

УДК 001.38

V. BORYSENKO¹ (канд.техн.наук, доц.), P. HENAFF² (канд.техн.наук, доц.),
 Y. ALAYLI³ (д-р техн.наук, проф.), E. MONACELLI³ (д-р техн.наук, доц.),
 V. KHOMENKO^{1,3}, A. MELNYK^{1,2}, O. LEVSHOV¹ (канд.техн.наук, доц.),
 M. GREBCHENKO¹ (д-р техн.наук, проф.), O. TOLOCHKO¹ (д-р техн.наук, проф.)

¹Université Nationale Technique de Donetsk, Ukraine

²Université de Cergy-Pontoise

³Université de Versailles St. Quentin-en-Yvelines, France

slava.khomenko@gmail.com

DEVELOPPEMENT DE LA COOPERATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE ENTRE LE DEPARTEMENT ELECTROTECHNIQUE DE L'UNIVERSITE NATIONALE TECHNIQUE DE DONETSK ET LES ETABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA FRANCE

La coopération internationale entre l'Université Nationale Technique de Donetsk, Ukraine, présentée par son département Électrotechnique et les deux universités Françaises de Cergy-Pontoise et de Versailles St. Quentin-en-Yvelines est considérée. Cette coopération scientifique et d'enseignement est orienté, principalement, vers l'amélioration de la qualité de préparation des spécialistes et l'augmentation de leurs valeur sur le marché de travail de la région de Donetsk, hautement industrialisée.

Introduction. Historique des relations. Ces derniers temps on observe la tendance que les Universités de l'Europe manifestent de l'intérêt pour développer la coopération bilatérale et trouver des partenaires dans les domaines de l'enseignement et des recherches scientifiques. La plus grande attention est attirée à la coopération internationale.

L'Université Nationale Technique de Donetsk (UNTD) est l'une des premières dans l'espace de la Communauté des États Indépendants qui a commencé à implémenter l'enseignement approfondie en langues étrangères aux futurs ingénieurs – dans le cadre des départements allemand, français, anglais et polonais.

Le département Français des Sciences et Techniques (DFST) maintient les relations amicales avec les Universités de Liège, de Brussels, avec l'Ecole Spéciale des Travaux Publiques de Paris et les organismes différents de recrutement en France (Réseau « n+i », AUF et autres), avec l'Ambassade de France en Ukraine.

Dès la création du DFST, un grand nombre d'étudiants francophones ont pris part dans des programmes de la « formation incluse », certains étudiants du DFST ont soutenus ses thèses de Master en France. Les deux étudiants de la France ont fait son stage à l'UNTD. Un nouvel étudiant de 2^{ème} année de l'Université de Cergy-Pontoise vient de réaliser son stage à Donetsk en avril-juin 2011.

En année 2008 on a établi les contacts personnels avec le Maître de Conférences de l'Université de Cergy-Pontoise (UCP) Monsieur Patrick Hénaff. Lors de la discussion des thématiques des recherches qui sont accomplies par les laboratoires LISV (Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles) de l'Université de Versailles St. Quentin-en-Yvelines (UVSQ), Directeur du laboratoire – Pr. Yasser Alayli) et ETIS (Equipes Traitements d'Information et Systèmes, Université de Cergy-Pontoise, CNRS), on a retrouvé la direction scientifique commune, qui a satisfait les intérêts scientifiques des spécialistes de l'UNTD et des universités de Versailles et de Cergy-Pontoise. Cette direction est liée avec l'étude de la dynamique des systèmes électromécaniques avec l'application à la commande par les robots humanoïdes.

Coopération actuelle. En 2009 la Convention de la coopération a été signée entre l'UCP et l'UNTD. En juillet 2010 la délégation officielle de l'UVSQ, personnellement Pr. Yasser Alayli, MdC. Eric Monacelli et Patrick Hénaff sont venues à l'UNTD pour la signature solennelle de l'Accord de coopération interuniversitaire. La signature de ces deux accords signifie le début des relations très étroites dans les domaines de la recherche et de l'enseignement

scientifique entre le département Electrotechnique de l'UNTD et les deux universités Françaises de la région Parisienne.

