



HAL
open science

Prospective en Automatique HORIZON 2020 - Contribution de l'Automatique aux défis, à l'HORIZON 2020, des Sciences et Technologies de l'Information et de Communication et de leurs Interactions

Françoise Lamnabhi-Lagarrigue

► **To cite this version:**

Françoise Lamnabhi-Lagarrigue. Prospective en Automatique HORIZON 2020 - Contribution de l'Automatique aux défis, à l'HORIZON 2020, des Sciences et Technologies de l'Information et de Communication et de leurs Interactions. [Rapport de recherche] L2S, CNRS, Supelec, Université Paris Sud. 2011, 32p. hal-01212963

HAL Id: hal-01212963

<https://hal.science/hal-01212963>

Submitted on 14 Oct 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

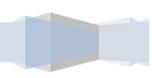
Prospective en Automatique HORIZON 2020

Contribution de l'Automatique aux défis, à
l'HORIZON 2020, des Sciences et Technologies
de l'Information et de Communication
et de leurs Interactions

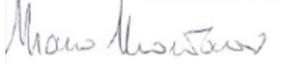
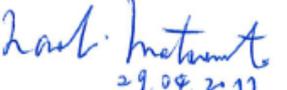
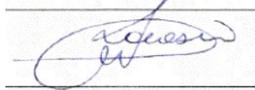


Françoise Lamnabhi-Lagarrigue (*)
Laboratoire des Signaux et Systèmes, Gif-sur-Yvette
lamnabhi@lss.supelec.fr

Décembre 2011



La version anglaise de ce rapport a été signée par de nombreux industriels:

COMPANIES	Contact name	Signature
ALSTOM	Bruno LUSCAN Technology Program Director ALSTOM Grid R&D	
BASF - The Chemical Company	Joachim BIRK Vice President, Executive Expert of Automation Technology	
BAYER Technology Services	Norbert KUSCHNERUS Senior Vice President, Process Management Technology	
CASSIDIAN / EOS (former EADS)	Robert HAVAS European Organisation for Security Chairman	
EdF	Pierre-Louis VIOLLET Vice-President International & Partnership EDF R&D	
HONEYWELL	Mike SOUTHGATE Vice-President EMEA Honeywell EnvCombustion Controls	
INEOS	David EMBLETON, O&P Europe Technology Manager, Ineos Olefins & Polymers Europe	
PSA Peugeot Citroën	Sylvain ALLANO Directeur scientifique et technologies futures	
THALES	Mauro MONTANARI Advanced Studies Director	
DENSO AUTOMOTIVE	Naoki MATSUMOTO Technical Planning & Research Director	 29.08.2011
AKHELA	Piercarlo RAVASIO Chief Executive Officer and Director	
Empresarios Agrupados Internacional	Pedro COBAS Project Manager	
CADLM	Kambiz KAYVANTASH Directeur Général Adjoint et Directeur Scientifique	
GTD Sistemas de Información	Marta ESCUDERO Director of Space Division	
WEST Aquila	Fabio GRAZIOSI Chair of the Governing Board	





Résumé

L'objectif de ce rapport, soutenu par de nombreux industriels européens et résultant en grande partie d'un travail collectif au sein du Réseau d'Excellence HYCON2 www.hycon2.eu est de démontrer que **l'Automatique est au cœur des Sciences et Technologies de l'Information et de Communication et de leurs Interactions** et en conséquence, doit être une priorité dans les futurs programmes de travail régionaux et nationaux, et notamment pour l'Agence Nationale de la Recherche.

Après avoir rappelé brièvement le rôle de l'Automatique, **dix** besoins cruciaux de la société, dans lequel l'automatique aura un fort impact dans la prochaine décennie, sont esquissés. La section suivante résume quelques-uns des **principaux défis fondamentaux et problématiques génériques** à relever, sans indiquer des méthodes et des outils qui pourraient être utilisés. Elle est suivie par une liste de nouveaux secteurs où l'Automatique aura aussi, très probablement, un rôle majeur à jouer. Enfin, quelques recommandations opérationnelles sont suggérées afin de favoriser le développement de cette discipline essentielle.

Cinq principaux défis fondamentaux génériques :



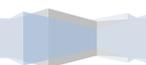


Table des matières

Section 1 - Qu'est-ce que l'Automatique? _____ 8

Section 2 - 10 besoins cruciaux de la société où l'Automatique aura un impact fort dans la prochaine décennie _____ 11

- ✓ *Gestion intelligente du trafic au sol et du trafic aérien*
- ✓ *L'électricité 'verte' et les réseaux électriques intelligents*
- ✓ *Amélioration du rendement énergétique des systèmes de production*
- ✓ *Sécurité en matière d'automatisation décentralisées*
- ✓ *Mécatronique et co-conception de la production et de l'automatique*
- ✓ *Analyse, contrôle et adaptation des grandes infrastructures*
- ✓ *Systèmes autonomes*
- ✓ *Neurosciences*
- ✓ *Santé: vers un contrôle en boucle fermée*
- ✓ *La recherche cellulaire et biomoléculaire*

Section 3 – Thèmes de recherche et défis majeurs _____ 18

3.1 - Coordination et contrôle des systèmes à grande échelle _____ 18

3.2 – Systèmes de contrôle distribués en réseau _____ 19

3.3 – Autonomie, cognition et automatique _____ 21

3.4 – Ingénierie des systèmes basée sur les modèles et conception temps réel _____ 23

3.5 – Interaction homme-machine _____ 24

Section 4 – L'Automatique pour de nouveaux domaines _____ 26

4.1 – Automatique et santé _____ 26

4.2 – Automatique, phénomènes sociaux et économiques, et marchés _____ 27

4.3 – Automatique et ingénierie quantique _____ 27

Section 5 - Recommandations _____ 28



Section 1 - Qu'est-ce que l'Automatique?

L'Automatique (*Systems and Control Science*) est une discipline fondamentale présente dans de très nombreux domaines d'application tels que l'automobile, l'aéronautique et l'aérospatiale, les usines de fabrication, la production et distribution d'énergie électrique, de chauffage, de ventilation et de climatisation, la production de produits chimiques, le papier, l'agro-alimentaire et les métaux, la robotique, les chaînes d'approvisionnement et de logistique, pour n'en citer que quelques-uns.

