



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Laboratoire d'Electromécanique de Compiègne - LEC  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de Technologie de Compiègne

Janvier 2011



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire d'Electromécanique de Compiègne - LEC  
sous tutelle des  
établissements et organismes :  
Université de Technologie de Compiègne

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

**Pierre Glorieux**

Janvier 2011



# Unité

Nom de l'unité : Laboratoire d'Electromécanique de Compiègne (LEC)

Label demandé : EA

N° si renouvellement : 1006

Nom du directeur : M. Guy FRIEDRICH

# Membres du comité d'experts

Président :

M. Bernard DAVAT, Institut National Polytechnique de Lorraine

Experts :

M. Gérard COQUERY, Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, Versailles-Satory

M. Maurice FADEL, Institut National Polytechnique de Toulouse

M. Francis LABRIQUE, Université de Louvain, Belgique

M. Francis PIRIOU, Université de Lille I, Sciences et Technologies

M. Yves MARECHAL, G2ELab, Grenoble, CNU

# Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Claude MARCHAND

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Claude BACHIMONT, Directeur à la Recherche UTC



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée les 17 et 18 janvier sur deux demi-journées, selon le programme suivant :

- 17 janvier en séance publique :
  - Présentation du bilan et du projet par le directeur et les responsables des deux thématiques de recherche, 2 heures ;
  - Visite du laboratoire, 2 heures.
- 18 janvier, à huis clos :
  - Rencontre avec les représentants des enseignants-chercheurs ;
  - Rencontre avec les représentants des personnels administratifs et techniques ;
  - Rencontre avec les représentants des doctorants ;
  - Rencontre avec le directeur à la Recherche de l'UTC ;
  - Rencontre avec le directeur.

L'organisation matérielle de la visite a été excellente et le comité d'évaluation a pu rencontrer la plupart des membres de l'unité au cours de la visite du laboratoire ou des rencontres avec les représentants des personnels. Les différentes discussions ont permis de compléter les documents fournis par le laboratoire.

- Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

Le Laboratoire d'Electromécanique de Compiègne (LEC) est l'une des 9 équipes de recherche reconnues de l'Université de Technologie de Compiègne (UTC). Cette équipe existe depuis l'origine de l'UTC et regroupe des enseignants-chercheurs de 63ème section du CNU (Génie électrique). Son domaine de recherche est celui des transports avec comme axe de recherche les « actionneurs électriques pour systèmes de motricité à énergie embarquée ».

- Equipe de Direction :

Le LEC est actuellement dirigé par M. Guy FRIEDRICH qui devrait conserver cette direction pour le prochain contrat.



- Effectifs de l'unité : (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	7	5
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	1	2
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	3	3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	8	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	3



## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité:

Les activités du LEC se concentrent sur la thématique des systèmes d'entraînement électriques embarqués et se déclinent suivant deux axes :

- la conception et l'optimisation d'actionneurs électriques ;
- la modélisation des sources embarquées.

L'analyse des publications du LEC et des projets de recherche auxquels il participe montre que le laboratoire a un excellent niveau de compétence dans des domaines bien ciblés comme les phénomènes vibro-acoustiques dans les machines électriques, la conception d'actionneurs pour des applications spécifiques, la modélisation de l'état de charge ou de vieillissement des batteries et l'optimisation des stratégies de MLI.

La collaboration régulière à l'échelle nationale avec les principaux acteurs industriels et institutionnels actifs dans le domaine de recherche du LEC confirme également le bon niveau de qualité des travaux qui y sont menés et la reconnaissance de leur spécificité par ces partenaires. Au niveau académique, le LEC a organisé en septembre 2009 simultanément les congrès Electrotechnique du Futur (EF) et Jeunes Chercheurs en Génie Electrique (JCGE) qui ont réuni, sur le thème "Actionneur électrique et véhicule propre", plus de 150 participants.

On note cependant l'absence de toute participation à des projets de recherche au niveau international ou de collaborations suivies avec des institutions étrangères.

La production scientifique s'établit à 19 ACL et 43 ACTI au cours des cinq dernières années. Les relations industrielles ont été importantes avec plus de 1100 k€ de contrats au cours de la période 2006-2009. Ces relations ont conduit au dépôt de 5 brevets publiés, 2 déposés et 7 extensions. De plus, le laboratoire fait partie de l'Institut Carnot UT (précédemment Institut Carnot TIE, Technologie et Innovation pour l'Entreprise) et est impliqué dans le pôle de compétitivité Mov'eo.