© Borysenko V., Hénaff P., Alayli Y., Monacelli E., Khomenko V., Melnyk A., Levshov O., Grebchenko M., Tolochko O., 2011



Figure 1 – Rencontre de la délégation de l'UVSQ avec le Recteur de l'UNTD A. Minaev et signature de l'Accord de la coopération interuniversitaire



Figure 2 – Visite de travail de M. Guillaume Colin, Attaché de coopération scientifique et universitaire, Ambassade de France en Ukraine, à l'UNTD

Dans le cadre de ces deux accords interuniversitaires, la chaire Commande Electrique et Automatisation des Installations Industrielles (CEAII) du département Electrotechnique mène les recherches scientifiques communes avec les universités-partenaires Françaises selon les deux directions principales:

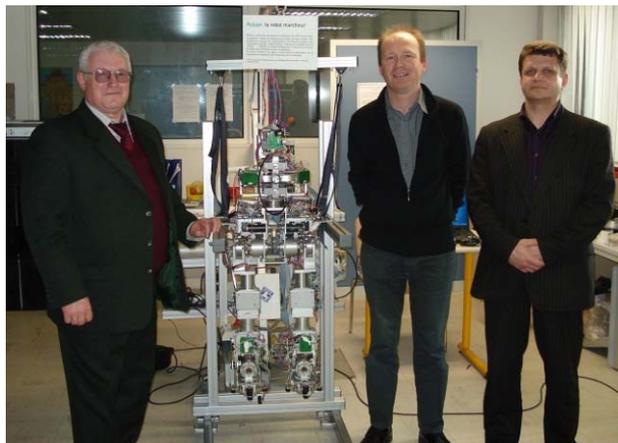


Figure 3 – Patrick Hénaff avec la délégation ukrainienne au LISV et le robot français ROBIAN

1. Etude de l'interaction du manipulateur KATANA avec son environnement (avec le laboratoire ETIS) de l'UCP.

2. Algorithmes d'apprentissage de la commande pour des mécanismes à cinématique complexe incluant des liaisons élastiques. Application au robot humanoïde bipède ROBIAN (en coopération avec le laboratoire LISV) de l'UVSQ.

Le responsable de ces travaux de côté de l'UNTD est le professeur de la chaire CEAII Borysenko V.P. Les deux doctorants de l'UNTD Melnyk A. et Khomenko V. préparent leurs thèses de doctorat en co-tutelle conformément avec ETIS et LISV sous la direction scientifique de P. Hénaff.

En 2009/2010 le doctorant V. Khomenko a obtenu une bourse de 9 mois de l'AUF pour effectuer les recherches de l'influence des vibrations de la structure mécanique sur la précision de la marche des robots électromécaniques. Ceci est souvent du aux compliances

élastiques non volontaires et aux jeux mécaniques. Ces déficiences provoquent des erreurs jusqu'à 2-5 degrés à la sortie des articulations du robot. Le but du travail consiste à modéliser les couplages électromécaniques, en vue de compenser les effets de ces déficiences dans les articulations des robots humanoïdes et de contrôler ses compliances pendant les mouvements. La complexité du problème provient de la structure cinématique ramifiée du robot, du grand nombre de degrés de liberté (d.d.l.) actifs et des cycles de contacts (chocs) périodiques des jambes avec le sol. Les expérimentations sont faites sur le robot humanoïde ROBIAN du LISV qui possède 6 d.d.l. sur chaque jambe. Le modèle cinématique se compose des blocs de base (connectés en parallèles et en série) qui représentent un système à n masses liées entre eux avec les élasticités r, β . Le modèle mathématique de ce système est présenté sous la forme de quatre matrices A, B, C, D de l'espace d'états qui sont créés en façon automatique par un algorithme développé dans le cadre de la thèse. Ce modèle est utilisé pour simuler le comportement du système en prenant en compte sa topologie et la distribution de ses masses.

Pour la période du stage du 1 janvier au 31 juillet 2010 il a réalisé une série des études expérimentales et théoriques et a validé le modèle du système électromécanique du robot ROBIAN au LISV. On a testé l'algorithme de compensation des déficiences se base sur la méthode de F.L. Lewis suppression des vibrations, qui utilise un neurone pour ajouter la correction à l'entrée du système en fonction de la vibration ; le critère de Lyapunov est utilisé pour l'adaptation des poids. Nous avons appliqué cette méthode pour supprimer les oscillations du genou en mesurant les oscillations angulaires avec les capteurs MEMS (un inclinomètre et un accéléromètre). On a bien approuvé expérimentalement que l'amplitude des oscillations articulaires parasites a notablement diminuée. Pour contrôler les oscillations dues à la compliance, après sa compensation, on envisage d'utiliser le neurone rythmique de Rowat-Selverstone qui permet de générer des oscillations de façon augmenter la stabilité et la vitesse de la marche du robot bipède ROBIAN.