L'Automatique fournit les bases scientifiques et la technologie pour analyser et concevoir des systèmes (ou des systèmes de systèmes) évoluant de manière dynamique, en particulier des systèmes pour lesquels la rétroaction (*feedback*) joue un rôle important. Le mot rétroaction signifie que les actions tiennent compte des mesures, de la perception et de l'environnement. Les rétroactions sont omniprésentes dans les systèmes *technologiques, socio-technologiques, économiques et biologiques*.

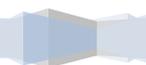
L'Automatique développe des méthodes et des outils pour la modélisation des systèmes dynamiques (physiques, chimiques, biologiques, économiques, sociaux) pour leur analyse et pour leur commande afin de réaliser des tâches et/ou d'optimiser des critères. L'Automatique fait appel aux mathématiques, au traitement du signal, à l'informatique et aux connaissances des divers domaines d'application. Cette discipline est indispensable pour analyser, concevoir, simuler, optimiser, valider et vérifier les systèmes technologiques et socio-technologiques qui sont amenés dans la prochaine décennie à devenir de plus en plus interconnectés, avec un traitement d'énormes quantités de données et d'information, et avec de nouvelles formes de synergie entre les humains et les systèmes technologiques. De plus, ces systèmes complexes devront répondre à de plus en plus d'exigences sur les performances, la fiabilité et l'efficacité énergétique.

Les rôles de base de l'Automatique sont alors les suivants:

- Modéliser les phénomènes physiques et leurs artefacts, pour comprendre et prédire leurs comportements dynamiques et leurs interactions entre les composants,
- Développer des stratégies de contrôle et des algorithmes pour optimiser le comportement des systèmes afin qu'ils accomplissent certaines tâches et satisfassent des contraintes, et/ou pour minimiser les effets négatifs, par exemple la consommation d'énergie,
- Mettre en œuvre les stratégies de contrôle en sélectionnant les capteurs et actionneurs à intégrer dans le système tout en assurant une performance maximale sous contraintes de coûts,
- Valider et vérifier que la mise en œuvre des stratégies de contrôle agissant sur le système physique, satisfait bien les contraintes et les exigences de performance, de sécurité, de fiabilité, de durée.

Relever théoriquement une problématique, liée à un domaine d'application, pour le résoudre par des approches mathématiques est une des caractéristiques de l'Automatique. Si l'abstraction permet de résoudre une classe de problèmes, les résultats obtenus dans ce domaine d'application peuvent être transférés à d'autres domaines *a priori*, complètement différents.

L'Automatique, parmi d'autres disciplines, a joué un rôle important dans pratiquement toutes les évolutions technologiques majeures jusqu'à aujourd'hui, de la machine à vapeur aux fusées, aux avions à haute performance, aux vaisseaux spatiaux, aux trains à grande vitesse, aux voitures



«vertes», aux caméras numériques, aux téléphones intelligents, aux technologies de productions modernes, aux équipements médicaux, et bien d'autres, voir [1] par exemple.

Les systèmes de contrôle embarqués interagissent avec des dispositifs physiques et les systèmes, petits et grands, allant du téléphone mobile aux automobiles, aux robots, jusqu'à l'ensemble des installations industrielles. Plus de 90% de l'unité centrale de traitement (CPU) sont occupés par des systèmes de contrôle embarqués. Durant la dernière décennie, ces systèmes ont vu une amélioration considérable de leur performance et plus particulièrement dans les voitures, où l'augmentation de la sécurité et la réduction de la consommation de carburant sont principalement dues à des conceptions mécatroniques qui combinent génie mécanique, électronique, informatique et automatique. Récemment les systèmes de contrôle ont donc évolué vers les systèmes de contrôle embarqués et en réseau, appelés aussi 'systèmes cyber-physiques' (*cyber-physical systems – CPS*), prenant ainsi en compte la forte interaction des transmissions et du traitement de l'information en temps réel avec le dispositif physique ou le processus [2].

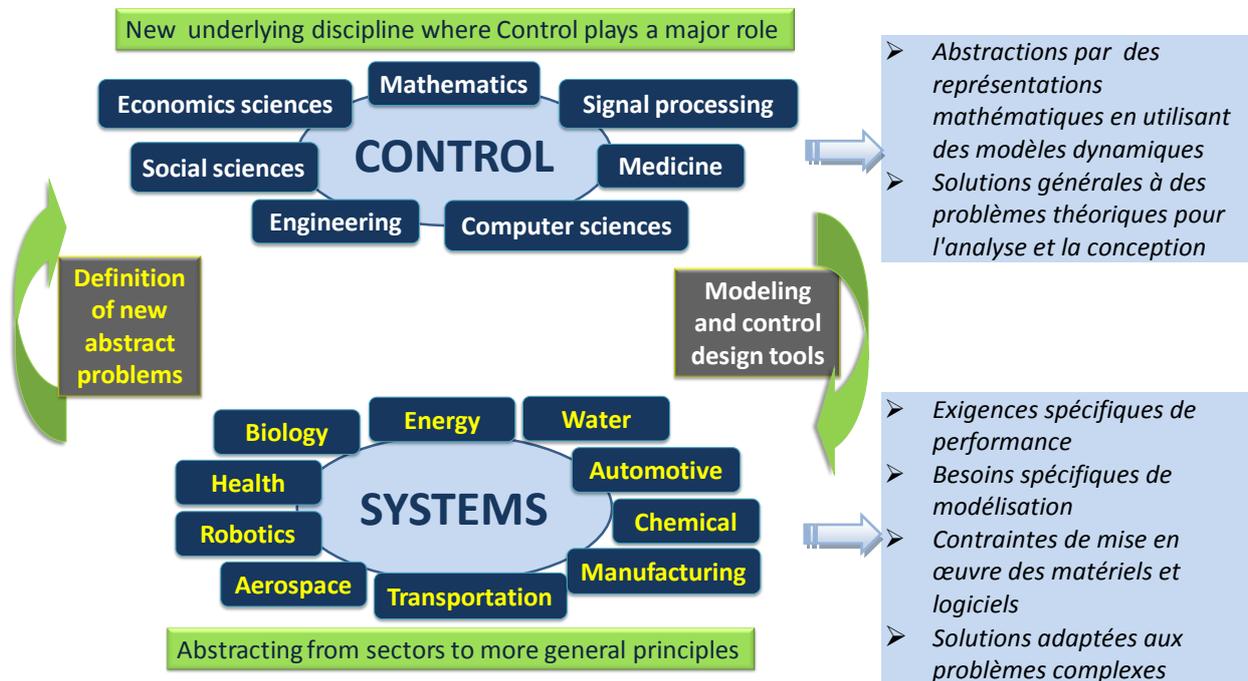
Voici par exemple quelques défis contemporains de l'Automatique :

