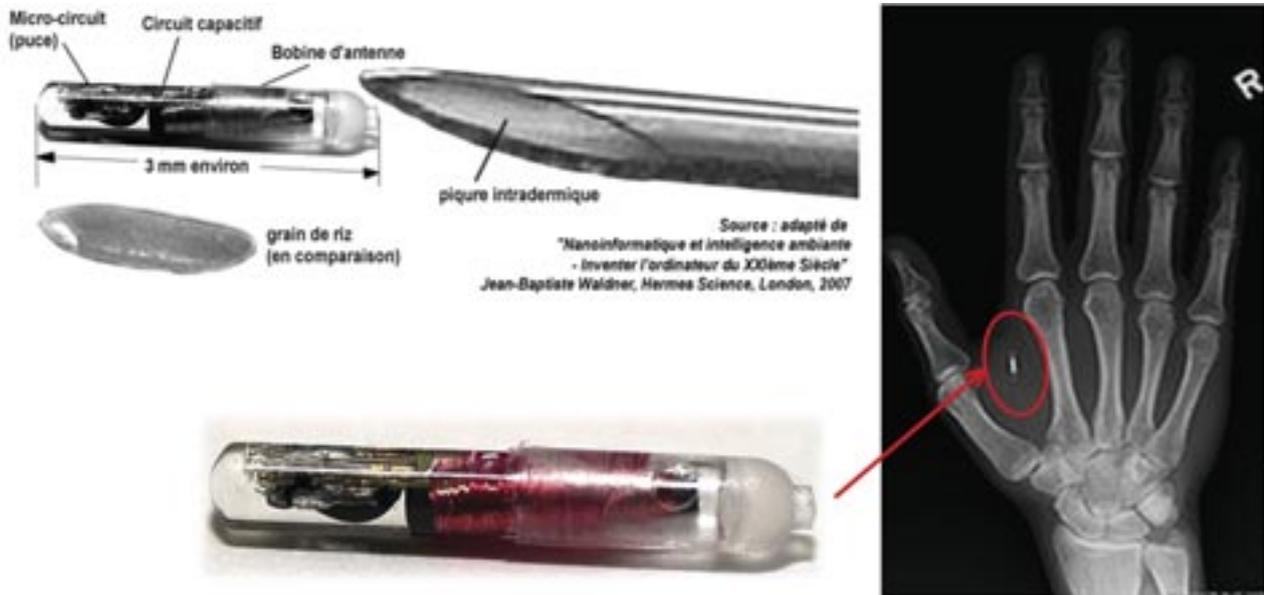


Figure 4 : TAG (transpondeur) sous-cutané et main droite d'Armal Graafstra

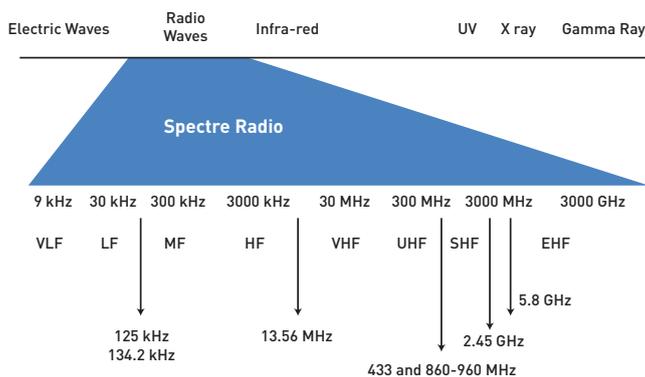


Figure 5 : Gammes de fréquences (d'après <http://www.centrenational-rfid.com>)

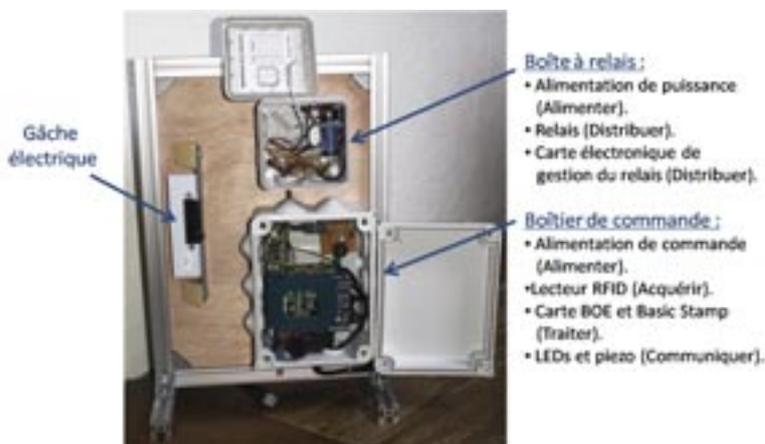


Figure 6 : Prototype de la maquette de serrure RFID

## RFID en bref

L'acronyme RFID signifie Radio Fréquence IDentification et constitue un système d'identification d'objets, de personnes, ou d'animaux dotés d'identifiants appelés transpondeurs ou (TAG) via un lecteur qui utilise le rayonnement radiofréquence.

Cette technologie est sans contact, ne nécessite pas de visibilité directe et permet la gestion de plusieurs identifiants dans le champ d'action du lecteur. Elle utilise une gamme bien définie des radiofréquences, voir Figure 5.

## Composition de la maquette de serrure RFID

La maquette de la serrure RFID, voir Figure 6, est constituée d'une gâche électrique, d'une carte électronique (BOE et microcontrôleur BS2), d'un lecteur RFID (RFID Reader Module) et d'un module d'analyse de signal logique BSLA pour microcontrôleur BS2 (BASIC STAMP Logic Analyser). Le module BSLA n'est plus disponible, à ce jour, à la vente mais il peut être aisément remplacé par l'analyseur logique METRIX MTX2022.

Le TAG utilisé dans notre cas est un transpondeur passif basse fréquence (LF pour Low Frequency) opérant à la fréquence 125 kHz. Il est nécessaire de « l'encapsuler » dans un écrin translucide de manière à éviter toute perte.

## Principe de gestion de l'identification par transpondeur

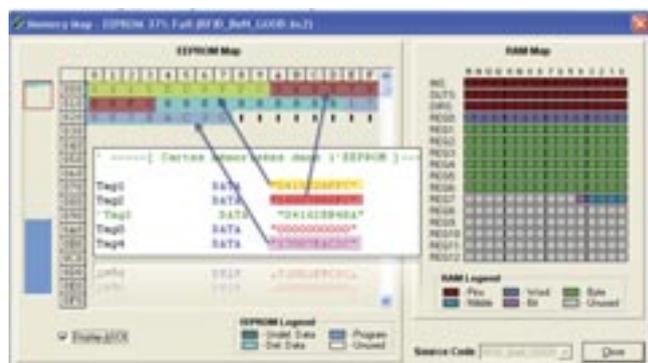
Le système de gestion (ici la carte électronique) permet d'activer le lecteur qui émet alors un champ radiofréquence. Lorsqu'un TAG passif entre dans ce champ, celui-ci entraîne un courant induit. Le TAG va alors émettre en réponse un signal radiofréquence qui lui est unique (c'est son ID). Voir Figure 7.

# Étude de cas



**Figure 7 :** Les 4 étapes de la gestion de l'identification par transpondeur (TAG) RFID

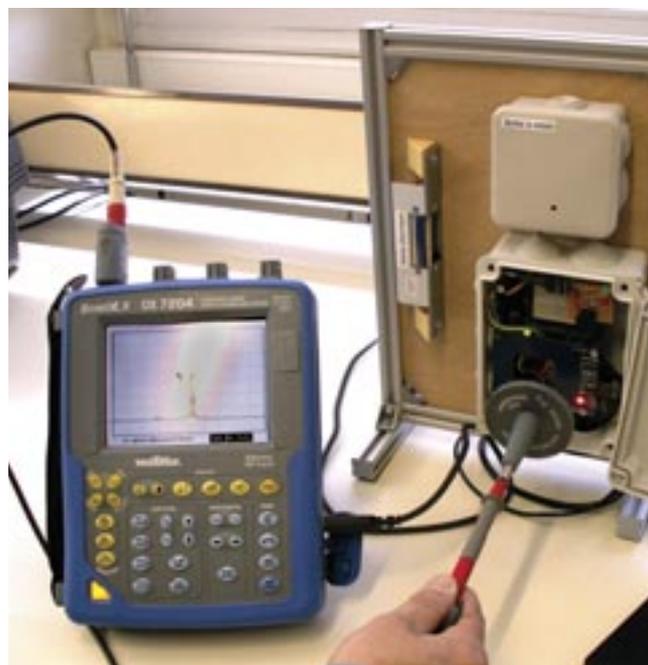
Le lecteur reçoit ce signal et le décode pour le fournir au système de gestion l'ID du transpondeur (mots de 12 octets transmis à 2400 bauds dans notre cas). Le système de gestion doit vérifier dans la base de données (dans notre cas l'EEPROM, voir Figure 8) si l'ID est autorisée et donner ou non l'ordre de déverrouillage à la gâche électrique.



**Figure 8 :** ID stockée en dure dans l'EEPROM

## Premier temps d'expérimentation : mise en évidence du champ radiofréquence

Par définition, le champ radiofréquence n'appartient pas au domaine du visible, voir Figure 5. Aussi la première expérimentation réalisée par les élèves consiste

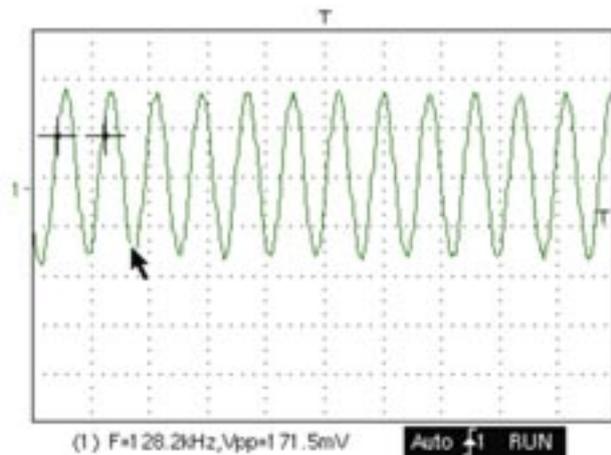
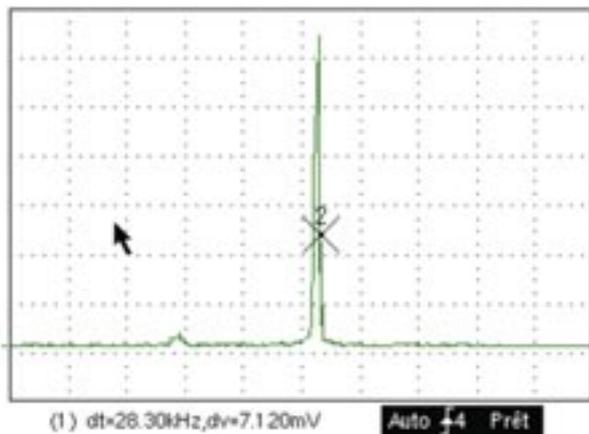


**Figure 9 :** Mise en évidence du rayonnement radiofréquence du lecteur RFID

à mettre en évidence ce champ à l'aide d'une antenne réceptrice (modèle METRIX HX0100) et d'un oscilloscope (modèle METRIX OX7204 SCOPIX).

Cette expérimentation (Voir Figure 9) montre l'existence d'un champ qui croît à mesure que l'on approche l'antenne réceptrice HX0100 du lecteur RFID lorsque celui-ci

# Étude de cas



**Figure 10 :** Mise en évidence et mesure de la fréquence du rayonnement radiofréquence du lecteur RFID

est actif (Voir Figure 10) et l'absence de champ lorsque le lecteur est inactif.

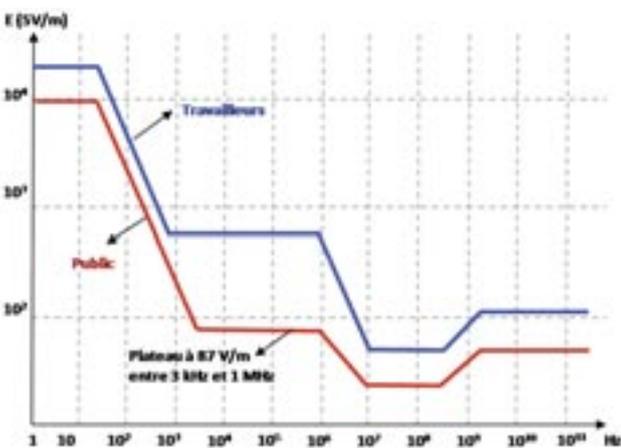
La fréquence mesurée de ce rayonnement de 128,2 kHz (Voir Figure 10) conduit à classer le lecteur RFID dans la catégorie des champs radiofréquences basse fréquence, voir Figure 5.

La norme C95.1-2005 (Voir Figure 11) recommande un niveau de champs électriques en fonction du domaine d'utilisation du système et de la fréquence émise par le système considéré. Un testeur de champs électriques basses fréquences (METRIX VX0100) doté de l'antenne réceptrice permet de vérifier que le champ émit par le lecteur RFID n'atteint pas la valeur maximale recommandée, soit 51,5 V/m mesuré pour 87 V/m recommandé, voir Figure 12.

été confiée (Voir Figure 13). C'est l'occasion d'évoquer la transmission d'informations en série.

## Implémentation de l'algorithme de gestion de l'ID

L'implémentation de l'algorithme de reconnaissance simplifié est présentée figure 14. Celui-ci permet de gérer plusieurs ID accréditées. Il a été mis en place lors d'un projet d'ISI en 2009-2010 avec une classe ayant participé à un projet pluridisciplinaire « algorithme et cryptographie » (maths et sciences de l'ingénieur).