Figure 5 – Etude de l'interaction du bras robotique KATANA avec son environnement, à

Ce travail, dirigé par Volodymir Borysenko, Patrick Hénaff et Fethi Ben Oueddou, est intéressant pour l'application aux systèmes électromécaniques en général, surtout ceux qui subissent une compliance élastique (déformations de la structure, réducteurs « harmonique drive »), pour augmenter leur précision de positionnement en dynamique.

Le travail accompli était présenté par V. Khomenko sur la Journée des Doctorants de l'UCP. Il a mérité les suffrages du public et des organisateurs. D'après les résultats des recherches, on a soumis des articles communs en français et en anglais dans les revues en France et en Ukraine.

L'Ambassade de France à Kiev a accordé la bourse d'un mois du 15 novembre au 15 décembre 2009 à doctorant A. Melnyk. L'établissement d'accueil est le laboratoire ETIS. Il a travaillé dans le cadre de l'équipe de recherches qui s'occupe par des



Figure 4 – Le robot humanoïde NAO (Aldebaran, France) lors la présentation à l'UNTD

problèmes de la programmation neurocybernétique des robots humanoïdes à titre de stagiaire. Le robot électromécanique KATANA est devenu l'objet de recherches. C'est une nouvelle génération des manipulateurs qui exige la mise au point détaillée en fonction de la capacité sensorielle. Les problèmes de la mise au point d'un l'algorithme de commande adaptative a été demandée à notre stagiaire. Monsieur Melnyk A. a résolu le problème posé en élaborant les algorithmes de commande basé sur un retour sensoriels du courant consommé par les moteurs du robot KATANA. La direction du laboratoire ETIS a estimé positivement ses résultats du travail et a proposé de préparer l'article scientifique pour la revue «Automatique».

Les recherches accomplies par le laboratoire ETIS sont devenues le point de départ pour les élaborations scientifiques communes ultérieures dans le domaine du perfectionnement des algorithmes du contrôle et de la commande par les manipulateurs électriques des robots lors d'une interaction physique avec le milieu ambiant.

Cette orientation du travail scientifique est dirigée par le Pr. Gaussier Ph. et MdC Hénaff P. de la part de l'Université de Cergy Pontoise, et le Professeur Borysenko V. de la part de l'UNTD. Les recherches sur le nouveau robot KATANA continuent en co-tutelle avec les deux bras de la série 200 que l'UCP a transmis à l'UNTD en janvier 2010.

Ces 2 laboratoires universitaires Français spécialisés en robotique apporte une aide financière et technique en fournissant et mettant en état l'équipement du laboratoire de l'UNTD ; ils prennent la part active pour donner aux magistères, doctorants et enseignants de la chaire CEAI les possibilités d'enseigner par échanges, des réaliser des stages et de faire les recherches scientifiques en France. Ils aident de participer dans les conférences scientifiques et techniques en France et les pays francophones (Tunisie, Maroc et autres), de publier les résultats des travaux scientifiques communs dans les revues et conférences internationales. On planifie de développer cette coopération – mener les recherches scientifiques dans les domaines de la nanotechnologie, prestations d'enseignement et la consultation.

Selon nôtre opinion, les directions perspectives du travail mutuel avec les universités-partenaires en France peuvent concerner les recherches dans les domaines suivantes:

- élaboration et perfectionnement des algorithmes de commande des systèmes industriels;
- création et mise en fabrication des systèmes robotisés intelligents;
- automatisation des systèmes technologiques ;
- élaboration et mise en application des technologies de l'économe en énergie;
- étude des régimes de fonctionnement des systèmes qui comportent les sources d'énergie électrique renouvelable et non traditionnelle.

D'après ces directions, un programme de Master entre la France et l'Ukraine est élaboré. L'objectif principal de ce master Franco-Ukrainien est de transmettre aux étudiants du magistère de la chaire CEAI de l'UNTD les connaissances les plus récentes dans le domaine de l'intelligence artificielle appliquée aux systèmes robotisés – depuis le capteur jusqu'à la prise de décision (apprentissage, systèmes multi agents, réseaux de neurones, vision artificielle, interaction avec l'environnement complexe ou changeant). Ce cursus viendra parfaitement compléter la formation des étudiants de Master actuelle, en apportant des outils et des méthodes nouvelles issues de la recherche en Intelligence Artificielle, que les étudiants pourront appliquer par la suite dans leurs travaux de recherche ou de développement dans les universités et les entreprises en Ukraine, ou en Europe. Le cursus se basera sur le programme déjà fonctionnant et apporte des matières innovantes :

I SEMESTRE:

- Propriété Intellectuelle;
- Théorie et Pratique des Recherches Scientifiques;
- Sécurité du Travail dans l'Electrotechnique et Electronique de Puissance;
- Systèmes Numériques: Réglage et Asservissement;
- Commandes Electriques: Etude des Standards Industriels;
- Architecture des Systèmes Intelligents;
- Intelligence Artificielle.