- L'industrie automobile est axée sur les technologies de sécurité, d'économie d'énergie et de conduite partiellement autonome. Sur des parties importantes de leurs trajets, les conducteurs deviendront des passagers de leur véhicule (électrique ou hybride) automatisé, régi par des algorithmes de contrôle commande automatique, permettant ainsi une meilleure sécurité, une meilleure économie de carburant, et une meilleure utilisation de l'infrastructure disponible.
- L'Automatique aidera à améliorer les interventions chirurgicales. Les robots sont déjà utilisés aujourd'hui pour aider les chirurgiens afin de minimiser les procédures intrusives et d'accroître la précision des opérations. Dans le futur, ce seront des robots semi-autonomes commandés à distance et encadrés par les chirurgiens qui seront utilisés permettant d'effectuer des opérations complexes sans précédent.
- L'Automatique va jouer un rôle fondamental dans le paysage énergétique de l'avenir, à tous les niveaux, de la production (avec l'insertion d'énergies renouvelables produites en masse dans les océans pour l'éolien, dans les déserts pour le solaire), à la distribution et à la consommation (avec l'utilisation accrue des productions locales d'énergies renouvelables et décentralisées). La gestion des charges importantes ordonnancées (par exemple, la recharge de voitures électriques) et des sources distribuées feront appel à des algorithmes de contrôle commande à grande échelle totalement nouveaux.
- L'Automatique est importante dans toute sorte de tâches de maintenance pour de grandes infrastructures. Les (minis) objets volants robotisés munis de nombreux capteurs et actionneurs seront utilisés pour la surveillance et l'entretien autonome dans les grands bâtiments et infrastructures, les réseaux de distribution, etc. Des ensembles coordonnés d'appareils et de véhicules coopéreront (commande multi-agent) pour réaliser une tâche particulière.

Il y a une grande nécessité de nouvelles approches méthodologiques et techniques qui assureront à la fois, une gestion efficace et prévisible et des comportements sûrs et sécurisés pour de grands systèmes interconnectés. La discipline de l'Automatique doit permettre de contribuer à résoudre les nouvelles problématiques à la croisée de l'automatique traditionnelle, de l'informatique et des télécommunications.



La force de l'Automatique est sa constante interaction bidirectionnelle entre les développements méthodologiques et les progrès dans les divers domaines d'applications comme l'illustre le schéma ci-dessous:



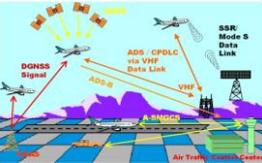
[1] "The Impact of Control Technology: Overview, Success Stories, and Research Challenges" report edited by T. Samad and A. Annaswamy, 2011 www.ieeecss.org/main/loCT-report

[2] White Paper based on the results of the CCC Workshop on New Forms of Industry – Academy Partnership in CPS Research; George Mason University, VA, May 19, 2009; Edited by Janos Sztipanovits, John A. Stankovic and David E. Corman.



Section 2 - 10 besoins cruciaux de la société où l'Automatique aura un impact fort dans la prochaine décennie

“Real-time measurement, modelling & control platforms will drive a smarter planet through the broad implementation of feedback control”, Darío Gil, Program Director, Energy Technology and Strategy IBM T.J. Watson Research Center.

<p>1</p>	<p>Gestion intelligente du trafic au sol et du trafic aérien</p>  	<p>Les embouteillages aux heures de pointe sont communs dans la plupart des agglomérations européennes. Les conséquences pour les citoyens de cette congestion de la circulation sont en particulier l'augmentation : des temps de déplacement, de la consommation de carburant, des émissions de polluants et du bruit. La situation se détériore en raison de l'augmentation continue de la demande tandis que les espaces manquent pour construire de nouvelles infrastructures. En utilisant les nouvelles technologies des réseaux de capteurs, des informations sur le trafic peuvent être mesurées à de nombreux points de la route. Cette information peut être utilisée pour développer des politiques innovantes et adaptatives de gestion du trafic, comme par exemple, le contrôle des accès, la limitation dynamique de la vitesse et le routage dynamique de l'information aux conducteurs. Les futurs systèmes de gestion du trafic vont utiliser, d'une part l'intégration et la coopération entre les véhicules intelligents et d'autre part, l'infrastructure routière par le biais de la navigation automobile, des télécommunications et des systèmes d'information. Ceci permettra de fournir une utilisation équilibrée du système de transport en tenant compte des différents objectifs et contraintes tels que les temps de déplacement, de fiabilité, les retards, les émissions, la réduction de CO2 et la consommation de carburant.</p> <p>La demande de trafic aérien devrait doubler dans les 10 à 15 prochaines années et tripler en 20 ans. Cette croissance ne peut être soutenue sans une refonte complète de l'infrastructure de contrôle aérien afin d'optimiser les routes aériennes et d'atténuer la congestion. En plus de la gestion du trafic aérien, les priorités d'investissement de recherche dans l'aéronautique sont de développer les systèmes intelligents de transport plus sûr et plus écologique. Le transport aérien est la source de la plus forte croissance des émissions de gaz à effet de serre dans le monde, et la demande d'énergie pour le transport aérien devrait plus que doubler au cours des trois prochaines décennies. Les émissions atmosphériques sont estimées avoir un impact deux à quatre fois plus grand que les émissions terrestres. Une meilleure gestion du trafic aérien, l'amélioration des commandes de vol et l'amélioration des systèmes de contrôle des moteurs sont essentielles pour la réduction des émissions de CO2 et la réduction de la consommation de carburant.</p>
----------	--	--