Compte tenu de sa petite taille (une vingtaine de personnes dont 8 enseignants-chercheurs), le LEC présente d'un point de vue quantitatif un bilan scientifique satisfaisant.

- Points forts et opportunités :

Le LEC est une équipe de petite taille "extrêmement soudée" et dynamique et ses points forts se situent principalement à trois niveaux :

- le premier correspond au fait que le laboratoire a su développer des créneaux de compétence spécifiques dans lesquels son expertise est incontestable ;
- le second résulte de la complémentarité de ces créneaux de compétence dans le domaine des entraînements à énergie électrique embarquée ;
- le troisième est relatif aux dispositifs d'expérimentation et de caractérisation que le laboratoire a développés et à sa capacité d'assurer un volet expérimental à ses travaux de recherche ; volet expérimental conforté par la présence d'un ingénieur de recherche (recruté en 2007) et d'un assistant Ingénieur (recruté en 2009).

Le champ de recherche du LEC sur les actionneurs électriques et ses forts liens industriels devraient lui permettre de bien se positionner, dans les années à venir, sur le thème "véhicule décarbonné". De plus, l'environnement scientifique de l'UTC avec les laboratoires ROBERVAL et HEUDIASYC, représente pour le LEC une opportunité dans ce domaine mais aussi dans celui de la mécatronique. Enfin, la proximité du Laboratoire de Réactivités et de Chimie des Solides (LRCS) d'Amiens avec lequel le LEC collabore depuis une dizaine d'années est un atout important.



- Points à améliorer et risques :

Le LEC est une unité de petite taille. Il faut donc veiller plus encore que dans des grands laboratoires à créer des synergies entre les différentes activités de recherche que ce soit en termes de complémentarités des sujets traités ou de mise en commun d'outils et méthodes. A ce sujet l'examen des fiches individuelles des enseignants-chercheurs les plus jeunes et les présentations effectuées lors de la visite laissent parfois apparaître l'impression d'un cloisonnement des activités, chacun se centrant sur sa thématique. Le risque est d'autant plus grand que le thème de recherche mis en avant par le laboratoire couvre les aspects « machines électriques », « électronique de puissance », « contrôle » et « sources d'alimentation » et que l'on peut avoir l'impression que chacun de ces aspects est du ressort d'un seul EC là où dans des laboratoires de plus grande taille ce sont des équipes de plusieurs chercheurs qui s'y intéressent. C'est un point que la gouvernance du laboratoire se doit de surveiller avec attention.

De plus, il apparaît que les nombreuses relations industrielles se traduisent par des financements de doctorants œuvrant in situ chez l'industriel ce qui affaiblit les forces vives présentes au laboratoire. Sans nier l'efficacité d'une telle situation sur le plan contractuel, les risques d'un amoindrissement de la capitalisation scientifique est à craindre et le comité encourage le laboratoire à garantir une présence des doctorants d'au moins 50 % de leur temps de recherche.

Un risque que le LEC ne peut éviter de considérer est celui de la marginalisation face à de grands laboratoires en termes d'insertion dans de grands projets ou de recrutement de chercheurs. Pour gagner en visibilité sur le plan national et obtenir une reconnaissance internationale, il devrait être envisagé dans les années à venir un rapprochement avec un laboratoire plus important.

Enfin la volonté des enseignants-chercheurs du LEC d'assurer tous les enseignements de leur domaine à l'UTC les conduit à effectuer des charges d'enseignements lourdes en particulier pour les plus jeunes. On note ainsi qu'il n'y a qu'un seul enseignant-chercheur titulaire de la PEDR ou de la PES. Cette charge en enseignement allée à des responsabilités en termes de contrats industriels fait que si le bilan du laboratoire est globalement satisfaisant en termes d'ACL ou de dépôt de brevets, la production scientifique est très inégalement répartie (8 ACL sur 19 sont issus d'une thèse en co-encadrement avec un autre laboratoire, et les 7 brevets viennent des relations historiques du laboratoire avec un industriel).

- Recommandations:

Les recommandations sont de deux types et concernent en premier lieu la gouvernance du laboratoire qui doit :

- se doter d'un conseil de laboratoire permettant de formaliser les relations à l'intérieur de l'unité ;
- se doter d'un conseil scientifique, pourquoi pas élargi, destiné à reformuler ses objectifs en termes de verrous technologiques et /ou scientifiques ;
- veiller à assurer une meilleure présence des doctorants au sein du laboratoire ;
- encourager les maîtres de conférence à préparer une HDR. Cela doit passer à la fois par la poursuite des efforts réalisés en termes de publication mais aussi par une limitation des charges d'enseignement ;
- veiller à un décroisement des activités en particulier des enseignants chercheurs les plus jeunes.