**Figure 11 :** Niveaux de champs électriques, recommandation selon norme C95.1-2005 (source METRIX)

## Deuxième temps d'expérimentation : décodage du signal série envoyé par le lecteur

A l'aide du module d'analyse de signal logique BSLA et après avoir configuré correctement les caractéristiques du signal série envoyé par le lecteur à la carte électronique (broche du microcontrôleur, vitesse en baud, bit de parité...) les élèves recueillent l'ID du TAG qui leur a



**Figure 12 :** Mesure du niveau de champ électrique

# Étude de cas

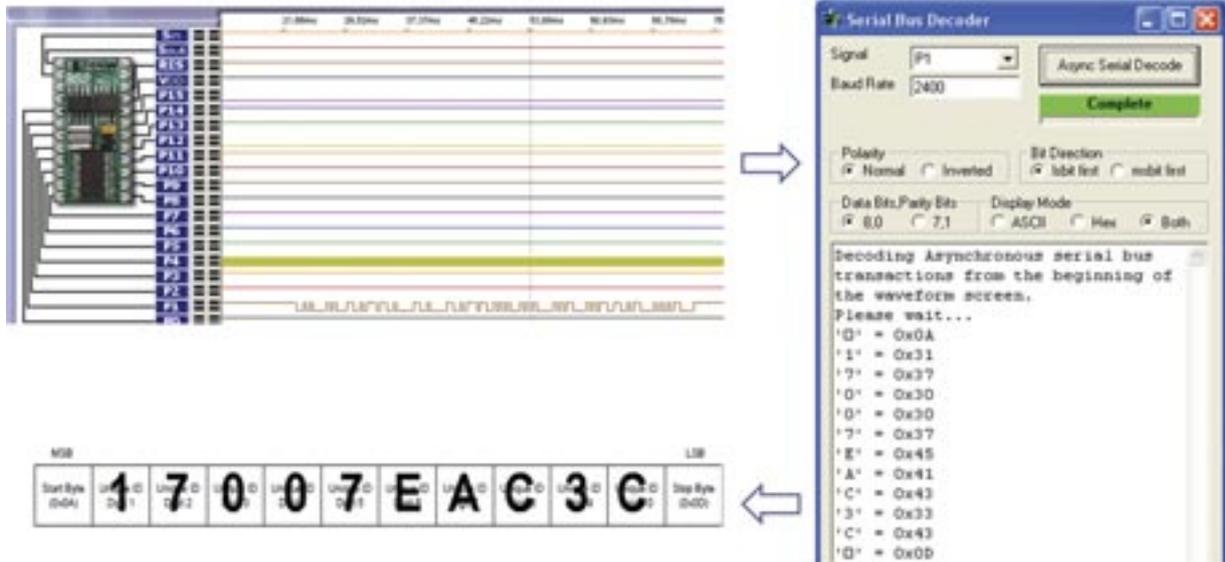


Figure 13 : Décodage du signal série transmis par le lecteur

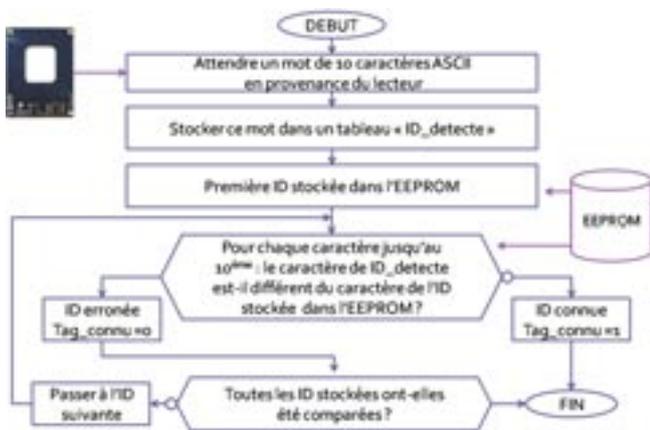


Figure 14 : algorithme simplifié

Il peut être encore simplifié. Cet algorithme permet de parcourir l'ensemble des ID stockées dans l'EEPROM et de comparer chacune d'entre elles avec l'ID lue par le lecteur RFID.

Une variable binaire Tag\_connu est initialisée à 0. Pour chaque ID stockée, la comparaison est effectuée caractère par caractère entre l'ID lue par le lecteur et l'ID stockée. Dès qu'un caractère diffère, on passe à l'ID stockée suivante. Si la comparaison du 10<sup>ème</sup> caractère de l'ID stockée est valide alors la variable Tag\_connu est mise à 1.

Pour finir, un simple test sur la variable Tag\_connu conditionne l'ouverture de la porte : si sa valeur est 1 alors un signal est envoyé pendant 2 secondes à la gâche pour permettre l'ouverture de la porte.

## Phase de compréhension de l'innovation

L'enjeu de cette phase est de prendre du recul par

rapport à la solution investiguée à la phase précédente. En effet, le principe technologique mis en œuvre précédemment (RFID) découle d'une invention scientifique et mobilise un principe d'innovation. Le degré d'innovation peut, quant à lui, être jaugé à l'aide des lois d'évolution.

## De l'invention scientifique aux applications techniques

Une recherche bibliographique (ouvrages de référence présents dans la classe ou au CDI et internet) est menée par les élèves afin de mettre en avant les expériences et les scientifiques ayant conduit à la technologie RFID.

A l'origine de la radiodiffusion, il faut noter la découverte scientifique du rayonnement électromagnétique par Maxwell en 1864. Les composants technologiques nécessaires à la communication sans fils sont mis au point par Hertz et Branly. Marconi les perfectionne pour conduire au premier message transmanche en 1899.

Les premières applications d'identification par radiodiffusion à partir de transpondeur sont d'ordre militaire. Ainsi le système Identify Friend or Foe (IFF) est mis au point par les allemands pendant la Seconde Guerre Mondiale. Il permet d'identifier les avions « amis » en transmettant un code d'identification.

Le premier brevet relatif à la notion de TAG est américain et date de 1973. Les applications civiles se développent peu à peu, notamment dans le domaine de la logistique, et conduisent à adopter une norme commune vis-à-vis des fréquences et de la structure de l'ID : la norme EPF pour Electronic Product Code en 2004.

Au cours de la dernière décennie, l'identification par technologie RFID s'est intensifiée et généralisée dans un souci de traçabilité et de sécurité. Les applications

# Étude de cas



**Figure 15** : De droite à Gauche : Maxwell, Hertz, Branly et Marconi (d'après <http://doctsf.com>)

sont nombreuses, voir Figure 16 : de l'identification des animaux, au passe Navigo en passant par le passeport biométrique.

## Principe d'innovation et lois d'évolution

Par comparaison avec les systèmes présentés lors de la phase de découverte de l'innovation, les élèves identifient le principe d'innovation qui permet le « saut » entre ces systèmes (Voir Figure 1) et la technologie RFID. L'introduction d'un champ électromagnétique conduit aisément les élèves à identifier le principe d'innovation 28 de la théorie TRIZ : « remplacement de système mécanique ».

## Degré d'innovation et lois d'évolution

Dans cette partie, il est question d'évoquer le degré d'évolution en amenant l'élève à expliquer en quoi la serrure RFID marque une progression vers l'idéalité par rapport aux systèmes présents dans la première phase, sous le prisme de quelques lois d'évolution.

La loi la plus significative est la loi 8 : « accroissement du dynamisme et de la contrôlabilité » puisque l'utilisateur n'est plus réellement acteur lors de l'identification : la détection est faite sans son intervention directe.

La loi de « transition vers le super-système » (loi 6) est intimement liée aux applications qui sont couplées au système d'identification RFID. Celles-ci peuvent aller de la simple gestion des horaires de travail du personnel à des applications beaucoup plus complexes. Ainsi, le projet « Ecosystem RFID » de l'Université de l'état de Washington sur Paul Allen center constitue une expérimentation de ce super-système. En effet 200 lecteurs RFID, répartis sur le campus, permettent de suivre une cinquantaine d'étudiants-cobayes volontaires qui disposent de TAG RFID sous-cutanés et dont les objets et vêtements sont également dotés de TAG RFID. Les applications développées dans ce projet vont de la serrure RFID à la localisation d'objets perdus en passant

par la gestion de l'emprunt des livres à la bibliothèque ou l'étude de la circulation sur le campus.

La transition vers le super-système revêt ici un caractère inquiétant. La CNIL (Commission Nationale de l'informatique et des libertés), dans son 28ème rapport d'activité de 2007, appelle d'ailleurs à une « vigilance particulière » vis-à-vis des « risques de profilage des individus » lié à la technologie RFID.

Peut-être est-il judicieux d'aborder à ce stade une réflexion avec les élèves autour des notions d'éthiques et de liberté individuelle ? On peut également évoquer Paul Virilio, urbaniste et philosophe, « le progrès et la catastrophe sont l'avant et le revers d'une même médaille : inventer le train, c'est inventer le déraillement ; inventer l'avion, c'est inventer le crash »\*\*.

\*\* : Article « Nous sommes dans le culte de la vitesse-lumière » - Sciences et Avenir - janvier 2011

## Phase de restitution

La phase de restitution consiste pour le groupe d'élèves à rédiger un document de synthèse et à réaliser un exposé.

Le document de synthèse attendu est un A4 recto-verso dactylographié qui retrace la démarche mise en œuvre dans l'étude de cas. Il comporte ainsi :

- La modélisation du problème : expression du besoin, fonction des produits étudiés, insatisfaction(s), contradiction technique et qualités du système idéal (Voir Figure 2)
- Les propositions de solutions répondant aux critères du système idéal sous forme de carte mentale.
- Une analyse de la solution étudiée (dans notre cas, la serrure RFID) : principe scientifique (la radiodiffusion) et scientifiques associés, principe technologique (qu'est ce que la technologie RFID ?), principe d'innovation (« remplacement de système mécanique ») et analyse du degré d'innovation au travers du prisme de quelques lois d'évolution.

# Étude de cas



Figure 16 : Exemples d'utilisations de la technologie RFID (d'après <http://www.journaldunet.com>)

## Evaluation

Si les notions abordées dans cette étude de cas ne peuvent en aucun cas faire l'objet d'une évaluation (enseignement d'exploration oblige), trois notes peuvent être attribuées à chacun des élèves :

- Une note de TP à partir d'une grille d'évaluation critériée et communiquée aux élèves portant sur le dynamisme de l'élève, son rôle dans le groupe, son autonomie...
- Une note relative à sur la production écrite du document de synthèse de l'étude de cas.
- Une note relative sur la prestation orale lors de l'exposé et au travail de préparation.

## Conclusion

Il est important, tout au long de l'étude de cas, d'insister auprès des élèves sur la démarche mise en œuvre

ainsi que sur la verbalisation. L'une comme l'autre portent les germes de la construction d'un réel esprit scientifique et technique. Gageons que celui-ci conduira les élèves à développer des compétences nécessaires à des études supérieures. ■

## Instruments et équipements utilisés pour cette Etude de cas

Oscilloscope MTX 2022 (200 MHz, 2 voies, et découpage de bus)

Oscilloscope OX 7204 (200 MHz, 4 voies isolées)

Antenne de test champ électrique HX 0100

Mesureur de champ électrique VX 0100

Serrure RFID

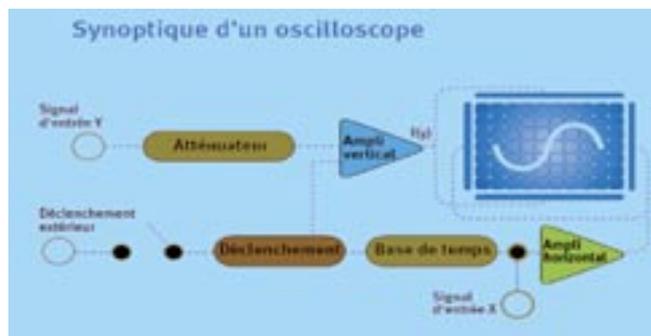
## L'oscilloscopie selon Metrix®

Cet article\* présente les dernières technologies de mesurage développées et mises en oeuvre dans les différentes familles d'oscilloscopes Metrix® : l'élargissement de leurs fonctionnalités, le développement de leur modes de communication, l'extension de leur stockage mémoire, l'utilisation de logiciel de métrologie ...

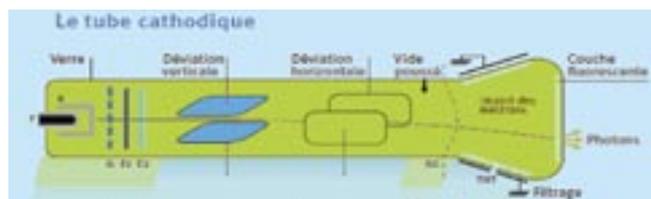
(\*) toutes les illustrations sont extraites du catalogue « METRIX – Test & Mesure 2011 / 2012 »

### Oscilloscope analogique ou numérique, quelques définitions...

Un **Oscilloscope analogique** est un instrument qui permet de visualiser la forme d'onde d'un signal électrique périodique en fonction du temps et qui en mesure les valeurs.



### Comment choisir son oscilloscope analogique ?



#### Déviations verticales :

##### ■ Coefficient de déviation :

Ce sont des valeurs d'amplitude minimum (sensibilité) et maximum acceptées par l'entrée Y.

##### ■ Bande passante (BP) :

C'est la plage de fréquence maximum admise par l'oscilloscope (MHz).

##### ■ Temps de montée (tm) :

Pour un signal carré (Fronts raides), c'est le délai nécessaire au front montant pour passer de 10% à 90% de l'amplitude « crête à crête ».

#### Déviations horizontales :

##### ■ Base de temps (BT) :

Ce sont les circuits de l'oscilloscope qui contrôlent le balayage de l'écran. Le choix du « coefficient de base de temps » permet la représentation des signaux sur une durée appropriée.

##### ■ Affichage Alterné ou Découpé

Le multiplexage des voies permet l'affichage de plusieurs voies Y1, Y2, ...Y4 avec un seul faisceau d'électrons. En mode alterné, chacune des traces effectue un balayage complet de l'écran, alternativement. Pour les vitesses lentes, on découpe des portions de trace à afficher lors d'un même balayage à l'écran : mode découpé.

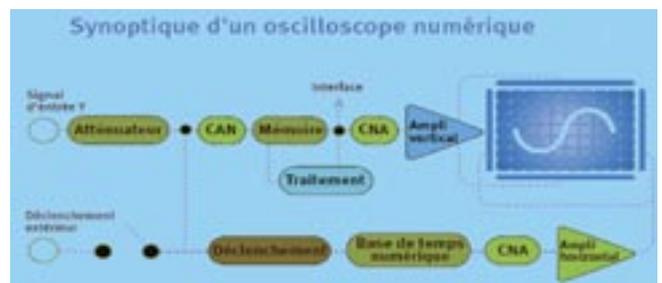
##### ■ Déclenchement

C'est un circuit qui autorise le balayage horizontal et détermine le point de départ d'affichage de la trace du signal. Le « niveau de déclenchement » est le niveau de tension qui doit être atteint par le signal observé pour balayer. Un déclenchement alterné permet, dans tous les cas, un affichage stable des traces.