<p>2</p>	<p>L'électricité 'verte' et réseau électrique intelligent</p> 	<p>Les réseaux électriques sont parmi les plus importants et complexes des systèmes créés par les hommes. Ils relient des centaines de millions de producteurs et de consommateurs, répartis sur plusieurs continents et présentent des comportements très complexes. Il y a encore de nombreux phénomènes mal compris, dus à l'interaction d'un grand nombre de dispositifs et à la grande dimension dans l'espace des diverses infrastructures. Des changements majeurs de la structure du réseau sont à prévoir (<i>Smart Grids</i>), en particulier pour tenir compte de l'introduction à grande échelle des sources d'énergie renouvelables, comme les fermes éoliennes et solaires. Deux caractéristiques essentielles de ces sources d'énergie électrique doivent être maîtrisées: 1) la plupart des sources renouvelables sont dispersées sur une vaste zone géographique 2) la plupart d'entre elles sont fluctuantes dans le temps. Ceci appelle de nouvelles approches pour le fonctionnement du réseau électrique et son contrôle. En outre, l'insertion de nouveaux types de charges, tels que le plug-in de véhicules électriques et de décharge, par exemple, du véhicule vers le réseau électrique, ou la gestion d'énergies locales dans un bâtiment industriel ou chez un particulier (<i>Smart Buildings</i>) constituent des défis importants à relever, mais aussi des opportunités, grâce à la possibilité d'exploiter leurs capacités de stockage d'énergie. Conceptualiser une infrastructure fournissant des dispositifs de détection et de contrôle sera essentiel pour pouvoir établir la réactivité nécessaire des opérations du réseau de demain. Des ensembles de capteurs et d'actionneurs seront cependant inutiles, sans l'établissement de lois de commande appropriées qui permettront aux opérateurs sur le marché de l'énergie de gérer au mieux les flux de puissance et la maximisation des profits (en particulier grâce à l'utilisation des énergies renouvelables) sous contraintes d'équilibrage de puissance.</p>
<p>3</p>	<p>Amélioration du rendement énergétique des systèmes de production</p> 	<p>De manière générale, la fabrication, à savoir, la production de biens qui ont un poids, une forme, et d'autres propriétés physiques pour remplir leurs fonctions, contribue pour environ 22% au Produit Intérieur Brut européen. 70% de tous les emplois sont directement ou indirectement dépendante des activités de fabrication. Les entreprises peuvent être classées en deux catégories: <i>les entreprises de traitement</i>, qui produisent des biens d'investissement et des produits de consommation ainsi que leurs composants, et <i>les entreprises de production</i>, comme par exemple, les industries chimiques, sidérurgiques et métallurgiques ou les industries du verre et de la céramique. Malgré la pression internationale croissante et des règlements stricts, l'industrie de fabrication est restée compétitive dans la plupart des régions en Europe, grâce à une innovation continue et un niveau élevé d'automatisation. L'industrie dans son ensemble contribue à 20-25% de la consommation d'énergie en Europe, avec la plus grande partie consommée par les industries de production. La réduction de l'énergie consommée et la réduction de l'utilisation de matières premières sont des préoccupations majeures dans les industries de production et représente une contribution importante pour une société plus verte et durable en Europe. En plus des améliorations dans la construction et la configuration des équipements de production (par exemple, une meilleure isolation, récupération de chaleur), l'Automatique joue un rôle majeur dans l'économie d'énergie. À titre d'exemple, le pétrole brut passe tout d'abord</p>

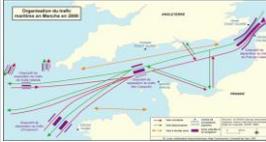


		<p>par une colonne de distillation où les parties les plus légères sont séparées, puis le reste part pour la distillation à vide pour obtenir les produits finaux (essence, gazole, kérosène, etc.). Dans les colonnes de distillation, une grande quantité d'énergie thermique est utilisée pour faire bouillir le liquide: plus la pureté est requise pour les produits, plus la consommation d'énergie est grande. Si ces colonnes sont exploités automatiquement sous le contrôle de la rétroaction continue, la variabilité de la pureté du produit est réduite et le fonctionnement peut être plus proche des spécifications, conduisant à des économies d'énergie significatives. Des configurations avancées comme, par exemple, l'incorporation de colonnes à paroi de séparation et l'intégration de réactions chimiques appropriées, offrent un potentiel encore plus important pour faire des économies d'énergie, mais posent des problèmes difficiles d'exploitation et de contrôle.</p> <p>Sur un site industriel, un système d'exécution de fabrication (<i>Manufacturing Execution System - MES</i>) permet de planifier et de contrôler tous les mouvements physiques de matières et de produits. La vision 'systèmes' et l'utilisation de modèles conduira à une nouvelle génération de MES. En effet, jusqu'à présent, la plupart des applications à ce niveau sont liés à la gestion de production et de supervision de la production. Cependant, la prise en compte de nouveaux domaines tels que les systèmes de gestion énergétique, l'adaptation du processus de production aux conditions changeantes, par exemple, la re-programmation en ligne et la prise en compte explicite de la dynamique de fabrication, va améliorer considérablement les performances et l'efficacité des futures usines de production.</p>
4	<p>Sécurité en matière d'automatisation décentralisées</p> 	<p>Le problème de savoir comment préserver l'intégrité de la coordination et la coopération des composantes des systèmes de contrôle distribués face aux défaillances et aux interférences malveillantes est devenu très important dans le contrôle et les systèmes d'automatisation. La pertinence de ces problèmes est devenue évidente après plusieurs attaques, comme celle, à l'échelle mondiale au virus "Stuxnet" en 2010. Les questions de sécurité ont été abordées dans les protocoles d'automatisation industrielle, tant au niveau LAN / WAN qu'au niveau des bus et des dispositifs. Les systèmes de contrôle et d'automatisation sont souvent mis en œuvre sur les appareils embarqués. Les fonctionnalités de dispositifs embarqués sont principalement mises en œuvre dans le logiciel. Obtenir des fonctionnalités plus riches, une personnalisation accrue et une adaptation flexible, nécessitent la capacité de télécharger de façon dynamique des logiciels sur les appareils. Sans contre-mesures adéquates, cette capacité peut conduire à des vulnérabilités qui sont propices à de graves violations de sécurité. L'ampleur de ce problème va s'aggraver avec l'augmentation rapide du contenu logiciel des systèmes de contrôle en réseau. Beaucoup de travail doit donc être fait dans la définition et dans la construction d'une architecture de référence unifiée de sécurité qui peut contenir la gamme complète des systèmes embarqués dans un système global de contrôle en réseau. La théorie principale et les outils développés dans les systèmes de sécurité industrielle moderne automatisée sont fortement basés sur l'existence d'un ou plusieurs superviseurs centralisés. Pour l'instant, chaque unité locale de détection des défauts est seulement capable de détecter ses propres fautes et d'envoyer une alerte de détection au superviseur. Bien</p>