En second lieu le laboratoire pourrait s'insérer dans une entité plus grande sous la forme d'une équipe. Il est alors absolument nécessaire que dans un tel contexte il puisse conserver sa spécificité qui représente un enjeu sur le plan scientifique et une visibilité dans la communauté « génie électrique », indispensable pour la reconnaissance de l'équipe. Cela lui assurera des moyens pour participer à des projets de plus grande envergure tant au niveau national qu'international.



- Données de production :

(cf. [http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres\\_Identification\\_Ensgts-Chercheurs.pdf](http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Ensgts-Chercheurs.pdf))

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	5
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	1
A3 : Taux de producteurs de l'unité [A1/(N1+N2)]	100 %
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	1
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	4



### 3 • Appréciations détaillées :

Les activités du LEC s'inscrivent dans le cadre d'un créneau bien ciblé (celui des véhicules électriques autonomes) et se décomposent en deux thématiques :

- Alimentation des systèmes à énergie embarquée (AS2E) ;
- Conception, optimisation des machines électriques et de leur commande (COMEC).

Les recherches réalisées dans le thème AS2E comportent deux composantes. La première composante constitue un thème historique du laboratoire qui vaut à l'équipe une reconnaissance industrielle et académique. Bien que le "père fondateur" soit aujourd'hui en éméritat, la thématique est toujours active et a donné lieu au dépôt de trois brevets dans le cadre du laboratoire commun entre le LEC et la société VALEO. Loin de s'essouffler cette problématique fait l'objet de rebondissements, notamment par déclinaison sur un réseau de type véhicule automobile en se donnant comme objectif l'analyse des perturbations conduites. Bien que porteur, le domaine d'application mériterait d'être étendu plus largement.

La deuxième composante, plus récente, a pour objet la modélisation de dispositifs électrochimiques. L'angle d'attaque repose sur une démarche comportementale visant à estimer des grandeurs pertinentes pour le fonctionnement, comme l'état de charge ou l'état de santé, en considérant la température comme un paramètre. Cette approche de type modèle présente des avantages indéniables, aujourd'hui prouvés, pour une implantation en temps réel mais l'absence de représentation directe des phénomènes électrochimiques constitue une limitation intrinsèque de la précision des indicateurs. Les recherches sont réalisées dans le cadre d'une collaboration scientifique avec le Laboratoire de Réactivités et de Chimie des Solides d'Amiens. Elles ont débouché sur deux projets Predit ANR (STIMSTOCK et SIMCAL). Elles ont également conduit à une collaboration directe entre le LEC et l'INRETS. On peut considérer que ce thème a atteint, sur le plan national, une certaine maturité qui lui donne une bonne reconnaissance.

La thématique COMEC a pour objectif l'étude d'actionneurs électriques présentant un caractère novateur tant au niveau de la structure que des conditions d'usage d'architectures plus standards. Dans ce cadre l'équipe a développé une panoplie d'outils assurant la modélisation tant analytique que numérique au service de méthodes d'optimisation dont l'objectif final concerne le dimensionnement. Les outils développés en particulier un Solveur Eléments Finis magnétique et thermique avec prise en compte des aspects dynamiques permettent de pérenniser les connaissances développées dans ce domaine. Des travaux sur l'analyse de bruit d'origine magnétique dans les moteurs électriques ont été effectués dans le cadre de deux projets Predit ANR et MEDEE (pôle phare de la région Nord-Pas-de-Calais).

On peut malgré tout regretter que ces travaux ne soient pas plus connectés avec le thème précédent ce qui légitimerait pleinement le souci d'optimisation. Le comité a cependant bien noté les bienfaits de cette connexion pour la maîtrise du comportement vibro-acoustique. Quoi qu'il en soit l'équipe fait apparaître une multitude de méthodes de traitement et une variété d'outils numériques permettant de résoudre une grande quantité de problèmes bien identifiés par l'industrie de l'automobile avec une ouverture aujourd'hui sur le ferroviaire. L'activité est forte et se mesure plus par la diversité des projets traités que par la volonté d'atteindre de nouvelles cibles scientifiques.