##### ■ Fonction XY

C'est une fonction qui autorise la représentation d'une voie (Y1) en fonction d'une autre voie (Y2) sur l'écran, la base de temps est alors inopérante.

Un **Oscilloscope numérique** est un instrument qui permet de visualiser, en fonction du temps, la forme d'onde d'un signal électrique périodique (même très lent), ou encore d'un événement unique. Son principe autorise le stockage des signaux, des mesures automatiques ou le transfert des données vers un ordinateur.



### Comment choisir son oscilloscope numérique ?

##### ■ Coefficient de déviation :

Ce sont des valeurs d'amplitude minimum (sensibilité) et maximum acceptées par l'entrée Y.

##### ■ Vitesse d'échantillonnage :

Inverse de l'intervalle d'échantillonnage, elle est exprimée en MégaEchantillon par seconde (Mé/s). Elle varie en fonction de la vitesse de balayage. Selon le « théorème de Shannon », cette fréquence doit être pour un signal sinusoïdal pur, au moins le double de la fréquence du signal à observer. Dans la pratique, l'oscilloscope doit échantillonner à une fréquence au moins 10 fois supérieure à la fréquence présumée de ce

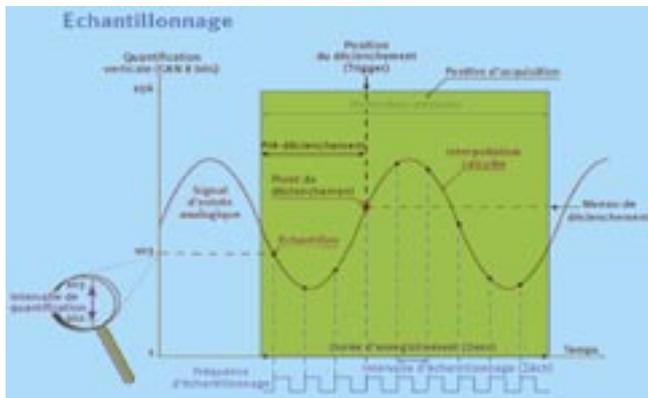
# Mesurage



signal. La « Bande Passante utile » aura pour valeur le dixième de la fréquence d'échantillonnage maximum et sera exprimée en MégaHertz

## ■ Modes d'échantillonnage :

Pour un échantillonnage en « temps réel » ou en « monocoup », tous les échantillons sont acquis en un seul balayage. Un échantillonnage en « temps équivalent » permet d'atteindre des « fréquences d'échantillonnages » plus élevées car les échantillons sont prélevés sur plusieurs balayages successifs. Ce mode est réservé aux signaux périodiques.



## ■ Profondeur mémoire :

Elle est exprimée en kilo points (kpoints), elle détermine la « durée d'enregistrement » en fonction de la vitesse de balayage ; plus elle est importante et plus la durée de l'enregistrement sera longue. En revanche, un appareil bénéficiant d'une capacité mémoire 10 fois supérieure permet, pour une même durée d'enregistrement, d'échantillonner 10 fois plus vite.

## ■ Résolution verticale :

La « quantification » consiste à convertir la valeur d'un échantillon en un nombre binaire. La résolution verticale est définie par la capacité en bits du Convertisseur Analogique/Numérique (CAN). Elle est de 1/256 soit 0,4% pour un CAN 8 bits (28 = 256)

## ■ Traitement du signal :

Opérations mathématiques très utiles entre signaux : +, -, \*, voir même fonctions complexes (transformée de Fourier ou FFT, analyse d'harmoniques...)

## Oscilloscopes numériques d'usage général OX6062, OX6152 et OX6202

Des oscilloscopes de laboratoire, outils de diagnostic multifonction, dans un encombrement minimal !

L'OX6062 est l'instrument multifonction de base. Les OX6152 et OX6202 sont eux adaptés au laboratoire pour des applications du domaine de l'électronique.

## ■ Oscilloscopes de laboratoire 60 à 200 MHz 3 en 1

Oscilloscope numérique, multimètre-enregistreur et analyseur FFT.

## ■ Boîtier adapté au laboratoire

Encombrement limité, léger, stable, poignée de transport intégrée, coffre de rangement pour les accessoires et le cordon secteur, une face avant étanche aux poussières avec un clavier silicone robuste (meilleure fiabilité dans le temps)

## ■ Ergonomique

Pilotage à accès multiples 28 touches de commande directe avec les fonctions d'usage courant, menus « Windows-like universels », écran tactile permettant un pilotage graphique (ex. déplacement des traces, réglages du trigger, déplacement des curseurs, fonctions Winzoom...)

■ **Vitesse d'échantillonnage** : monocoup 1 G $\epsilon$ /s et 50 G $\epsilon$ /s en ETS

■ **Communication multi-interfaces universelle** : RS232, USB et Ethernet avec serveur Web

## ■ Version SD

**Ces versions sont garanties à vie !**

## Accès direct et navigation intuitive

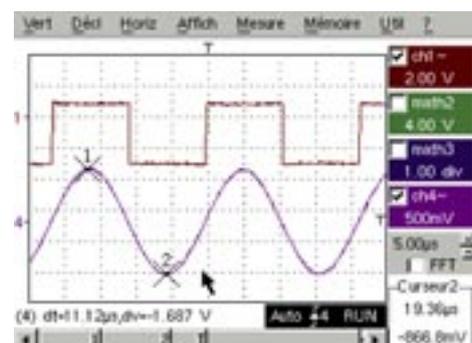
Avec seulement 28 touches d'accès direct aux différents modes et paramètres, ses menus universels « Windows Like », disponibles en 5 langues, l'utilisation de l'oscilloscope est d'une grande simplicité. Le clavier en face avant permet une sélection ou un réglage immédiat (base de temps, impression...).

## Réglages graphiques

Grâce à son stylet aimanté, l'utilisateur agit sur ses réglages directement à l'écran à partir des éléments graphiques que :

- la position des traces
- le niveau de trigger
- les curseurs ou encore le zoom

En bas à droite de l'écran, une zone rappelle en permanence le réglage du paramètre en cours, comme par exemple la valeur du curseur 2 (voir figure ci-contre).



# Mesurage



## Acquisition des signaux

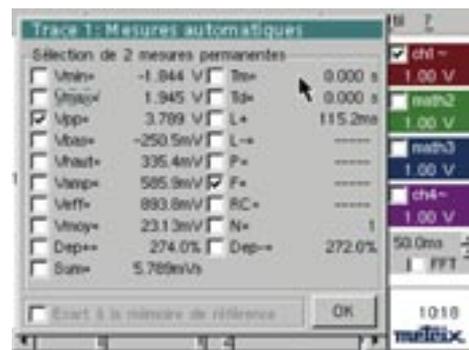
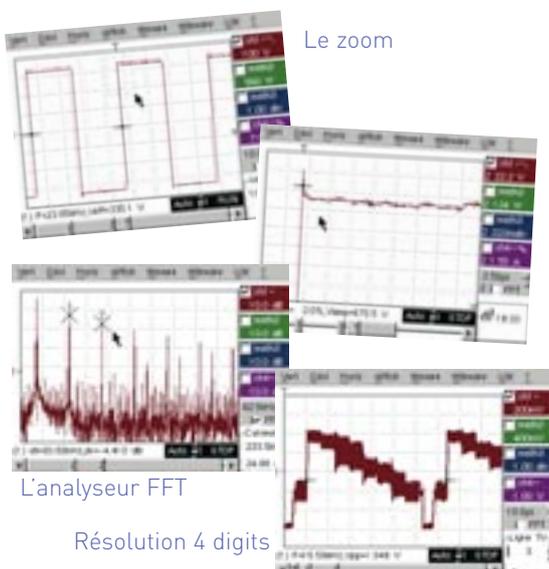
Côté performance les OX 6000 offrent un échantillonnage rapide et haute résolution avec leur convertisseur 10 bits / 1 Gs/s, un échantillonnage à 50 Gs/s sur signaux périodiques, ainsi qu'une capture de transitoires de 2 ns, évitant le sous échantillonnage.

- Large dynamique d'entrées : 2,5 mV à 10 V/div
- Filtres : 15 MHz, 1,5 MHz et 5 kHz, permettant de s'adapter aux différentes applications : énergie électrique, automobile, médical, mesures physiques, ...
- Fonctions de déclenchement avancées (Impulsion, TV, signal associé..), regroupées sur un seul écran (voir figure ci-contre).

## Avantages de la conversion 10 bits

**4 fois supérieure (en résolution horizontale) à celle d'un convertisseur classique 8 bits, la résolution verticale** du convertisseur sur 10 bits est exploitée grâce au « Winzoom » graphique.

- Le Winzoom fait apparaître tous les points acquis pour une analyse plus précise
- Calculée sur **2500 points**, l'analyse FFT peut être réglée automatiquement par la touche Autoset.
- Dynamique améliorée de **60 dB**
- **Précision optimale** sur les mesures de fréquences et d'amplitudes.
- **Résolution de 4 digits** pour les mesures automatiques ou par curseur



## Des mesures automatiques complètes

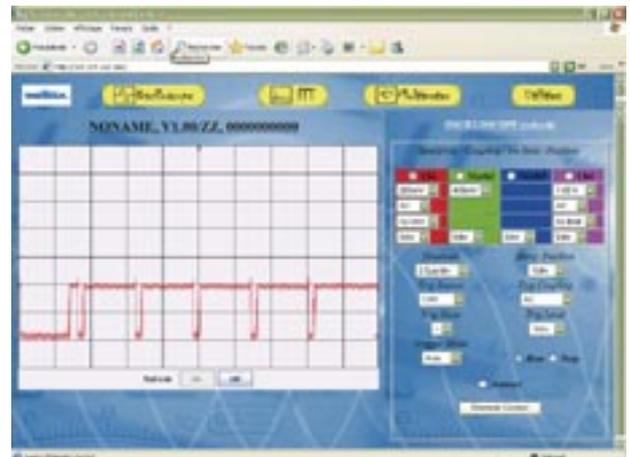
Pour un signal donné, l'utilisateur peut sélectionner les paramètres qu'il souhaite parmi les **19 mesures automatiques**. Une zone de mesure spécifique peut être sélectionnée en l'encadrant à l'aide des curseurs manuels avec accès par la touche dédiée ou grâce au stylet sur l'écran tactile, pour plus de fiabilité et de précision.

## Communication

Les OX6000 et leur interface **ETHERNET** (transfert à 10 MB) et leur serveur Web autorisent de nouvelles méthodes de travail.

- Impressions sur **imprimante réseaux**
- Gestion à distance
- **Echange de fichiers sur serveur FTP** directement sous « Windows »

Evolutif, l'OX 6000 bénéficie de la mise à jour de nouvelles fonctions via le téléchargement gratuit sur le site support : [www.chauvin-arnoux.com/support](http://www.chauvin-arnoux.com/support)



**SCOPIX, les oscilloscopes de terrain : 9 modèles pour satisfaire tous les domaines d'utilisation.**

**5 appareils en 1 ! Tous les SCOPIX sont à la fois oscilloscopes, multimètres, analyseurs FFT, analyseurs d'harmoniques et enregistreurs.**

- Bande passante de 40 à 200 MHz
- 2 ou 4 voies isolées

## Ergonomie

- Ecran LCD monochrome ou TFT couleur à dalle tactile rétro éclairé par Leds

# Mesurage

- Pilotage traditionnel via les 33 touches de commande directes
  - Pilotage via les menus « Windows Like » sur l'écran tactile
- L'environnement classique de type « Windows » offre une prise en main et une utilisation simplifiées. Sur l'écran tactile, l'utilisateur accède avec son stylet à toutes les fonctions via les menus déroulants, et agit sur les éléments graphiques (curseurs, triggers...).

## Sécurité & simplicité d'utilisation du système « Plug & Play » PROBIX

- Reconnaissance automatique du type de capteur et de la mesure associée
- Alimentés par l'instrument
- Mise à l'échelle automatique des unités de mesure

## Communication universelle

- Multi-interfaces : RS232, USB, Ethernet
- Carte SD amovible pour le stockage de grande capacité et le transfert des données
- Serveur Web intégral avec curseurs et mesures automatiques, Serveur/client FTP, et administrateur d'Instruments sur Ethernet

L'étendue des fonctionnalités de la famille SCOPIX lui permet de répondre aux besoins de plusieurs domaines d'activité.

**1 - Pour le domaine de la maintenance industrielle**, les OX7042 ET OX7104 sont conçus pour les techniciens d'intervention.

Ces 2 modèles sont dotés de l'essentiel des fonctionnalités pour capturer et enregistrer toutes les anomalies.

- Bande passante 40 ou 100 MHz
- 2 voies ou 4 voies isolées 600 V Cat III (1000 V à partir de la sonde HX0030A ou de l'adaptateur HX0095)
- Ecran couleur ou monochrome

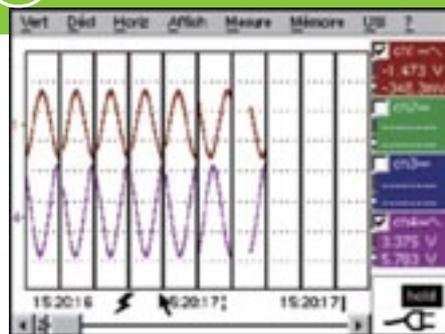
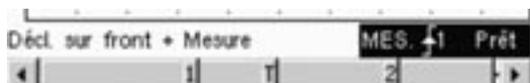
## Nouveau & uniques sur le marché !

Pour les modes Oscilloscope et Multimètre, les captures de défauts sont possibles suite au paramétrage d'un déclenchement Software à partir de la surveillance d'intervalle de tolérance.

## Mode Oscilloscope : Capture sur mesures automatiques

L'utilisateur dispose de 16 mesures automatiques disponibles dans ce mode. Les mesures souhaitées étant sélectionnées, il suffit de paramétrer les seuils de déclenchement et de lancer la capture de défauts.

Mise en mémoire et relance automatiques des acquisitions sur dépassement de seuil (AUTO, NORMAL, SINGLE, ou ROLL)



## Mode Enregistreur : Capture de défauts

Pour la surveillance dans le temps des variations de phénomènes physiques ou mécaniques, un véritable enregistreur numérique rapide est intégrable dans l'instrument sous forme d'un module software. Il autorise des vitesses d'acquisition atteignant **40 s entre 2 mesures** et les enregistrements peuvent s'étendre de 2 secondes à un mois. La **capture automatique de défauts** s'effectue à partir de la surveillance de 1 ou 2 seuils par voie. La durée du défaut peut être paramétrable de 160 s à 8 jours environ. Cette surveillance peut aussi s'effectuer sur des fenêtres de tolérance. La capture déclenche le stockage en mémoire longue du phénomène observé (jusqu'à 50 kpoints) ou la capture automatique de défauts successifs horodatés (500 défauts max). La mise en mémoire automatique des défauts s'effectue soit sur la mémoire interne, soit sur serveur FTP (disque dur d'un PC).