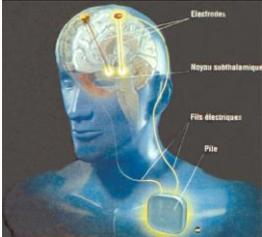


		<p>que la supervision centralisée apporte d'importants avantages, elle est clairement sujette à des attaques ciblées, et ne s'adapte pour l'instant pas bien à des systèmes de contrôle décentralisés ou reconfigurables. La détection décentralisée d'intrus malveillants représente une nouvelle direction de recherche pour fournir davantage de robustesse et de résilience, mais aussi pose quelques questions de recherche difficiles notamment sur la convergence de tous les nœuds vers un consensus sur la confiance à assigner à chaque individu et sur la détection de comportements byzantins sur la base d'informations localement incomplètes.</p>
5	<p>Mécatronique et co-conception de la production et de l'automatique</p> 	<p>Dans un contexte économique caractérisé par une concurrence importante et par des préoccupations concernant l'approvisionnement énergétique futur, l'amélioration des performances et des fonctionnalités de production et de produits est un élément clé pour parvenir à une meilleure position internationale. De nouvelles fonctionnalités prises en charge par les systèmes de contrôle permettent aux entreprises de mieux maintenir la productivité et la qualité du produit. Ces fonctionnalités peuvent être incorporées dans les produits au moyen de systèmes embarqués, où les stratégies opérationnelles et de contrôle sont câblées dans une puce, reliés à l'appareil physique. Ces systèmes sont omniprésents dans de nombreux dispositifs technologiques, par exemple, dans les machines à laver, les appareils photo numériques, les voitures, les avions et les machines.</p> <p>En Europe, de nombreuses industries mécaniques traditionnelles ont rapidement évolué vers la production de machines et dispositifs intelligents, les industries aéronautiques et automobiles étant le fer de lance de cette révolution. La valeur ajoutée des nouveaux produits vient pour une part importante de l'utilisation de capteurs et d'actionneurs. L'approche traditionnelle du développement séquentiel, séparant la conception mécanique et le contrôle des composants, des pièces d'équipement et des machines n'est plus viable, compte tenu de la complexité croissante et la nécessité de l'utilisation optimale des ressources. Une situation similaire existe en génie chimique où la conception de la fabrication du produit et sa structure de contrôle doivent être intégrés pour permettre des opérations efficaces, flexibles et sécurisées. L'approche moderne de la co-conception nécessite des compétences interdisciplinaires et nécessite de diriger la forte éducation traditionnelle en génie mécanique, industriel et chimique vers l'utilisation de modélisations rigoureuses et plus complexes. Les projets de recherche en Europe en mécatronique n'ont jusqu'à présent que partiellement abordé la nécessité de la conception de systèmes intégrés. Les initiatives de recherche pour intégrer la co-conception mécanique et automatique ainsi que la co-conception production et automatique, pour accroître l'intégration des compétences, auront un fort impact sur la compétitivité industrielle.</p>
6	<p>Analyse, contrôle et adaptation des grandes infrastructures</p>	<p>La qualité de vie en Europe, comme dans toutes les régions densément peuplées du monde, dépend de façon critique des infrastructures qui fournissent l'eau, l'électricité, le gaz, le transport de passagers et de marchandises, le traitement des eaux usées, la collecte des ordures, les soins de santé, etc. L'extension et la modification de ces infrastructures pour s'adapter aux nouveaux défis et faire face à la demande accrue (en</p>

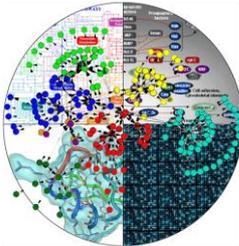


		<p>particulier en matière de mobilité et transport) sont devenues très chères et sont souvent difficiles à mettre en place en raison des contestations locales. L'Automatique peut là aussi fournir des outils et méthodes pour augmenter les performances de l'infrastructure par la gestion des flux intelligents et l'allocation de ressources, par exemple, dans le trafic routier et aérien, afin d'améliorer les services et de réduire les investissements nécessaires pour satisfaire les demandes. Au-delà, l'analyse des structures de formation dans les systèmes dynamiques peut fournir des lignes directrices pour la planification à long terme des réseaux adaptatifs. Des simulations à grande échelle et dynamiques des systèmes d'infrastructure aideront à allouer de façon la plus économique, les ressources nécessaires pour les agrandissements.</p>
<p>7</p>	<p>Les systèmes autonomes</p> 	<p>Dans de nombreux produits de consommation et dans les environnements industriels, il y a une demande croissante vers des degrés plus élevés d'autonomie des systèmes afin de pouvoir effectuer des tâches complexes («missions») et réagir de façon autonome aux influences de l'environnement plutôt que d'être guidé par des humains. Le terme «mission» provient du secteur militaire, où la recherche s'est concentrée récemment sur les systèmes (semi-) autonomes sans pilotes.</p> <p>Les futurs systèmes autonomes, comme les robots pour des opérations de recherche et de sauvetage, pour l'exploitation minière, pour exploration des fonds marins, etc. auront besoin de capacités cognitives importantes comme la perception, le raisonnement, l'apprentissage et autres. Les systèmes de contrôle cognitif dans les automobiles, les avions, les maisons et les applications d'ingénierie permettront d'améliorer la sécurité et des performances diverses. Par exemple, pour un système de gestion optimale de l'énergie dans un véhicule électrique hybride, il faudra en permanence percevoir le style de conduite du pilote et, à partir de l'apprentissage d'un modèle de ce comportement, le système pourra exploiter cette connaissance pour optimiser la consommation de carburant. Le contrôle cognitif peut également être utilisé dans des environnements sociaux où une exécution en coopération de tâches complexes par des agents, qui peuvent être des humains ou des machines (ou les deux), est nécessaire.</p> <p>Beaucoup peut être attendu de l'élaboration de technologies pour l'autonomie accrue allant d'applications militaires et spécialisées à des marchés plus vastes, comme par exemple, l'aide à la conduite, l'assistance personnelle, le suivi des personnes âgées, la réhabilitation, le chauffage intelligent, etc.. Les systèmes autonomes permettront également la mise œuvre de voies de circulation routière dédiées à de véhicules automatisés, en ville ou sur route, ce qui permettra d'améliorer la mobilité sous plusieurs aspects, tels que l'accessibilité, l'optimisation capacité/sécurité, la réduction des émissions, entre autres. La base de l'autonomie est le traitement des données à partir de l'environnement et donc un ensemble de <i>feedbacks</i> - une boucle de rétroaction classique est la mise en œuvre la plus simple du principe d'autonomie d'un système technique. Les systèmes autonomes posent d'énormes défis pour concevoir et tester des méthodologies afin d'assurer un comportement sûr et fonctionnellement correct à partir du traitement en temps-réel de données de ces systèmes très complexes, dans toutes les situations imaginables.</p>