D'un point de vue quantitatif, les publications du laboratoire sont, en intégrant les brevets, d'un bon niveau et tous les enseignant-chercheurs participant au projet (PR et MCF) sont producteurs. La répartition des publications entre les thèmes AS2E et COMEC est un peu déséquilibrée car si l'on considère les 16 ACL directement associées aux activités du laboratoire, 4 seulement concernent la thématique AS2E. Il en est de même des thèses soutenues qui toutes se rattachent au thème COMEC. Sur la période considérée 4 thèses ont été soutenues avec au moins une revue de type ACL ou un brevet par doctorant. Par contre les brevets se répartissent bien entre les deux thèmes de recherche.

Comme cela a déjà été indiqué le volume des contrats est important. Il s'agit principalement de projets du PREDIT, 8 sur la période 2006-2009, dont 3 dans le cadre du pôle de compétitivité Mov'eo et de contrats d'accompagnement de thèse CIFRE, 5 pendant la même période. Sur le plan de la valorisation, outre les brevets déposés dans le cadre du laboratoire commun avec VALEO, il convient de signaler la mise en œuvre de collaborations avec l'INRETS (maintenant IFSTTAR), l'IFP et le LRCS d'Amiens.



- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Les ACL sont parus pour la plupart dans les meilleures revues du domaine, l'une des publications ayant obtenu le prix "Outstanding Paper Award" de la revue COMPEL en 2009. Un article de synthèse est aussi paru en 2009 dans l'IEEE Magazine on Industry Applications. On note également l'implication des enseignants-chercheurs du LEC dans des ouvrages scientifiques. Six peuvent être recensés sur la période écoulée.

Pour les recrutements, l'ingénieur de recherche, l'assistant ingénieur et le maître de conférences ayant rejoint l'unité lors du précédent quadriennal ont été recrutés à l'extérieur du laboratoire. Il en est de même de la plupart des doctorants.

Localement le LEC entretient des relations suivies avec les laboratoires HEUDIASYC et ROBERVAL, le Laboratoire de Mathématiques Appliquées de Compiègne et le LRCS d'Amiens. Sur le plan national il participe au GDR SEEDS et a des relations suivies avec l'équipe optimisation du L2EP qui se traduisent par des publications communes.

Le bilan des financements du laboratoire montre une bonne capacité à s'intégrer dans les appels à projet et pôles de compétitivité au niveau national et le LEC a su durant ce quadriennal diversifier ses relations contractuelles et ne plus dépendre de façon quasi exclusive du laboratoire commun avec VALEO. Il n'en est pas de même au niveau international où le LEC est totalement absent. Par contre la valorisation des recherches est excellente comme le montre entre autre le nombre de brevets déposés.

- **Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité:**

S'il était difficile à la lecture du rapport de se prononcer sur l'organisation de l'unité, la visite a permis de constater que le LEC était une petite unité très "soudée" et que le besoin ne s'était pas encore fait sentir de créer de structure tel qu'un Conseil de Laboratoire. Les discussions, l'animation scientifique s'effectuent au travers d'une réunion hebdomadaire où tout le personnel est convié. Si la visite a permis de constater l'excellente ambiance régnant dans le laboratoire, la création d'un tel conseil est malgré tout fortement conseillée.

Sur le plan pédagogique, les enseignants-chercheurs du LEC sont rattachés au Génie Mécanique et interviennent au niveau de la formation ingénieur en électronique, électromagnétisme et automatique. Ils sont amenés à prendre des responsabilités de filière. Ils interviennent également dans la formation Master Systèmes Mécatroniques de l'UTC où ils sont impliqués dans 4 unités d'enseignement.

- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

Le projet s'inscrit dans la continuité des thèmes COMEC et AS2E pour lesquels le LEC a un positionnement régional et national.

Le comité reconnaît l'existence des compétences pour traiter ce projet, cependant il aurait souhaité un affichage plus clair de la méthodologie d'approche et encourage l'équipe à la formulation plus précise des axes pivots qu'elle souhaite adresser.

Pour le thème COMEC, les enjeux industriels liés aux actionneurs nécessitent de prendre en compte, lors de la conception, les aspects thermiques. Cet aspect multiphysique prendra une part de plus en plus importante au niveau de la modélisation et de l'optimisation. Ce thème sera d'ailleurs renforcé par le recrutement d'un Maître de Conférences avec un profil recherche fléché sur cet aspect.