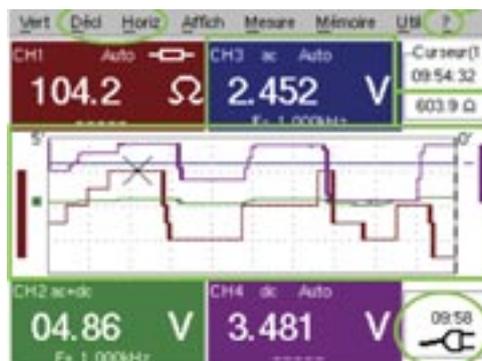
## Mode Analyseur d'harmoniques

L'analyse des harmoniques s'effectue **jusqu'au rang 61** afin de répondre aux exigences de la norme EN 50160 (THD sur 50 rangs minimum), avec une fréquence du fondamental comprise entre 40 et 450 Hz. Il est possible de présélectionner la fréquence du fondamental pour les standards (50 Hz, 60 Hz et 400 Hz). Cette fonction permet l'amélioration de la performance d'analyse, et surtout la mesure lorsque le niveau d'un rang d'harmonique est supérieur au fondamental.

Il est possible de visualiser simultanément les analyses harmoniques de deux ou quatre voies.

## Mode Multimètre : Surveillance des mesures

La capture des défauts est réalisée à partir de la surveillance de 1 à 2 seuil par voie. La durée du défaut est paramétrable de 48 ms à 8 jours environ. L'ensemble des captures de défauts enregistrées, jusqu'à 100 dans l'appareil, est accessible via les menus du SCOPIX. Chaque enregistrement est horodaté, et indique la source et le résultat de la mesure. Il est possible d'enregistrer cette liste au format « .txt »



# Mesurage

**2 - Pour le domaine de l'énergie**, les OX 7042P et OX 7104P sont déclinés en version « Power », avec accessoires et modules applicatifs dédiés.

Une version spécifique des OX7042 et OX7104 avec modules logiciels et accessoires adaptés est dédiée aux mesures de puissance.

- Mesure sur réseau jusqu'à 600 V CAT II ou 1000 V
- Mesures de puissance et d'harmoniques
- 2 ou 4 voies isolées

## Mesure de puissance, module complet HX0075

### En mode multimètre

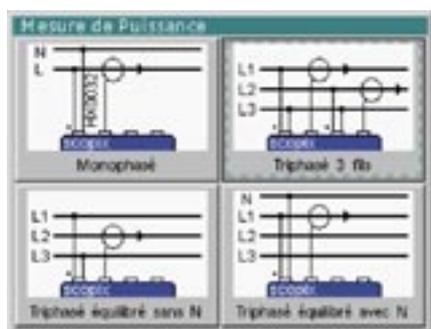
- puissance monophasée
- puissance triphasée sur réseau équilibré sans neutre
- puissance triphasée sur réseau équilibré avec neutre
- puissance triphasée 3 fils (méthode des 2 wattmètres)

### En mode Analyseur d'Harmoniques

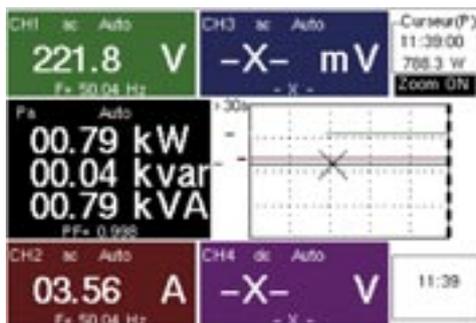
Avec ce module, dans le mode analyseur, il est dorénavant possible de réaliser l'analyse d'harmoniques de la puissance apparente monophasée, pour le diagnostic des moteurs en particulier. Par ailleurs, elle porte jusqu'au rang 61, et permet ainsi de répondre à la norme EN 50160 (minimum exige : rang 50).

L'analyse d'harmoniques de la puissance apparente monophasée est simple et visuelle car la représentation des harmoniques de puissance est signée :

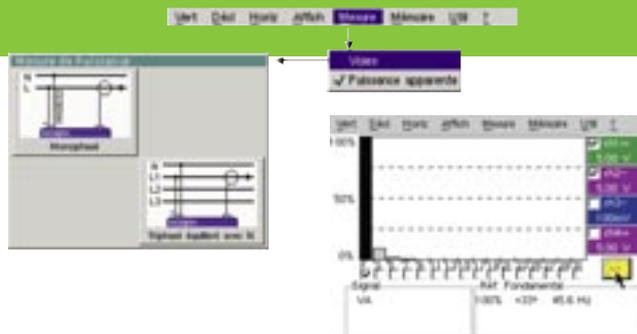
- une harmonique de couleur noire est dite reçue (positive par convention).
- une harmonique de couleur claire est dite émise (négative par convention)



Sélection du type de réseau alimentant la charge



Affichage des puissances apparente, active, réactive et du PF



## Analyse d'harmoniques, module HX0028

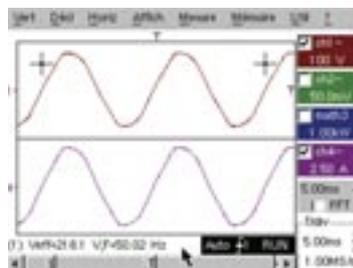
L'analyse des harmoniques s'effectue jusqu'au rang 61 afin de répondre aux exigences de la norme EN 50160 (THD sur 50 rangs minimum), avec une fréquence du fondamental comprise entre 40 et 450 Hz.

Il est possible de présélectionner la fréquence du fondamental pour les standards (50 Hz, 60 Hz et 400 Hz). Cette fonction permet l'amélioration de la performance d'analyse, et surtout la mesure lorsque le niveau d'un rang d'harmonique est supérieur au fondamental. Il est possible de visualiser simultanément les analyses harmoniques de deux ou quatre voies.

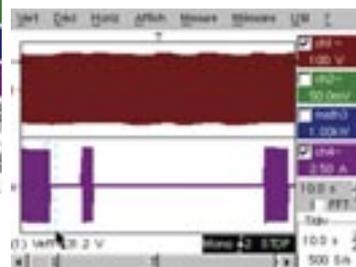
## Extension de la mémoire d'acquisition 50 000 points, module HX0077

Par rapport aux analyseurs dédiés, le SCOPIX Energie a la possibilité de réaliser une analyse détaillée de la forme d'ondes des transitoires et des perturbations.

50 000 points par rapport aux 2 500 points correspondent à un facteur 20 sur l'optimisation de la résolution ou de la durée d'enregistrement, ce qui permet l'acquisition de phénomènes supplémentaires.



Ex 1



Ex 2

**SCOPE** : Optimisation du compromis durée/résolution

Ex 1 : pour une résolution de 1 µs, durée de 50 ms

Ex 2 : pour une durée 100 s, résolution de 2 ms

En monocoup pour bases de temps 10 ms à 200 s/div, en ETS toutes BT

**3 - Pour le domaine électronique**, les OX 7062, OX 7102, OX 7104, OX 7202 et OX 7204 possèdent tous les atouts nécessaires afin de répondre aux besoins des Techniciens ou Ingénieurs, que ce soit dans le domaine de la conception, de la mise en service ou de la maintenance des équipements.

De la conception de carte à l'étude de signaux complexes, ces 5 modèles répondent aux besoins du secteur de l'électronique.

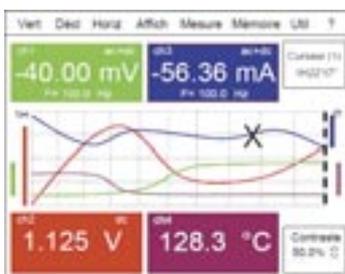
- Sensibilité d'entrée de 156 V / div pour l'étude de signaux de très faible amplitude en toute fidélité
- Bande passante de 60 à 200 MHz
- 2 à 4 voies isolées

# Mesurage

## Un instrument performant

- Echantillonnage de 2,5 G/s par voie en monocoup, 100 G/s en répétitif
- Convertisseur 12 bits fournissant une résolution verticale 16 fois supérieure aux oscilloscopes conventionnels 8 bits du marché
- Voies isolées permettant des mesures simultanées et sans contrainte de signaux avec références de masse différentes, pour de très faibles sensibilités comme pour des signaux jusqu'à 1000 Vdc ou rms.
- Mémoire interne 2 Mo, jusqu'à 2 Go de données sur carte SD et stockage direct sur disque dur de PC via Ethernet (Serveur/Client ftp).

## 2 ou 4 multimètres numériques 200 kHz TRMS indépendants



L'enregistreur associé permet de suivre et de sauvegarder les évolutions des mesures sur des périodes allant de 5 minutes à 1 mois.

La mesure de température s'effectue via les capteurs Pt 100 et Pt 1000, ou des thermocouples type K.

## FFT sur 2 ou 4 voies en temps réel pour une décomposition fréquentielle des signaux

La FFT est utilisée pour calculer, à partir des 2500 points, la représentation discrète d'un signal dans le domaine fréquentiel depuis sa représentation dans le domaine temporel. Elle est souvent précieuse pour aboutir à un diagnostic efficace lors de l'analyse qualitative des signaux :

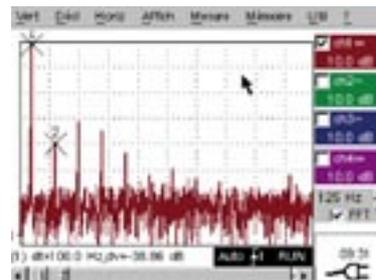


- la mesure des différents harmoniques, sub-harmoniques,
- non-harmoniques ou la distorsion d'un signal,
- l'analyse d'une réponse impulsionnelle,
- la recherche de source de bruit dans les circuits logiques...

Plusieurs fenêtres de pondération sont disponibles, ainsi que 2 modes de représentation, linéaire ou logarithmique (échelle en dB). L'utilisation des 2 curseurs permet ensuite

d'effectuer des mesures précises des raies de fréquence, des niveaux, des atténuations, en profitant d'une dynamique de 80 dB autorisée par la conversion 12 bits / 2,5 G/s.

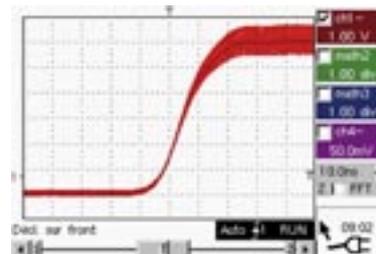
L'autoset facilite l'obtention d'une représentation spectrale optimale sur laquelle un zoom graphique peut être appliqué afin d'analyser tous les détails du spectre.



FFT avec une fenêtre Hanning et une échelle logarithmique.

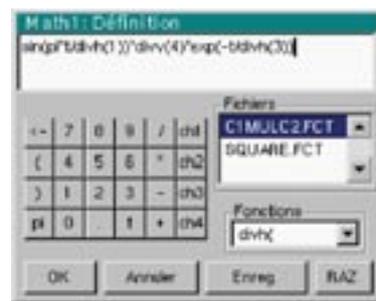
## La persistance en mode oscilloscope

En mode oscilloscope, la nouvelle fonction cumul permet d'enregistrer les variations d'un signal dans le temps. Très pratique pour vérifier les instabilités d'amplitudes ou de fréquence d'un signal, les modulations, les jitters.



## Fonctions Math

En mode oscilloscope, les fonctions math (1, 2, 3 et 4) permettent de définir, pour chacune des traces, une fonction mathématique ainsi qu'une mise à l'échelle verticale avec la définition de l'unité physique réelle. Les capacités d'affichage en temps réel à l'écran de l'éditeur mathématique sont de 4 traces calculées, sur lesquelles l'ensemble des mesures par curseurs ou automatiques reste disponible. Il est donc possible d'examiner les formes d'ondes comme la puissance par exemple ( $U \times I$ ) et de réaliser toutes les mesures associées. De nombreux opérateurs sont accessibles comme +, -, x, /, mais aussi sinus, cosinus, exponentiel, logarithme, racine carrée etc., ouvrant enfin la voie aux applications particulières ou complexes de l'utilisateur.



## Les atouts du système breveté Probox.

**Les oscilloscopes portables SCOPIX bénéficient d'accessoires intelligents Probox, lesquels offrent aux utilisateurs tout un ensemble de fonctionnalités innovantes garantissant simplicité, efficacité, polyvalence et sécurité.**

Le système Probox, ses sondes, accessoires et adaptateurs intelligents, c'est l'assurance d'une mise en oeuvre de l'instrument rapide et sans risque d'erreurs.

Sorte de "plug and play" de la mesure, les sondes et les adaptateurs sont immédiatement reconnus une fois connectés. L'instrument ne se contente pas de les identifier, il renseigne sur leurs caractéristiques.

La sécurité active est intégrée, notamment, sous la forme d'informations et de recommandations de sécurité pour

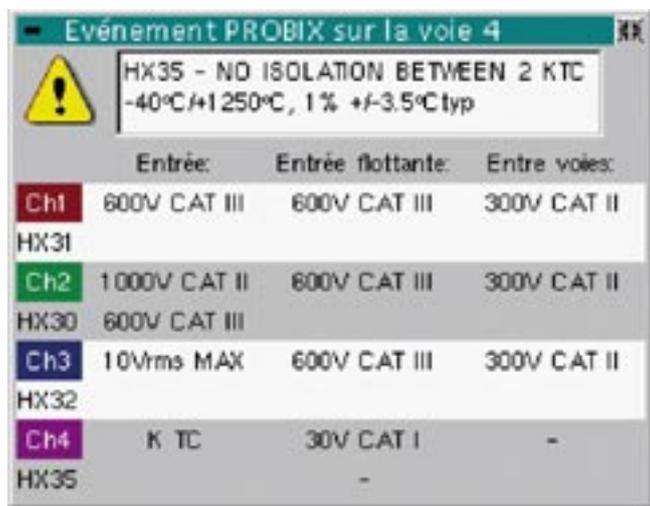
# Mesurage

l'utilisateur, tenant compte de sa configuration précise.