<p>8</p>	<p>Neurosciences</p> 	<p>Les sciences du cerveau (de la neurophysiologie à la psychophysique) visent à construire des modèles de perception, d'action, de coordination, de conscience, de sensibilité au contexte, d'adaptation et de prise de décision. Une énorme quantité d'observations et de recherche concernant les comportements neuronaux a déjà été publiée, mais il y a un manque largement ressenti, d'approche systématique de modélisation par des systèmes dynamiques et d'interprétation par ces systèmes, de phénomènes observés. Les notions d'«état sensibilisé», de «prise de décision dépendant de l'état», d'«identification par anticipation», qui apparaissent dans la littérature, montrent une ressemblance frappante avec les concepts de la théorie des systèmes sur la reconstruction de l'état, la rétroaction, l'identification, le contrôle adaptatif, etc. Cette similitude est bien plus qu'une simple ressemblance de langage - ces problèmes sont en réalité les mêmes, bien que le niveau de complexité des systèmes est énorme dans la science du cerveau. Cependant, jusqu'à présent, très peu de liens ont été établis entre les méthodologies et les techniques de l'Automatique et la recherche sur le système neuronal. L'approche système pour la modélisation et l'analyse du fonctionnement du cerveau devient un outil de plus en plus reconnu et accepté par les neurologues. Poursuivre et intensifier l'intégration des communautés de neurologues et d'automaticiens est une question centrale pour permettre une compréhension plus profonde des mécanismes du cerveau et des applications innombrables qui s'en déduisent.</p>
<p>9</p>	<p>Santé: vers un contrôle en boucle fermée</p> 	<p>Le terme "stimulation électrique" englobe un large éventail de traitements électriques ciblant une altération de la fonction thérapeutique du système nerveux au moyen de dispositifs implantés dans des zones particulières. Il existe à l'heure actuelle deux approches fonctionnelles différentes: la <i>stimulation électrique fonctionnelle</i> et la <i>neuromodulation</i>. La stimulation électrique fonctionnelle est destinée à la restauration de la fonction motrice et est utilisée pour activer les muscles chez les patients atteints d'une paralysie due à des troubles neurologiques. En neuromodulation, la stimulation est utilisée pour modifier l'activité dans les circuits spécifiques du système nerveux central et elle est efficace pour la gestion de douleurs persistantes, pour certains symptômes liés à la maladie de Parkinson, etc. Toutefois, la compréhension profonde des mécanismes impliqués dans les stimulations électriques n'est pas satisfaisante et les modes de stimulation utilisés actuellement sont seulement contrôlés en boucle ouverte. Les modèles dynamiques de l'activité neuronale et de la propagation des stimuli électriques produite par les électrodes ainsi que les outils de simulation correspondants, doivent être développés. Basé sur ces modèles, de nouvelles techniques de stimulation (boucle fermée) peuvent être envisagées, ce qui rendra les méthodes de stimulation plus adaptées à la physiologie humaine, plus individualisées et avec un taux de succès plus important.</p> <p>Dans une société vieillissante, le traitement des maladies chroniques est très coûteux et en constante augmentation. Par exemple, en Allemagne, le traitement des maladies chroniques sont responsables de plus de la moitié du coût du système de soins de santé. L'hypertension artérielle et le diabète</p>



		<p>sont les plus répandus de ces maladies. Actuellement, même les instruments les plus avancés pour l'administration de médicaments, font appel à un programme prédéfini par jour avec quelques corrections sur la seule base de mesures isolées. Si l'administration de médicaments pouvait être changée par un protocole où les réactions de la situation réelle du patient seraient surveillées et le régime de médicaments adapté à la mesure automatique de l'état du patient, la qualité du contrôle ainsi que le confort du patient pourraient être considérablement augmentés. Quelques résultats dans ce sens ont déjà été obtenus dans le cas du diabète.</p>
<p>10</p>	<p>La recherche cellulaire et biomoléculaire</p> 	<p>La recherche biologique a rassemblé une énorme quantité d'informations sur les processus biochimiques qui se produisent dans les organismes vivants et qui permettent la vie, la croissance et la reproduction. La complexité des interactions, même dans le plus simple de ces organismes, les organismes unicellulaires tels que <i>l'Escheria coli</i> ou la <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (levure de boulanger) est très grande et la plupart des informations disponibles sont encore semi-quantitatives (décrivant seulement l'existence et la force relative des interactions) et statique. Pour une meilleure compréhension et pour une conception systématique des médicaments ou des microorganismes pour la production de substances pharmaceutiquement ou techniquement efficaces et acceptables, une interaction accrue entre l'Automatique et la recherche biologique est fortement nécessaire. Seule la création de modèles mathématiques qui peuvent être simulés et (au moins partiellement) analysés permettra de comprendre complètement les dépendances des différents mécanismes et de faire la distinction entre les interactions dominantes ou subordonnées, rapides ou lentes.</p> <p>L'Automatique offre des outils pour analyser les comportements dynamiques, non linéaires et discontinus des systèmes complexes, et à son tour bénéficie de nouveaux défis théoriques à relever, posés par la communauté biologique. La construction de modèles mathématiques fournit également une référence commune pour l'intégration des résultats des divers travaux en laboratoire et la détermination des questions ouvertes cruciales. Bien sûr, les observations et les hypothèses des expériences "in silico" doivent être vu seulement comme une première étape. Récemment, la recherche biologique évolue de l'analyse des organismes naturels vers la re-conception des systèmes biologiques, appelée la biologie synthétique, en supprimant des composants existants et en ajoutant de nouveaux dans la cellule vivante. Encore une fois, l'Automatique fournit un cadre utile pour étudier cette re-conception. Les commandes sont essentielles à la viabilité d'un tel système biochimique artificiel et le domaine de l'Automatique est en excellente position pour contribuer efficacement à ce domaine.</p>



Section 3 – Cinq thèmes de recherche et défis majeurs

Ces cinq thèmes ont été choisis à partir : de constats de déficiences théoriques majeures, d'appréciations et de conseils par un ensemble d'industriels de différents secteurs, de demandes sociétales avérées.