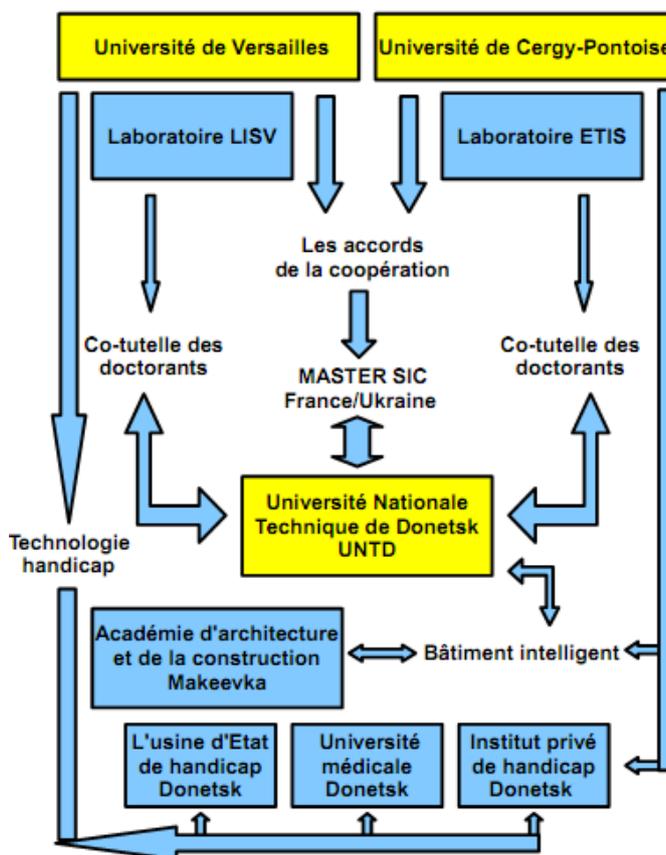


Figure 6 – Schéma de la coopération du département Electrotechnique de l'UNTD avec les universités de la France et les institutions de la région de Donetsk

Au choix:

- Méthodologie et Gestion de Projet;
- Synthèse et Modélisation des Systèmes Electromécaniques dans l'Espace d'Etats;
- Ménagement et Marketing en Entreprise.

II SEMESTRE:

- Philosophie de la Science, de la Technique et de l'Enseignement. Processus de Bologne;
- Economique et Innovation;
- Internet-technologies et Informatique;
- Préparation Professionnelle-Orientée vers la Recherche;
- Nano Matériel et Technologie;
- Technologies Modernes de la Commande Electrique;
- Systèmes Embarqués et Microcontrôleurs: Architecture et Programmation;
- Théorie de la Commande Optimale pour les Systèmes de Positionnement;
- Commande Vectorielles des Entrainements Electriques à Courant Alternatif.

Au choix:

- Identification des Systèmes Dynamiques: Espace d'Etats;
- Apprentissage, Adaptation;
- Vision Naturelle et Artificielle;
- Robotique et Commande Bio-Inspirée.
- Le travail scientifique des magistères inclue un Mini-projet de recherche (2 mois) et un Stage de recherche de 6 mois en juillet/décembre.

La langue d'enseignement sera le Français tant que les étudiants du DFST sont francophones. Ils pourront obtenir les documentations habituellement distribuées aux étudiants en France et par ce biais améliorer leur niveau en langue Française. Ca va faire croître les effectifs du DFST et est orienté au rajeunissement du corps enseignant. Par la suite, le Master Franco/Ukrainien sera ouvert aux étudiants non francophones de la chaire CEAI et aux étudiants en magistère des autres chaires et des autres départements qui parlent anglais.

On introduit les moyens de l'enseignement à distance pour réaliser certains modules. Ils seront enregistrés durant leur déroulement à l'UCP et transmis en direct ou en différé aux étudiants en Ukraine. Le format principal des retransmissions sera la visio-conférence afin de faciliter l'interaction avec les étudiants distants. Une salle sera aménagée à cette fin au département SCI de l'UCP.

Un-deux modules seront enseignés in situ à l'UNTD (sur une période de 7 à 10 jours) afin de maintenir un contact proche avec les étudiants et l'équipe pédagogique de l'UNTD, de gérer et organiser les aspects administratifs, pédagogiques et scientifiques du Master Franco/Ukrainien.