Les coefficients, échelles et unités des capteurs ainsi que la configuration des voies sont automatiquement gérés.

Ce système permet également d'alimenter directement les accessoires à partir de l'oscilloscope, sans pile ou adaptateur secteur additionnel.

Certains accessoires Probix comportent trois boutons de commande directement accessibles sur la sonde. Par exemple, les deux premiers boutons de commande des sondes servent à modifier directement les paramètres de réglage de la voie sur laquelle elles sont connectées



	Entrée:	Entrée flottante:	Entre voies:
Ch1	600V CAT III	600V CAT III	300V CAT II
HX31			
Ch2	1000V CAT II	600V CAT III	300V CAT II
HX30	600V CAT III		
Ch3	10Vrms MAX	600V CAT III	300V CAT II
HX32			
Ch4	K TC	30V CAT I	-
HX35			

## SX METROLOGIE

Désormais, il est possible d'effectuer les procédures de calibration de vos oscilloscopes chez vous.

Ce logiciel de métrologie permet de réaliser les opérations de vérification et d'ajustage des oscilloscopes Metrix OX6000 et OX7000 « boîtier fermé » par l'intermédiaire de leur communication série ou Ethernet, en toute simplicité et efficacité. Il assure la traçabilité selon les standards de qualité, permet d'archiver facilement l'historique des contrôles, d'éditer des rapports, ou d'imprimer des constats de vérification normalisés.

**Un constat de vérification** - au format html - est proposé en fin de procédure, il affiche les différents points de vérification :

- la configuration de l'oscilloscope
- la valeur de mesure injectée
- la fonction testée
- la valeur mesurée, la tolérance
- l'indication de conformité ou de non-conformité

**Une en-tête :**

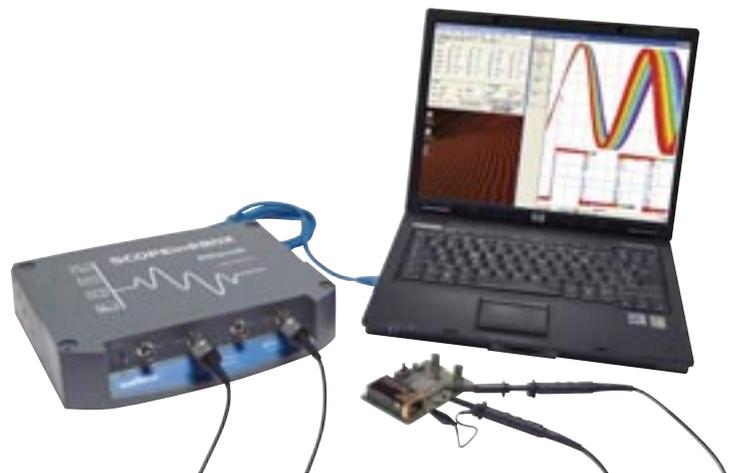
- contient des informations sur la campagne de mesures
- renseigne sur l'opérateur qui a vérifié l'appareil
- et apporte les autres informations réglementaires.

## SCOPEin@BOX, de l'innovation dans une boîte

Aussi **performants** que les oscilloscopes traditionnels, les **SCOPEin@BOX** offrent l'avantage d'une **ergonomie aussi compacte que leurs prix !**

4 appareils en 1, pour une efficacité record (oscilloscope, analyseur FFT temps réel, analyseur d'harmoniques, enregistreur), ces oscilloscopes performants sont destinés aux laboratoires pour des applications dans le domaine de l'électronique, de l'électronique de puissance ou de l'électrotechnique.

Connectés à un PC, ils en exploitent toutes les performances (grand écran avec résolution minimale de 1028x768, capacité de stockage illimitée...), et sont faciles à mettre en œuvre et à utiliser.



Les fonctions sont accessibles en direct à partir des menus et de la barre d'outils "Windows", via des raccourcis clavier ou la souris.



L'utilisateur pilote l'oscilloscope grâce au panneau commande "instrument", où il retrouve les commandes d'un oscilloscope classique. **Une aide en ligne** est également disponible.

# Mesurage

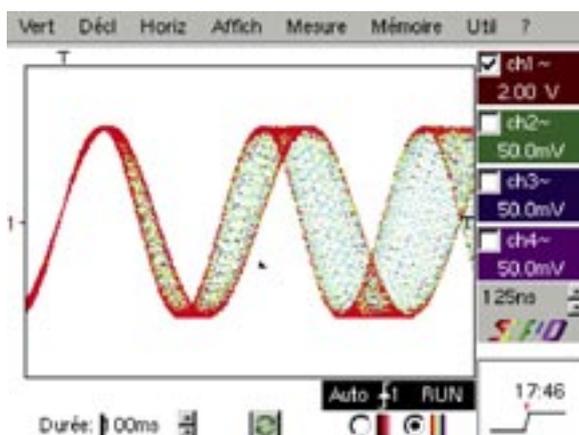
Le multifenêtrage permet un affichage simultané des traces, du zoom, de l'analyse FFT, des mesures... L'utilisateur peut ainsi obtenir une multitude de combinaisons, et disposer de toutes les informations utiles d'un seul coup d'oeil. Les **MTX 1052 & MTX 1054** disposent de l'affichage SPO (Smart Persistence Oscilloscope). Ce principe allie les avantages de l'analogique et du numérique. Il permet la gestion en parallèle de l'affichage et des acquisitions et rend possible l'augmentation des acquisitions / seconde jusqu'à plusieurs dizaines de milliers par seconde. Grâce au SPO, l'utilisateur peut déceler les événements brefs, les instabilités ou anomalies intempestives.

## Performants :

- Oscilloscopes 2 ou 4 voies 60, 150 MHz ou 200 MHz
- Mode d'acquisition rapide et de représentation intelligente « SPO »
- Une résolution doublée grâce à son convertisseur 9 bits
- Une sensibilité verticale de 250 V/div à 100 V/div
- Profondeur d'acquisition de 50 000 points par voie
- Fonctions de déclenchement avancées (pulse, retard, comptage, voie principale/auxiliaire, capture de défauts...)

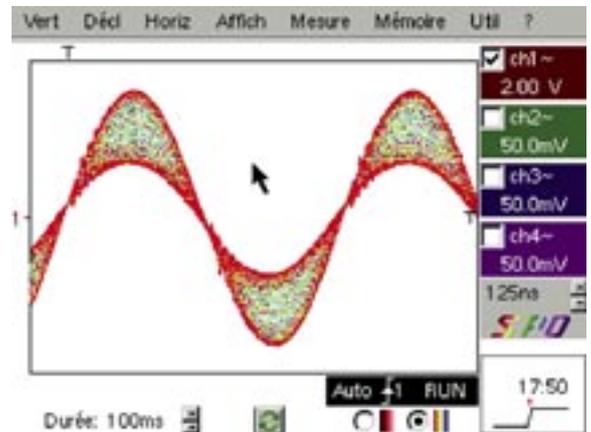
## La technologie SPO

La technologie "SPO" permet de faire persister les acquisitions pendant une durée paramétrée pour observer un cumul de traces. Cela permet, comme en analogique, de faire apparaître les évolutions du signal dans le temps, les jitters, les modulations et les phénomènes instables. Par ailleurs, ce mode d'affichage permet aussi la mise en évidence des phénomènes uniques tels que les transitoires ou les glitches.

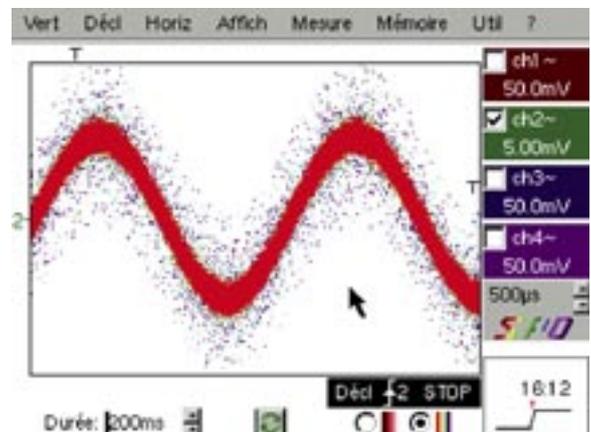


L'intensité lumineuse ou la couleur, affectée au point à l'écran, va décroître si celui-ci n'est pas renouvelé lors d'une nouvelle acquisition.

- L'acquisition se fait donc en trois dimensions :
- le temps
- l'amplitude
- l'occurrence



- Grâce à sa profondeur mémoire de 50 000 points, l'oscilloscope acquiert et traite l'information en parallèle.
- Le nombre d'acquisitions à la seconde peut-être multiplié par un facteur supérieur à 1000, ainsi le temps mort entre deux acquisitions est considérablement réduit.
- Représentation à l'écran des 50 000 points acquis par un système de compression intelligente.
- L'occurrence apporte une dimension statistique à la répartition des échantillons. La couleur ou l'intensité lumineuse met en évidence les irrégularités du signal.



- Durées d'affichage des points acquis : 100 ms, 200 ms, 500 ms, 1 s, 2 s, 5 s, 10 s et infini.

## Communication universelle

Chaque oscilloscope bénéficie d'un mode de communication universelle USB et d'une interface Ethernet 10 Mb pour une intégration dans un réseau local ou distant. Au démarrage en **USB ou ETHERNET** le logiciel détecte automatiquement les instruments raccordés au PC ou au réseau. Le stockage "illimité" des traces s'effectue par simple sauvegarde de fichiers. Les mises à jour du firmware sont automatisées. L'exportation des résultats sur Excel ainsi que l'impression sous Word s'effectuent en 1 ou 2 clics.



Les **MTX 162** et **SCOPEin@BOX** bénéficient dans leur version «W» de la communication WiFi. ■

## Mesure de signaux téléphonique, audio et vidéo avec l'oscilloscope MTX 162 UEW

Les TP présentés dans cet article sont destinés aux sections Bac Professionnel Systèmes Electroniques Numériques. Ils amènent l'élève à installer et à configurer l'oscilloscope pour l'acquisition de mesures diverses : vidéo, son, tonalité téléphonique... La particularité réside dans le mode de connexion avec l'ordinateur : USB, filaire et/ou WiFi. Ces TP sont actuellement utilisés dans une section SEN, en classe de 1<sup>ère</sup>.

**Cédric TODARO**

Professeur d'électronique au Lycée Arbez Carme à Oyonnax, dans l'Ain.

### Mise en situation

L'oscilloscope MTX162 UEW est un oscilloscope permettant la mesure de signaux électriques par l'intermédiaire d'un ordinateur. Vous allez être amené à mettre en service ce système ainsi qu'à valider le bon fonctionnement de celui-ci. La configuration de cet oscilloscope se fera en WiFi et des signaux téléphonique, audio et vidéo seront mesurés.

### Etude préliminaire

- ▶ Donnez les 3 différents types de connexion possibles entre le PC et cet oscilloscope

USB - FastEthernet - WiFi

- ▶ Parmi ces 3 types de connexion, quelle est celle qui ne nécessite aucun réglage ?

USB

- ▶ Donnez les 2 types de topologie WiFi qui peuvent être utilisés par l'oscilloscope pour se connecter à un réseau informatique.

Infrastructure - AdHoc

- ▶ Donnez l'état de la LED « READY » lors de la recherche d'un réseau WiFi.

La recherche de réseau WiFi est visible sur la face avant de l'instrument, au moyen de la LED « READY » qui va clignoter par salves très rapides de 40 clignotements.

- ▶ Donnez l'état de la LED « READY » lorsque l'oscilloscope est connecté à un réseau WiFi.

Au maximum, 10 salves peuvent être observées ; si la LED « READY » s'allume de façon permanente avant ces 10 salves, la connexion est établie, sinon la recherche a échoué et la connexion filaire Ethernet est activée.



### Réalisation du TP 1 - Connexion par USB

Complétez le schéma suivant en représentant la connexion en l'oscilloscope et le PC à l'aide de l'USB.

En vous aidant de la documentation technique, réalisez l'installation du logiciel ScopeIn@Box\_LE

Réalisez les interconnexions permettant la mise en service de l'oscilloscope en mode USB.

Complétez le schéma suivant permettant la mesure du signal de calibration des sondes (Probe adjust) par la voie 1.



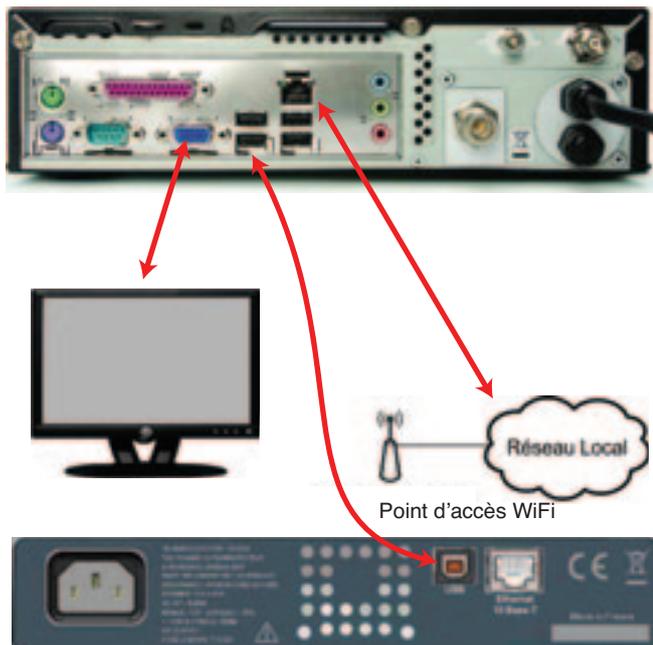
Réalisez la mesure de ce signal et validez le bon fonctionnement du système.

Fréquence	Tension	Validation
1000 Hz	2,5V	Valide

## 2 - Configuration WiFi

Complétez le schéma suivant en réalisant les liaisons permettant la connexion par USB et par le réseau WiFi de l'oscilloscope à l'ordinateur.

La liaison PC  $\leftrightarrow$  à réseau local se fera par l'intermédiaire d'une liaison Ethernet (cordon RJ45)



A l'aide de la documentation technique et des informations suivante, réalisez la configuration réseau (en WiFi) de l'oscilloscope.

Paramètres WiFi		Paramètres IP	
SSID	METRIX	PC	MTX162
Canal	10	10.0.0.1/255.0.0.0	10.0.0.2/255.0.0.0
Sécurité	Non		

Réalisez la mesure du signal de calibration de sonde et validez le bon fonctionnement du système.