3.1 - Coordination et contrôle des systèmes à grande échelle

Pour les systèmes de contrôle et l'optimisation en temps-réel des processus à grande échelle et distribués (par exemple les réseaux d'énergie électrique, les processus chimiques, les usines métallurgiques, les systèmes de circulation, les systèmes de distribution d'eau), la principale question est de savoir comment faire fonctionner un tel système a) en maximisant ses performances globales sous des contraintes opérationnelles et b) en assurant un fonctionnement robuste et stable, même en cas de défaillances de sous-systèmes, tout en s'appuyant sur un large éventail de sources d'information. La mesure du rendement décrit généralement des critères économiques et environnementaux, tandis que les contraintes sont liées aux restrictions dynamiques du processus, aux limites de l'équipement et des ressources, et la législation (par exemple les codes de sécurité et les limites d'émission). Les sources d'information proviennent de mesures à partir d'un grand nombre de capteurs, avec des précisions, une fiabilité et une disponibilité différentes, à partir également de modèles de processus, de capteurs et de canaux de communication, et de facteurs externes tels que des analyses de marché ou des prévisions météorologiques.

Les systèmes de commande pour les systèmes à grande échelle peuvent être structurés hiérarchiquement en couches ou peuvent être organisés de telle sorte que des « agents » indépendants contrôlent des sous-systèmes et échangent des informations entre eux avec un mécanisme central de coordination. Une structure de contrôle multi-niveaux doit être conçue sur la base des techniques d'abstraction appropriée, par exemple, l'utilisation de modèles hybrides continus-discrets ou a événements discrets, de telle façon que le fonctionnement sûr et quasi-optimal de l'ensemble du système soit assuré. Un domaine de recherche important est de savoir comment on peut faire face aux inévitables imperfections des modèles utilisés sur toutes les couches ainsi qu'au manque de connaissances sur les perturbations et sur les influences extérieures comme, par exemple, les prix futurs, les demandes et les capacités.

Dans les systèmes de contrôle distribués, les contrôleurs locaux ne disposent que d'informations limitées sur l'évolution des autres sous-systèmes et sur les actions de leurs contrôleurs. La valeur de l'information pour la stabilité et les performances du système global doit être analysée ainsi que la robustesse des systèmes distribués à des défaillances de composants ou du système de communication. Des méthodes, pour la conception et la vérification systématique des mécanismes de reconfiguration dynamique du système global en cas de déconnexion ou d'arrêt et pour la re-intégration des sous-systèmes, sont nécessaires.

Comment concevoir et vérifier systématiquement les mécanismes de reconfiguration dynamique du système global suite à une déconnexion ou un arrêt et re-intégrer des sous-systèmes?



Une approche prometteuse pour l'optimisation distribuée et le contrôle global est l'utilisation de mécanismes de coordination fondés sur les prix ou le type de marché. L'idée sous-jacente est de coordonner l'utilisation des ressources rares par une procédure d'appel d'offres où les agents offrent et achètent des ressources à un certain prix qui ensuite entre dans les fonctions de coût locales. Ces dispositifs doivent être analysés et approfondis à partir des degrés de stabilité et performance ainsi obtenus.

Une autre question difficile pour la coordination et le contrôle des systèmes à grande échelle est le contrôle des ensembles de sous-systèmes qui ont des comportements individuels différents et qui interagissent les uns avec les autres comme, par exemple, les cellules dans une culture ou un fermenteur, les grands rassemblements de population, ou les voitures dans un système de circulation. Du point de vue théorique, l'objectif est de contrôler 'une population' de systèmes non-identiques (et non linéaires). La théorie du contrôle classique ne permet pas de répondre à ces problématiques. Des thèmes de recherche importants concernent : le développement d'un cadre de modélisation hiérarchique pour les populations de systèmes prenant en compte le caractère incertain et stochastique de sources d'informations; des procédures d'identification des distributions de paramètres microscopiques et macroscopiques à partir de données expérimentales microscopiques; des algorithmes pour l'estimation en ligne des états de la population à partir de mesures sur les individus, et des commandes pour orienter et diriger les populations dynamiques d'une manière souhaitée.

3.2 – Systèmes de contrôle distribués en réseau

Compte tenu de l'importance des capteurs et actionneurs distribués dans de nombreux domaines d'application, les effets des limites pratiques des interconnexions doivent être caractérisés et compris. Dans la vision traditionnelle de l'automatique, la communication entre les entités à contrôler et les commandes se produit instantanément et avec une simple dégradation du signal représenté par un bruit stochastique. En réalité, des retards importants et une forte dégradation (voire une perte de paquets d'information) du signal sont courants, surtout lorsque la distance entre les éléments d'un système de communication est importante. Il y a deux nouvelles approches pour la conception de systèmes de contrôle distribués: l'un est d'obtenir des contraintes sur les caractéristiques de l'interconnexion et sur les protocoles de communication de sorte que les retards et la dégradation du signal aient une incidence tolérable sur les caractéristiques souhaitées de l'algorithme de contrôle : l'autre est de considérer les effets de l'interconnexion et des protocoles lorsque l'algorithme de contrôle lui-même est conçu, de façon à minimiser leurs effets. Les deux approches peuvent être combinées par la co-conception du réseau et de l'algorithme de commande de sorte que la meilleure solution puisse être trouvée, au prix d'une augmentation de la dimension de l'espace de conception.

Comment concevoir des systèmes de contrôle pour des réseaux possédant une structure variable dans le temps et avec des liens de communication établis dans un laps de temps limité?

L'automatique pour les réseaux est un exemple intéressant d'un domaine où les interactions entre les communautés de recherche peuvent apporter des avantages importants. La communication sans fil ainsi que la communication mixte (où la communication sans fil est



associée à la communication filaire) posent des problèmes fondamentaux importants tels que l'atténuation sur la performance des commandes, des effets du manque de fiabilité et du caractère stochastique et variable dans le temps des connexions sans fil. Dans ce contexte, il est important de prendre en considération la caractérisation des canaux, pour s'assurer que la qualité du canal de communication répond aux exigences de l'algorithme de contrôle et de consommation d'énergie, afin de maximiser la durée de vie des nœuds sans fil. Jusqu'à présent, ces questions sont en général abordées par des méthodes heuristiques.