Pour évaluer le travail scientifique des Masters, on prévoit des mini projets et des stages de fin d'études qui pourront être effectués à l'UNTD ou en France à ETIS ou au LISV. Les sujets des mini projets et des stages seront proposés par les 2 laboratoires Français et validés conjointement par les responsables pédagogiques de l'UNTD et de l'UCP. Le mini projet (ou projet de recherche) se déroulera au semestre 2. C'est un travail de synthèse (comportant bibliographie, analyse théorique et mise en pratique ou en simulation) d'une durée minimum de 216 heures permettant d'approfondir l'un des champs disciplinaires du Master. Chaque mini-projet sera co-encadré par un enseignant Français de ETIS ou du LISV et un enseignant Ukrainien. Chaque mini projet sera un travail préparatoire au stage de Master.

Les stages du Master Franco/Ukrainien auront une durée de totale de 6 mois de juin à décembre. Ces stages se dérouleront en totalité ou partiellement en France suivant les financements disponibles : par exemple 2 mois à l'UNTD de juin à août et 4 en France de septembre à décembre, période habituelle du stage de recherche du magistère UNTD (semestre 3). Ce financement sera constitué, par des mensualités de bourses d'études attribuées par l'Ambassade de France à travers ce programme (15 par an), et par une gratification de stage complémentaires si le nombre de mensualités de bourse est insuffisant. La soutenance de stage de Master aura lieu en France ou en Ukraine à la fin du stage.

Résumé et plans d'avenir. L'efficacité de la coopération entre l'UNTD et les deux universités de la France – UCP et UVSQ est évidente. On voit déjà les résultats de ces relations qui sont nouveaux. Nous espérons que la coopération va bien avancer et les intérêts de deux côtés seront satisfaits.

LIENS:

Université Nationale Technique de Donetsk : <http://donntu.edu.ua/index.php?lang=eng>

Université de Cergy-Pontoise: <http://www.u-cergy.fr/index.php>

Université de Versailles St. Quentin-en-Yvelines : <http://www.uvsq.fr>

ETIS - Equipe Neurocybernétique : <http://www-etis.ensea.fr/Equipes/Neuro>

LISV - Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles : <http://www.robot.uvsq.fr>

DFST - Département Français des Sciences et Techniques : <http://iic.dgtu.donetsk.ua/dfst/fr/actualite/actualite.htm>



Figure 7 – Remise du schéma de la coopération à M. Guillaume Colin lors de son visite officiel à l'UNTD

В.П. БОРИСЕНКО¹, П. ЕНАФФ², Я. АЛАЙЛІ³,
Е.МОНАСЕЛЛІ³, В.М. ХОМЕНКО^{1,3}, А.А. МЕЛЬНИК^{1,2},
О. В. ЛЕВШОВ¹, М. В. ГРЕБЧЕНКО¹, О. І. ТОЛОЧКО¹

¹ Донецький національний технічний університет

² Університет Сержи-Понтуа

³ Університет Версаля Сен Кантен-ан-Івлін

V. BORYSENKO¹, P. HENAFF², Y. ALAYLI³,
E. MONACELLI³, V. KHOMENKO^{1,3}, A. MELNYK^{1,2},
O. LEVSHOV¹, M. GREBCHENKO¹, O. TOLOCHKO¹

¹ Donetsk national technical university

² University of Cergy-Pontoise

³ University of Versailles St. Quentin-en-Yvelines

Розвиток наукового та технічного співробітництва між електротехнічним факультетом Донецького національного технічного університету та вищими навчальними закладами Франції. Розглянуто міжнародні відносини між Донецьким національним технічним університетом, Україна, що представлений електротехнічним факультетом, з університетом Сержи-Понтуа і університетом Версаля Сен Кантен-ан-Івлін, Франція. Це наукове та освітнє співробітництво спрямоване, насамперед, на покращення якості підготовки спеціалістів та підвищення їх конкурентоспроможності на ринку праці промислово розвиненої Донецької області.

Development of Scientific and Technical Cooperation between the Faculty of Electrical Engineering of Donetsk National Technical University and Educational Institutions in France. International relations between Donetsk National Technical University of Ukraine, in particular the Electrotechnical department, with University of Cergy-Pontoise and University of Versailles St. Quentin-en-Yvelines, France, are considered. This scientific and educational cooperation is mainly aimed at improving the quality of training specialists and increasing their competitive level at the labour-market of highly industrialized Donetsk region.