Fréquence	Tension	Validation
1000 Hz	2,5 V	Valide

## 3 - Mesure d'un signal vidéo

### Rappel théorique : le signal vidéo

Le signal vidéo est le signal électrique analogique qui permet à un téléviseur ou à un vidéoprojecteur de former l'image. Ce signal transite entre la source et le dispositif d'affichage ou de projection. La source peut être : un tuner dans une télévision hertzienne ; un décodeur ; un magnétoscope ; un lecteur DVD ; un caméscope.

### Constitution du signal

Le signal vidéo doit

- déclencher le balayage de l'écran ;
- indiquer la modulation de l'intensité lumineuse lors du balayage.

### Signal noir et blanc

Dans le cas d'un écran, l'affichage se fait par balayage d'un faisceau électronique. L'intensité, la luminosité du point est proportionnelle à la tension du signal électrique (il s'agit en fait d'une loi affine) : le noir correspond à une tension de 0,37 V et le blanc à une tension de 1 V.

Les signaux de synchronisation sont des pics vers le bas ou vers le haut, entre les tensions 0 V et 0,3 V (donc inférieure au niveau du noir).

Dans les dispositifs d'affichage à matrice (écrans à cristaux liquides et vidéoprojecteurs monotube), l'affichage ne se fait pas par balayage. Le signal vidéo correspond alors à une transmission en série des points de l'image ; les signaux de synchronisation indiquent le début de l'image et le début de la ligne.

### Signaux de synchronisation - standard télévision à 625 lignes

Les impulsions de synchronisation sont des signaux rectangulaires, d'une hauteur de 0,3 V, vers le haut ou vers le bas, et d'une largeur de 2,35 à 5  $\mu$ s. La décroissance n'est pas une marche parfaite, mais présente une croissance/décroissance d'environ 0,15  $\mu$ s ; ainsi, pour une impulsion de 5  $\mu$ s, la durée entre les mi-pentes ascendantes et descendantes est de 4,7  $\mu$ s.

La fin d'une ligne comporte 2  $\mu$ s de « sous-noir » (signal à 0,3 V), puis vient le signal de synchronisation à 0 V qui indique que le téléviseur doit faire revenir le spot en début de ligne ; ce signal dure 5  $\mu$ s. Suit un palier de sous-noir (0,3 V) de 5  $\mu$ s, qui est le temps nécessaire au spot pour revenir en début de ligne. Le tout dure donc 12  $\mu$ s. Une ligne dure 64  $\mu$ s, on a donc 52  $\mu$ s de signal et 12  $\mu$ s de synchronisation et retour de spot.

La transition entre deux trames comporte les trois phases :

- le signal de pré-égalisation, ou égalisation avant ;
- le signal top de synchronisation de trame, ou top-trame ;
- le signal de post-égalisation, ou égalisation arrière.

Chaque étape dure 2,5 lignes, soit 160  $\mu$ s. Cette séquence correspond donc à 7,5 lignes ; pour le système européen à 50 Hz, elle dure 480  $\mu$ s. La demie ligne est nécessaire pour le balayage entrelacé : une trame impaire commence à la moitié d'une ligne et se termine à la fin d'une ligne, et une trame paire commence au début d'une ligne et se termine à la moitié d'une ligne.

La pré- et la post-égalisation se composent d'une ligne de base à 0,3 V (sous-noir), avec 5 impulsions vers le bas à 0 V, d'une durée de 2  $\mu\text{s}$  chacune et espacées de 30  $\mu\text{s}$  ; il y a donc deux impulsions par ligne (une ligne faisant 64  $\mu\text{s}$ ).

Le top-trame a lui une ligne de base à 0 V, et comporte 5 impulsions vers le haut à 0,3 V, larges de 5  $\mu\text{s}$  et espacées de 27  $\mu\text{s}$ , soit deux impulsions par ligne.

### Signal couleur

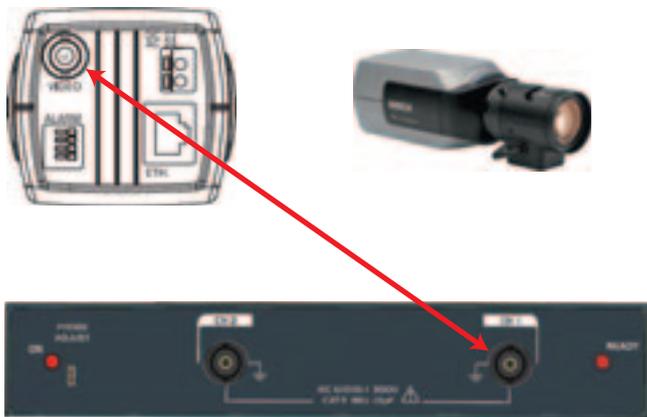
Dans le cas d'un signal couleur, il faut trois informations d'intensité :

- soit trois canaux rouge/vert/bleu (RVB) ; dans ce cas-là, il faut un connecteur par signal ; on a en fait trois signaux noir et blanc ;
- soit un canal luminance et deux canaux chrominance (système YUV) ; contrairement au signal RVB, ce signal est compatible avec le noir et blanc (seule la luminance est alors exploitée).

Le signal vidéo composite est un signal unique mixant la luminance et les chrominances : le signal final est obtenu à partir d'un signal porteur (d'environ 3 à 5 Hz) module en modulation de fréquence (SECAM) ou bien en amplitude et en phase (PAL, NTSC). On peut lui ajouter le signal du son de la même manière.

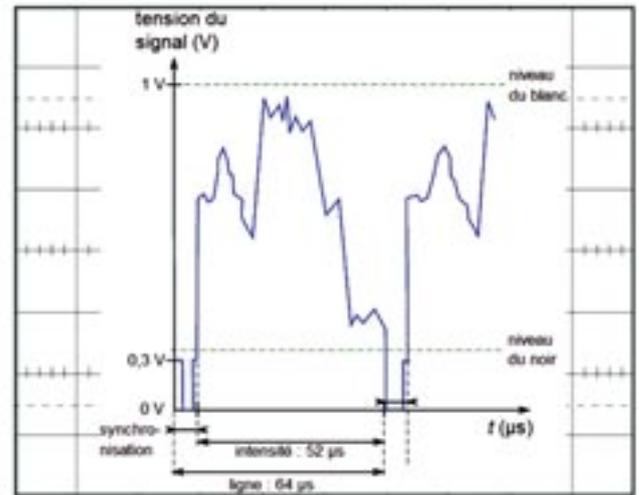
On peut à l'inverse travailler avec deux signaux, un pour la luminance et un pour la chrominance. On parle alors de vidéo à composantes séparées ou S-vidéo.

Complétez le schéma suivant en réalisant les liaisons permettant la mesure du signal vidéo produit par la caméra Bosch IP Dinion.



### Réalisez le montage.

Effectuez la mesure et isolez, sur votre écran, la partie du signal qui représente une ligne capturée par la caméra.



CH1 :  
Volts/div : .....  
Time/div : .....

► Mesurez la durée du signal représentant une image.

$$625 \text{ lignes} \times 64 \mu\text{s (par ligne)} = 40 \text{ ms}$$

$$625 \text{ lignes} \times 64 \mu\text{s (par ligne)} = 40 \text{ ms}$$

Calculez la fréquence d'émission des images par la caméra.

$$F = 1 / 0.04\text{s} = 25 \text{ Hz soit } 25 \text{ images / s}$$

### 4 - Mesure différentielle d'un signal sonore

Dans cette partie, vous serez amené à utiliser une sonde différentielle MTX1032-B. Cette sonde permet d'isoler la terre des 2 points de mesure.

#### Rappel théorique : le niveau de sonorisation

##### Principe

En sonorisation, on travaille avec différentes tensions alternatives. Afin d'éviter des malentendus, on parle de niveau en décibels(-Volt).

Le décibel-Volt (dBV) est l'unité des chiffres que l'on peut voir sur tout matériel de sono, souvent dans cet ordre : -80, -60, -40, -20, -10, -5, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +5, +10 et +20.

Le dBV est directement issu de la tension crête d'un signal par la formule :

$$\text{dBV} = 20 \log (V) \text{ (ou } V \text{ est la tension de la crête du signal en volts)}$$

Ainsi, 0 dBV = 1V ; -60 dBV = 1mV etc.

Dans la plupart des matériels audio professionnels, on parle en dBu. En fait, c'est juste un problème de norme : 0 dBu = 0,775 V. Ceci peut être à l'origine de plusieurs confusions.

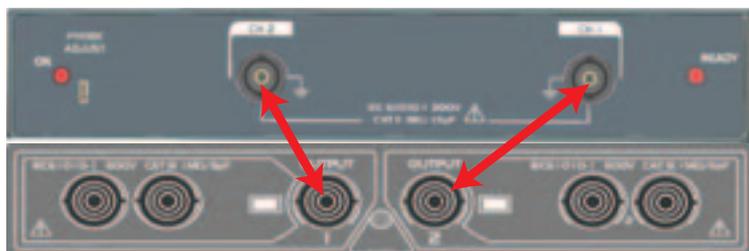
### La saturation

Un appareil électrique de traitement du signal a toujours un seuil de saturation, celui-ci est exprimé en Volt ou en décibels-Volt.

**Tableaux d'aperçu de quelques niveaux de référence (valeur indicative) :**

Niveau	Volts crête	dBV	Puissance
Mic	10 mV	-40	<mW
Line	1,4 V	3	2 W
Ampli	20 V	26	400 W

Nota : pour le niveau «line», 3dBV (1,4V) est généralement le niveau de saturation (5dBV pour certains appareils).



A l'aide de la documentation technique de la sonde MTX 1032-B, complétez le montage permettant d'utiliser cette sonde avec l'oscilloscope MTX 162 UEW.

On désire mesurer le signal sonore d'une sortie LINE d'un système audio.

Complétez le schéma suivant (en haut à droite)

Réalisez le montage et lancez la lecture d'une piste du CD et réalisez la mesure du signal électrique.

Mesurez le niveau maximal de tension qu'atteint ce signal et comparez avec la valeur crête des niveaux sonore de référence

Valeur tension mesurée	Valeur tension crête indicative
1,2 V	1,4 V = 3 dBV



### 5 - Mesure différentielle du signal de tonalité d'un téléphone analogique

Dans cette partie, vous serez amené à utiliser une sonde différentielle MTX1032-B pour mesurer le signal électrique circulant sur une ligne téléphonique.

#### Rappel théorique : le connecteur RJ11

Un connecteur **RJ-11**, également appelé « Registered Jack 11 » est un standard international utilisé par des appareils téléphoniques fixes. Il est toutefois également utilisé dans le domaine des réseaux locaux.

Une prise RJ-11 ressemble physiquement à une prise RJ-12 mais un peu plus petite et il n'y a que 4 fils utilisés (contrairement au RJ-12 qui lui utilise les 6 fils). La prise RJ-11 est plus petite et dispose de moins de «fils» qu'une prise RJ-45.

Repérez sur les schémas ci-dessous, les 2 numéros

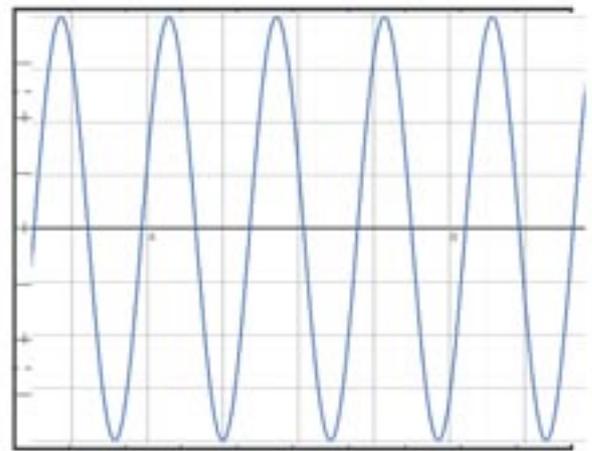
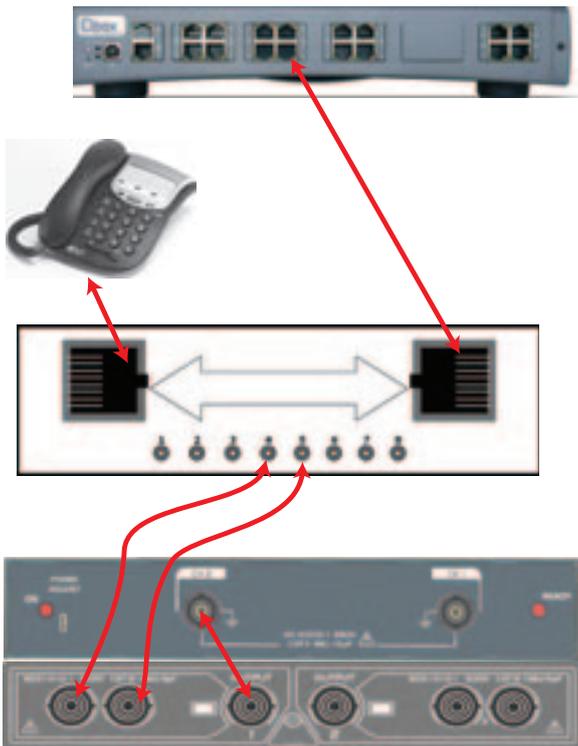
Utilisation d'un cordon RJ11		
1	Non utilisé	1
2	Non utilisé	2
3	-----	3
4	-----	4
5	Non utilisé	5
6	Non utilisé	6

Utilisation d'un cordon RJ45 (corrigé)		
1	Non utilisé	1
2	Non utilisé	2
3	Non utilisé	3
4	-----	4
5	-----	5
6	Non utilisé	6
7	Non utilisé	7
8	Non utilisé	8

position	RJ25 pin	RJ14 pin	RJ11 pin	Paire	T/R	±	Paire torsadée couleurs	25-pair couleurs	Anciennes couleurs	Couleurs allemandes
1	1			3	T	+	 blanc/vert	 blanc/vert	 blanc	 rose
2	2	1		2	T	+	 blanc/orange	 blanc/orange	 noir	 vert
3	3	2	1	1	R	↓	 bleu	 bleu/blanc	 rouge	 blanc
4	4	3	2	1	T	+	 blanc/bleu	 blanc/bleu	 vert	 marron
5	5	4		2	R	↓	 orange	 orange/blanc	 jaune	 jaune
6	6			3	R	↓	 vert	 vert/blanc	 bleu	 gris

des conducteurs utilisées pour la transmission de la voie dans le cadre d'une communication téléphonique analogique

Complétez le schéma ci-dessous permettant la mesure du signal électrique d'une communication téléphonique analogique.