Pour le thème AS2E, il s'agit d'abord de continuer les travaux sur les stratégies de modulation en étendant cet axe aux perturbations conduites dans les réseaux de véhicule. Ensuite il s'agira de conforter l'axe principal concernant les dispositifs électrochimiques en s'intéressant plus particulièrement aux phénomènes thermiques, au diagnostic et à la sûreté de fonctionnement des batteries. Ces travaux, qui s'insèrent dans le projet "HUB de l'énergie" devraient conforter la collaboration très structurante et riche de complémentarité que mène le LEC avec le LRCS depuis une dizaine d'années.



Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
Laboratoire d'Electromécanique de Compiègne (LEC)	A	B	A	B	B

C1 Qualité scientifique et production  
C2 Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement  
C3 Gouvernance et vie du laboratoire  
C4 Stratégie et projet scientifique

### Statistiques de notes globales par domaines scientifiques (État au 06/05/2011)

#### Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>197</b>
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

#### Intitulés des domaines scientifiques

#### Sciences et Technologies

ST1 Mathématiques  
ST2 Physique  
ST3 Sciences de la terre et de l'univers  
ST4 Chimie  
ST5 Sciences pour l'ingénieur  
ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication

Compiègne, le 15 avril 2011

Référence  
P/PC/AL

AERES  
Monsieur Pierre GLORIEUX  
20 Rue Vivienne  
75002 PARIS

Cher Monsieur,

Voici les commentaires proposés par l'Université de Technologie de Compiègne à la suite du rapport rendu par l'AERES sur l'EA 1006 LEC (Laboratoire d'Electromécanique de Compiègne).

Le directeur et les membres du Laboratoire Electromécanique de Compiègne (LEC) remercient la commission d'évaluation pour la qualité et le détail de ses analyses. Nous avons été particulièrement sensibles à la reconnaissance par la commission des points suivants mentionnés dans le rapport:

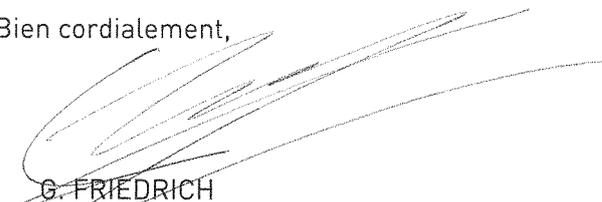
- *"Le laboratoire a su développer des créneaux de compétences spécifiques dans lesquels son expertise est incontestable"*
- *"la complémentarité de ces créneaux de compétences dans le domaine des entraînements à énergie électrique embarquée"*
- *"A su, durant ce quadriennal, diversifier ses relations contractuelles"*
- *"Les ACL sont parues dans les meilleures revues du domaine"*.

Nous partageons la pertinence des analyses et les suggestions de la commission. En particulier, la recommandation de mettre en place un conseil de laboratoire et un conseil scientifique élargi sont bienvenues car, malgré sa petite taille et son caractère fortement collégial, le LEC gagnerait à avoir de telles structures qui contribue à sa gouvernance d'une part et sa visibilité externe d'autre part. Le conseil scientifique aura pour tâche de maintenir la ligne de conduite du laboratoire, à savoir un fort ancrage industriel qui se dénote par une recherche partenariale contractuelle importante, et une exigence scientifique se traduisant par une production de qualité.

L'équipe du LEC s'inscrit dans la logique du Collegium UTC/CNRS INSIS qui a pour mission, outre un rapprochement vers la formation et la valorisation, de renforcer la recherche interdisciplinaire et donc la cohérence et la cohésion scientifiques du campus UTC. Cette logique structurant la politique de site de l'UTC permet au LEC de trouver l'adossement nécessaire pour renforcer son attractivité et sa visibilité sur le périmètre national et international.

Nous nous efforcerons, dans le cadre du prochain quadriennal, de trouver la meilleure solution qui permettra à l'équipe, dans le cadre de la politique de l'établissement, *"d'affirmer sa spécificité de laboratoire de Génie Electrique qui constitue un enjeu sur le plan scientifique et pour une visibilité nationale indispensable pour la reconnaissance de l'équipe"*.

Bien cordialement,



G. FRIEDRICH  
Directeur du LEC



P. CHARREYRON  
Président

Présidence

Tél. 03 44 23 43 39  
presidence@utc.fr

Université de Technologie  
de Compiègne

Centre Pierre Guillaumat  
BP 60319  
Rue du Dr Schweitzer  
60203 Compiègne cedex

Tél. 03 44 23 44 23  
www.utc.fr