CH1 :  
Volts/div : .....  
Time/div : .....

### Une remarque, en guise de conclusion

Ces TP permettent d'aborder des systèmes exploitant le réseau de manière peu commune. Il est rare d'utiliser un réseau informatique pour réaliser une mesure.

Après vérification du professeur réalisez le montage.

Effectuez la mesure du signal téléphonique lorsque le téléphone est décroché et que la tonalité est présente.

Mesurez la période et calculez la fréquence du signal électrique représentant la tonalité téléphonique.

$$T = 2,3 \text{ ms} \leftrightarrow \text{à } F = 440 \text{ Hz}$$

### Instruments et équipements utilisés pour ces TP

- Oscilloscope MTX 162 UEW (60 MHz - 2 voies)
- Sonde différentielle MTX 1032-B
- Ordinateur
- Caméra vidéo
- Système audio avec sortie LINE
- Téléphone analogique, prise RJ11
- Central ou ligne téléphonique

## L'apprentissage par problèmes et par projets : le robot filoguidé « gamelle »

L'équipe pédagogique GEII de l'IUT de Cachan qui déploie ce projet

H Angélic, D Boilevin, A Juton, B Hoffmann, JO Klein, B Larnaudie,

B Manuel, A Priou, G Raynaud, J Saint Martin, S Megherbi

L'approche pédagogique par problèmes et par projets (APP) connaît un succès certain dans les cycles de formation en ingénierie.

Cet article présente un projet pédagogique, le robot filoguidé, « gamelle », développé dans le cadre du premier semestre préparant au DUT Génie Electrique et Informatique Industrielle à l'IUT de Cachan Université Paris-Sud.

Après avoir résumé l'approche APP, le détail de la mise en œuvre de ce projet pédagogique est développé et les enseignements en sont tirés.

### Des projets pour apprendre

À l'origine, la pédagogie de projet était l'apanage de quelques courants de pédagogie active dont les précurseurs étaient entre autres Adolfe Ferrière (pédagogue Suisse qui fut un des premiers à parler dans ses publications de « l'école active » au début du XX<sup>e</sup> siècle) et le courant « Education nouvelle » au début du 20<sup>e</sup> siècle. Ceux-ci rendent les élèves acteurs de leurs apprentissages en misant sur leurs capacités et leurs ressources. Les savoirs sont acquis au cours d'activités et de situations de recherche prenant le plus souvent leurs sources dans des situations concrètes. Les élèves disposent alors d'une totale liberté d'action dans le cadre prévu.

### La démarche d'Apprentissage par Problèmes et par Projets (APP)

La pédagogie de projet consiste à faire acquérir aux apprenants des connaissances et des compétences, au travers de l'élaboration d'une production concrète en vue d'une fin précise. Elle est centrée sur ce que fait l'étudiant, l'enseignant n'étant là que pour l'accompagner et le guider dans ses apprentissages. Cette approche pédagogique est le plus souvent la réponse à l'inefficacité, ressentie ou réelle, des techniques traditionnelles de transmission ou de conditionnement - amphi, travaux dirigés et travaux pratiques - face à une partie des étudiants peu volontaire ou démotivée.

L'APP s'appuie sur des situations variées, contextualisées et présentant un défi. Elle fait appel à la collaboration entre apprenants, développe leur autonomie en

les amenant à initier leur apprentissage plutôt que de les subir.

Elle permet d'atteindre un triple objectif : acquérir des savoirs, maîtriser une méthodologie et produire du concret. Mais aussi elle donne un sens aux apprentissages, initie au travail en mode projet, enrichi les relations de l'étudiant avec ses pairs, son groupe de travail, ses enseignants et son institution.

La référence européenne en terme d'APP est l'Université Catholique de Louvain et on pourra se reporter à l'ouvrage « L'approche par problèmes et par projets dans l'enseignement supérieur - Impact, enjeu et défis » (coordonné par Benoît Galand, Mariane Frenay, presse universitaire de Louvain) pour mieux comprendre tous les enjeux de cette approche.

De nombreux exemples montrent que l'APP dans l'enseignement supérieur a permis de développer la motivation et l'autonomie des étudiants tout en assurant un apprentissage de qualité.

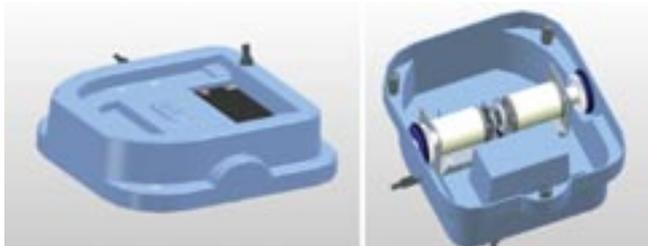
Il est relativement rare au sein d'un établissement d'enseignement supérieur qu'une équipe d'enseignants se réclame de tel ou tel courant pédagogique et qu'une pédagogie APP globale pour tout un cursus universitaire soit mise en place. On observe le plus souvent une cohabitation de pédagogies traditionnelles et de pédagogies nouvelles. Cette approche plus pragmatique est en général initiée par une équipe réduite d'enseignants. Cette cohabitation provoque souvent une évolution significative des enseignements traditionnels tels que les cours magistraux et les travaux dirigés vers plus d'autonomie puis jusqu'à l'élaboration de cours et

d'exercices en auto-apprentissage. Les étudiants deviennent plus réceptifs aux enseignements d'une part en raison du besoin en connaissances nouvelles qu'induit le projet en cours d'élaboration, d'autre part à cause de l'effet positif du projet sur leur motivation, le respect du travail des autres, la prise de responsabilité au sein d'un groupe.

La démarche de projet permet de renforcer l'intérêt des étudiants pour la voie qu'ils ont choisie, d'apprendre à mobiliser des savoirs et des compétences acquis et de développer des connaissances et des savoirs faire nouveaux.

## Un robot filoguidé ... fil rouge d'une démarche pédagogique

L'équipe pédagogique Génie Electrique et Informatique Industrielle de l'IUT de Cachan a fait le choix depuis 2004 d'utiliser la démarche APP. Les étudiants préparant le DUT GEII à l'IUT de Cachan découvrent, au cours du premier semestre de leur formation, différentes facettes de l'électronique, de l'informatique industrielle, et de la physique des capteurs via un petit robot filoguidé : « la gamelle ».



Le kit robot « gamelle », développé et réalisé en grande partie par l'équipe technique de l'IUT de Cachan, se compose d'un châssis, de 2 moteurs, de 2 roues, une batterie et une coque plastique.

Une variante de cette plateforme a été utilisée en 2006 en Ile de France pour le bac 2006 STI électronique.

Le robot sert de fil conducteur à un apprentissage par problème et par projet qui s'appuie sur une situation problème, la réalisation d'un robot filoguidé autonome, travaillée par groupes de quatre étudiants orchestrés par l'équipe pédagogique chargée des études et réalisations.

Le projet démarre dès la rentrée du premier semestre, alors que la plupart de ces étudiants primo-entrants ne dispose pas des connaissances nécessaires pour réaliser le robot. Il s'étale sur 16 semaines et une vingtaine de séances d'études et réalisations de 4 heures.

Au cours de ces séances, il s'agit d'inverser le schéma classique descendant cours-TD-TP-projet. Le robot sert à rendre les apprentissages nécessaires. Il donne

un contexte où ils seront immédiatement utiles et contextualisés.

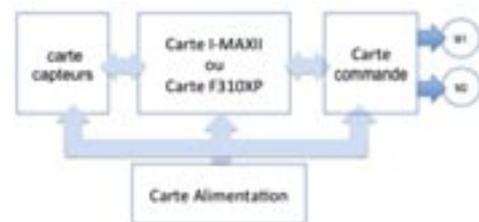
Cette démarche pédagogique se termine en fin de semestre par le concours « Gamel Trophy », organisé par l'IUT, où s'affrontent la quarantaine de robots réalisés par les groupes d'étudiants. L'enjeu consiste pour le robot à suivre, le plus rapidement possible un itinéraire, matérialisé sous forme d'une ligne blanche sur une moquette bleue, jusqu'à faire tomber un tasseau de bois de fin de parcours.

La meilleure équipe d'étudiants représentera ensuite l'IUT de Cachan à la coupe de robotique inter IUT de Vierzon dont le « Gamel Trophy » est la déclinaison locale.

Le caractère ludique du projet comme la mise en compétition des équipes et des groupes sont des facteurs de motivation considérables pour les jeunes étudiants et donc des éléments importants pour la réussite. Aussi dès l'amphi d'accueil, sont présentées des vidéos du concours de Vierzon - en insistant sur les succès de Cachan, pour donner le ton - et du « Gamel Trophy » (<http://www.youtube.com/watch?v=030iUynRQ6U>).

## Un projet découpé en trois phases

Le robot « gamelle », est construit à partir d'un kit standard, le même pour tous, comprenant châssis, moteurs, roues, batterie et coque. Quatre cartes électroniques interconnectées sont nécessaires pour le rendre opérationnel : capteurs, commande moteur, alimentation et traitement de l'information (voir synoptique). Ce sont elles qui sont le cœur du projet qui se déroule principalement lors des séances d'études et réalisations : les trois premières sont à concevoir et réaliser, la dernière à interfacer et programmer.



Synoptique de fonctionnement du robot

Au sein de chaque groupe d'étudiants (environ 24 étudiants, il y a 8 groupes préparant le DUT GEii), 6 équipes sont constituées. Chaque équipe comprend 4 étudiants, soit deux binômes. La formation de l'équipe est définitive. A l'intérieur d'une même équipe, les quatre étudiants sont solidaires pour faire progresser leur apprentissage et pour atteindre l'objectif du projet : faire suivre la ligne au robot.

Deux enseignants sont affectés à l'encadrement du groupe. Chacun a en charge le suivi plus particulier de

trois équipes. Ces enseignants assurent le suivi de l'apprentissage, du projet et sont chargés de l'évaluation. En particulier, à la fin de chaque séance, ils font un bilan d'un quart d'heure avec les équipes. Ce bilan permet de vérifier que l'équipe fonctionne correctement et sert à définir les objectifs de la séance suivante.

L'organisation du travail doit favoriser les transferts de compétences à l'intérieur d'une équipe. Il faut donc interdire la spécialisation des étudiants dans une équipe. A cette fin, les binômes seront mélangés entre chaque phase clé du projet, c'est à dire toutes les trois

séances environ. Dans cet esprit, les étudiants doivent travailler en priorité les tâches pour lesquelles ils sont les moins compétents.

Le projet se déroule en 3 phases étalées sur 16 semaines. Ceci donne le temps aux enseignements plus théoriques et classiques, qui se déroulent en parallèle, d'apporter progressivement les éléments de formation nécessaires pour assurer une progression régulière du projet.

La planification indicative des séances (de 4 heures) est donnée dans le tableau ci après.

Séance	Objectifs	Production	Éléments d'évaluation
1	Avoir une vue globale du projet	questionnaire	Réponses au questionnaire
2	Etude des 3 cartes capteur, commande moteur, alimentation	Préparation d'une manipulation de faisabilité	Fiche de faisabilité
3			Fiche définitive
4		Mise en commun des connaissances	Transmission des informations au sein de l'équipe
5	Prise en main du logiciel de CAO électronique pour la conception d'un circuit imprimé		Test de connaissances sur les principes des 3 cartes (devoir surveillé)
6	Conception, simulation, réalisation, mise au point, tests des 3 cartes.	3 cartes capteur, commande moteur, alimentation	
7			
8	Programmation VHDL de la carte de traitement de l'information à base de circuit programmable.	Prototype du robot capable de traverser la zone d'obstacles et s'arrêter.	
9	Formation au développement croisé sur cible microcontrôleur		Dossier technique préliminaire (matériel)
10 à 13	Programmer la carte de traitement de l'information du robot. Tests et de mise au point des fonctions du robot	Programmes de tests individuels des fonctions	
		Robot prêt pour la compétition	Test de connaissances sur le fonctionnement global du robot (devoir surveillé)
14 à 20	Mise au point du robot pour la compétition		Dossier technique préliminaire (logiciel)
			Dossier technique final complet
	<b>Compétition Gamel Trophy</b>		

## Phase 1 : cinq semaines de découverte et de formation

Les équipes entament ce projet par la lecture d'une documentation technique (en partie en anglais) choisie par l'équipe pédagogique. Durant cette première séance, un questionnaire de démarrage, comportant une quinzaine de questions, est donné aux étudiants pour les aider à extraire des documents fournis les informations importantes.

Il s'agit ensuite d'acquérir, en trois séances, grâce à un travail en équipe, les connaissances « de base » sur les fonctions fondamentales de l'électronique indispensables à la réalisation de ce robot. Au lieu de suivre le cours magistral d'un enseignant au tableau, les étudiants par binôme, construisent une solution répondant à une question posée, réalisent une expérience pour l'illustrer, puis l'exposent au reste de l'équipe.

Les questions sont volontairement vagues, et doivent normalement susciter un certain nombre de « sous-questions »... Les questions posées sont :

- Comment câbler un bouton-poussoir pour obtenir une information du type «butée de fin de course» ou «jack débranché» ?
- Comment alimenter les composants d'une carte électronique sous 5 V à partir d'une batterie de 12 V ?
- Comment faire tourner un moteur à courant continu à vitesse variable ?
- Comment détecter une ligne blanche ?



Préparation du robot

Chaque binôme de l'équipe va donc se consacrer pendant 2 séances à l'un de ces thèmes. Il se documente, réfléchit à la problématique et aux réponses possibles, puis fabrique une ou plusieurs manipulations destinées à illustrer une solution correspondant aux besoins de l'équipe pour la réalisation du robot. A la fin de ces deux séances, une expérience illustrant la solution retenue



Robot Gamelle

doit être prête et validée par l'enseignant supervisant l'équipe.

La troisième séance est destinée à la mise en commun des connaissances acquises par tous les binômes. Durant deux heures, chaque binôme expose successivement les résultats de sa réflexion au reste de son équipe (un binôme dispose donc d'environ 40 min) et présente la manipulation préparée. Pendant ces 40 minutes, le binôme devient le professeur, le pédagogue qui doit faire passer une notion particulière, cela ne s'improvise pas et se prépare (plans, schémas...). Les autres membres de l'équipe sont les élèves qui prennent des notes, posent des questions... ils doivent comprendre, puisqu'ils seront ensuite évalués individuellement sur tous les thèmes.

Un enseignant peut venir assister à tout moment à une partie de ces deux heures d'exposé/démonstration.

Pendant les deux dernières heures de cette séance, chaque binôme refait les manipulations préparées par les autres binômes.

Pour répondre aux questions, des pistes sont proposées sous forme de documents (notes techniques en anglais accessibles sur la plateforme pédagogique de l'Université Paris-Sud Dokeos ou via des recherches internet). Ils disposent aussi d'une platine de test de 2 moteurs couplés avec disque optique de 60 segments et une fourche optique, et d'une platine avec des capteurs réfléchissants à bas prix sur support réglables en hauteur.

Au final, une mutualisation des connaissances au sein de l'équipe doit être de mise, chaque membre de l'équipe doit avoir compris le principe et la mise en œuvre des solutions de tous les problèmes traités par l'équipe. Ceci est vérifié de façon classique par un devoir surveillé.

Durant cette phase de formation, l'enseignant joue un rôle de tuteur et non d'enseignant traditionnel. Le tuteur ne répond pas « directement » aux questions. Des cours, TD et TP sur les éléments utiles prennent place le moment venu et s'articulent avec l'évolution du projet tout au long du semestre. Il n'appartient pas au tuteur de les anticiper ou de les répéter. Son rôle est de faire ressentir ces enseignements comme nécessaires avant qu'ils n'apparaissent et de favoriser le transfert des connaissances académiques en compétences opérationnelles une fois que ces enseignements ont eu lieu. Il peut donc renvoyer les étudiants aux contenus de leurs cours, à leurs notes, aux documents.

## Phase 2 : Réaliser un robot prototype

À l'issue de la première phase, les étudiants disposent de schémas de principe complets pour la réalisation des cartes analogiques du robot (capteurs, commande moteur et alimentation).

Ils vont maintenant réaliser un prototype. La solution technique pour atteindre les différents objectifs est laissée libre, avec cependant quelques limites. D'abord, les composants sont à choisir sur une liste préétablie et pour un montant maximum de 50 €. De plus, la connectique devra être prévue dès le début pour permettre les évolutions du robot.

Après la phase de compréhension, les étudiants s'approprient le concept pour concevoir puis simuler en CAO la partie électronique. Ensuite, ils dessinent les types des circuits imprimés nécessaires en vue de fabriquer et de mettre en œuvre leurs premières cartes électroniques (outils ALTIUM designer).

Une fois ces cartes réalisées, un prototype de robot est mis au point. Il doit être capable de démarrer, traverser un champ d'obstacles (des tâches blanches sur le tapis bleu) et s'arrêter sur une surface uniformément blanche. Les étudiants doivent créer des programmes de test qui permettent de régler les tensions des capteurs réfléchissants en conditions réelles d'utilisation, de régler le différentiel des moteurs...



Le concours

La fonction de traitement des informations, nécessaire pour distinguer les tâches blanches de la zone bleue, est réalisée par une carte à base de circuit logique programmable (FPGA) que les étudiants programment par le biais d'une saisie de schéma logique et de modules écrits en VHDL, langage de description de circuits numériques (outils Altera Quartus II).

À la fin de cette étape la partie matérielle du robot doit être opérationnelle. Un rapport technique préliminaire est demandé à ce stade.

## Phase 3 : Préparer le robot pour la compétition « Gamel Trophy »

La carte de traitement de l'information du robot final est à base de microcontrôleur. Elle est programmée en langage C (carte microcontrôleur C8051F310, outils Silicon Labs IDE et SDCC). Les étudiants sont déjà initiés à la programmation structurée en langage C, avec une approche pédagogique de type APP, lors du cours d'informatique industrielle.

Les programmes produits durant cette phase permettent le test final des différentes fonctions, la mise au point du robot puis sa préparation pour la compétition finale.

Les quelques jours qui précèdent la compétition « Gamel Trophy », les étudiants sont totalement absorbés par la préparation du robot. Il s'installe une ambiance d'émulation entre les différents groupes mais également une forte solidarité pour réparer le robot de l'autre ou pallier les pannes de dernière minute. Certains travaillent probablement plus de 35 heures dans les trois jours qui précèdent le concours. Cet investissement total est rendu possible par un aménagement spécifique de l'emploi du temps, puisque toutes les évaluations et les jurys du semestre sont déjà passés.

## Motiver les étudiants par la compétition

L'aspect ludique et l'esprit de compétition se retrouvent lors de la journée compétition finale. C'est d'autant plus remarquable que le classement des robots au concours « Gamel Trophy » n'intervient pas dans l'évaluation du travail. Seul l'honneur de représenter l'IUT de Cachan à la coupe inter-IUT de Vierzon est réellement en jeu !

Le concours est structuré en une phase d'homologations des robots suivie d'une compétition en deux temps : qualifications pour la phase finale des 16 robots les plus rapides qui s'affrontent ensuite en matches à 2. À noter qu'en 2010/2011 100% des robots ont été homologués, signe de la qualité du travail fourni par les équipes d'étudiants.

Pour ceux dont le robot est moins performant il y a aussi le prix du plus beau robot (un peu de créativité artistique pour compenser) et pour encore plus de convivialité le prix du meilleur gâteau (la c'est une autre manière de faire participer l'entourage familial de l'étudiant et de l'intéresser à son cursus).

## Évaluer individuellement le projet

L'évaluation reflète l'implication dans le projet et la progression sur le plan des apprentissages mis en jeu dans le projet. Les éléments pris en compte pour l'évaluation du projet sont :

deux devoirs surveillés, pour vérifier que des connaissances ont été acquises par tous les membres des équipes et éviter la spécialisation au sein des équipes, une (ou plusieurs) interview orale, en équipe ou individuelle.

les dossiers techniques sur le robot réalisé

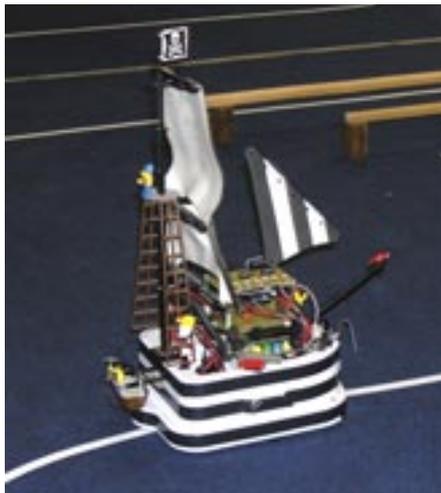
les aspects méthodologiques (prise de notes, utilisation des documents de cours, archivage des documents, soin apporté à la réalisation) et de communication (écouter les autres membres de l'équipe, partager son expérience, faire des propositions) ont aussi une place importante dans l'évaluation.

## Motiver étudiants ... et enseignants

Le projet « Gamel Trophy » permet aux étudiants de balayer plusieurs secteurs du génie électrique (alimentation, caractérisation des machines à courant continu et commande par modulation de largeur d'impulsion d'un moteur), de l'informatique industrielle (logique programmable, microcontrôleur, VHDL, langage C), de la physique (capteurs opto électronique) ainsi que les aspects réalisation, tests de cartes électroniques et un peu de gestion de projet. Autant de sujet qu'ils découvrent pour la plupart et qu'ils approfondiront dans les trimestres suivants.

Pour les vainqueurs du « Gamel Trophy », qui représentent ensuite l'IUT à la compétition inter IUT, ils continueront à améliorer leur robot jusqu'en juin, en tant que projet tutoré (projet évalué et comptant dans l'attribution du DUT). D'autres étudiants qui suivent l'option robotique du semestre 4 reviendront à la gamelle avec une carte microcontrôleur 16 bits qu'ils développeront complètement.

L'efficacité du travail des étudiants est directement liée à leur motivation. Autant les étudiants peuvent être passifs face à un apprentissage vécu comme une contrainte inutile, autant ils peuvent déployer une énergie et une ténacité insoupçonnables lorsqu'ils sont motivés ou mis en compétition. Aussi dès l'amphi d'accueil de septembre, une vidéo des concours précédents est présentée. Le caractère ludique du projet comme la mise en compétition des équipes, des groupes d'étudiants des deux départements GEii de l'IUT sont des facteurs de motivation considérables. Cette motivation est multipliée à chaque fois que le robot progresse : les premiers mètres parcourus par le robot sont vécus par les étudiants comme un événement extraordinaire qu'ils filment et qu'ils diffusent sur le net. La photo du robot et de l'équipe est affichée sur un tableau de



Le plus beau robot

palmarès. Les étudiants qui commençaient à désespérer devant l'état de leur robot reprennent espoir en voyant les autres équipes parvenir à des résultats concrets.

Le rôle de l'enseignant dans ce contexte est aussi transformé. Il n'est plus celui qui contraint à travailler, celui qui juge et qui sanctionne l'absence de travail, il devient le conseiller, utile. Malgré son statut d'enseignant, il est considéré parfois par les étudiants comme un membre de l'équipe, et pas comme celui qui juge l'équipe. On quitte un schéma d'opposition pour celui d'une association

constructive avec un objectif commun et concret.

## Le « Gamel Trophy », une expérience motivante et inoubliable

Après ce concours, l'équipe pédagogique est rassurée et pleine d'optimisme car l'objectif principal du projet pédagogique du premier semestre est atteint : transformer des lycéens en étudiants motivés et en appétit d'apprendre le GEII à l'IUT de Cachan.

Pour une partie de nos étudiants, qui ont intégré aujourd'hui le monde professionnel, le concours du « Gamel Trophy » de l'IUT est souvent cité comme l'un des faits les plus marquants de tout leur cursus universitaire.

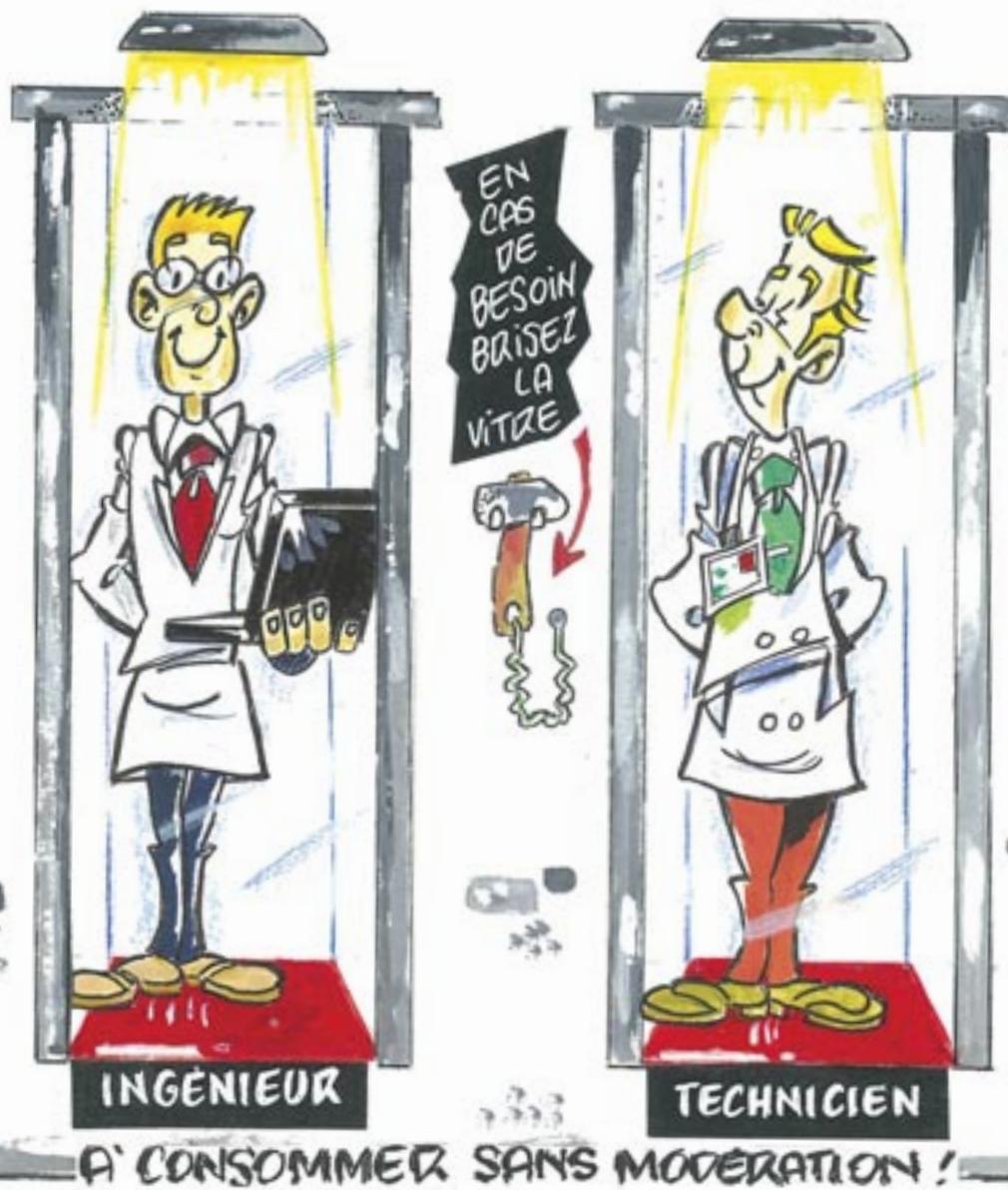
Avec le recul, l'APP, appliquée dans le contexte du robot « gamelle », s'avère plus efficace qu'une approche plus classique en particulier pour développer une plus grande autonomie des étudiants dans l'apprentissage. Pour les enseignants, habitués à travailler dans des dispositifs plus conventionnels, cette approche a modifié le rapport à leur métier grâce au sentiment de participer à un véritable projet collectif associant enseignants et enseignés.

Cette compétition de robotique mobile est aussi retenue comme thème de collaboration franco-roumaine avec l'Université de Craiova. Chaque année, des équipes associant des apprentis de l'IUT et des étudiants de Craiova collaborent et s'affrontent lors de la coupe de robotique de Craiova, dans un esprit d'ouverture et de collaboration internationale très réconfortants. ■



Après le concours

# sourire



❖ E-Mail : [info@leclubdumesurage.com](mailto:info@leclubdumesurage.com) ❖

❖ [www.leclubdumesurage.com](http://www.leclubdumesurage.com) ❖

Diffusion gratuite, tous droits de reproduction réservés.