La plupart des recherches actuelles sur les systèmes de contrôle en réseau se concentrent sur les structures fixes de communication et d'interaction. Cependant, de nombreux réseaux, comme les réseaux de véhicules mobiles ou les réseaux énergétiques intelligents avec des ensembles de productions et de consommations variant dans le temps, donnent naissance à des structures de réseau qui changent au cours du temps. Les méthodes de contrôle pour les systèmes en réseau doivent être également capables de prendre en considération le fait que les liens de communication ne peuvent être établis que pour une période de temps limitée. Assurer la stabilité et la performance des systèmes dans lesquels la communication ou le couplage entre sous-systèmes est ainsi limité, va bien au-delà des recherches actuelles qui ne prennent en compte que des retards ou des pertes de paquets dans les communications.

Parmi les avantages apportés par les systèmes de contrôle distribués, l'un des plus notables est la résilience aux fautes qui est rendue possible par la redondance des agents et des connexions. Avec cette caractéristique positive, cependant, vient un certain nombre de problèmes très difficiles qui doivent être mieux analysés et compris afin de permettre une application fiable des systèmes de contrôle distribués dans les systèmes hautement critiques. Alors qu'un échec dans un seul nœud d'un système en réseau peut généralement être mieux toléré que dans un système centralisé, les systèmes distribués sont potentiellement vulnérables à des effets domino. Un aspect important est par exemple l'analyse de la robustesse par rapport aux écarts de conduite des agents, en raison soit de fautes accidentelles, soit d'intrusions malignes d'adversaires potentiels. Dans les systèmes distribués, les nœuds simples sont plus facilement attaqués par des adversaires potentiels en propageant de fausses informations ou des commandes à travers le réseau. Il est donc essentiel qu'un système distribué soit doté de capacité de surveillance du bon fonctionnement de ses nœuds, de détection de mauvais comportements et de moyens d'isoler un instant les nœuds attaqués. De plus, le système distribué doit continuer à fonctionner 'en douceur', même si quelques nœuds sont supprimés ou ajoutés, ce qui n'est possible que si les algorithmes ont la capacité d'auto-reconfiguration. Ces problématiques, qui sont connues et bien étudiées dans des environnements informatiques distribués (statiques), émergent d'une manière beaucoup plus complexe, dans les systèmes de contrôle en réseau distribués.

Comment assurer des architectures de contrôle/commande sécurisées pour l'automatisation industrielle en réseau et à grande échelle ?

La surveillance, la reconfiguration, la sécurité et la fiabilité sont des aspects d'une importance primordiale dans le développement des architectures de contrôle efficace, prévisible et sûre pour les grands réseaux de l'automatisation industrielle. Il y a donc un besoin important de nouveaux algorithmes, protocoles et procédures pour la prochaine génération de systèmes de contrôle distribués qui permettront de réduire drastiquement la configuration, la mise en service et les coûts de maintenance.



Dans de nombreux domaines comme les réseaux de services, les entreprises virtuelles, la sécurité civile, les télécommunications etc., l'organisation à contrôler provient de l'interconnexion, parfois pendant une courte période de temps, de systèmes préexistants et hétérogènes, censés inter opérer efficacement et économiquement. Aujourd'hui, l'interopérabilité est le paradigme émergent qui étend le paradigme de l'intégration traditionnelle aux systèmes distribués. Comme le montre le FP6 IDEAS-TN poursuivi par le projet FP7-INTEROP-NoE puis par l'initiative [INTEROP-VLab](#), l'ingénierie des organisations interopérables doit assurer l'alignement des TI (normes, plates-formes) avec les besoins de l'entreprise (génie des procédés). Des méthodes d'ingénierie orientées modèles et des procédures de transformations automatisées de modèles sont nécessaires pour faire le lien entre les différentes couches de définition du système à partir des exigences de l'entreprise et aux spécifications d'architectures et de plates-formes, voir par exemple l'architecture interopérabilité Model Driven (IMD), développée dans INTEROP-NoE et diffusées par INTEROP-VLab. Le développement d'une masse critique, la défragmentation des ressources de recherche au niveau européen, la maturation d'une recherche communautaire pluridisciplinaire fusionnant : l'automatique, les TIC, l'ontologie des entreprises, la modélisation d'entreprise, sont la façon d'aborder scientifiquement la conception et l'ingénierie des réseaux de distribution et de l'utilisateur.

3.3 – Autonomie, cognition et automatique

Les systèmes cognitifs et autonomes :

- Possèdent des dispositifs de détection, de traitement et d'action pour effectuer des tâches et peuvent changer de comportements et d'objectifs selon le contexte et l'expérience,
- agissent dans des environnements non structurés, sans intervention humaine et répondent rapidement aux changements dynamiques,
- interagissent avec les humains et les autres systèmes cognitifs pour effectuer ensemble une tâche.

Les systèmes autonomes actuels fonctionnent bien dans des environnements statiques et prévisibles, mais jusqu'à présent, ne peuvent pas faire face à des incertitudes et à des changements dynamiques induits par l'interaction avec les systèmes complexes et intelligents, comme les humains. La conception d'un système de contrôle pour ce type de tâches nécessite l'acquisition de connaissances et la compréhension des acteurs interagissant via la perception, le raisonnement et l'apprentissage.

Comment garantir des tâches sûres et certifiées pour les systèmes très autonomes?

La conception de ces systèmes doit se faire à deux niveaux : en introduisant, dès la conception, certaines caractéristiques de l'être humain en termes d'acceptabilité par exemple; et par l'ajout de systèmes d'apprentissage qui pourront recalculer en ligne les bons paramètres, permettant ainsi une adaptabilité plus fine à chaque utilisateur et à chaque changement de situation.

Dans le premier cas, une étude commune entre spécialistes en STIC et spécialistes en sciences humaines tels que les psychologues et sociologues est requise. La conception est réalisée en plusieurs étapes alternant synthèse du système autonome, tests exhaustifs avec des sujets et re-synthèse du système avec de nouvelles entrées et paramètres pour le système de contrôle. C'est à noter que dans cette étape de conception, de pré-évaluations

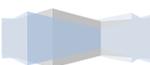


du système homme-machine sont nécessaires. Il s'agit d'une tâche complexe et souvent coûteuse qui requière le bon environnement de simulation ou les tests sur scénarios réels et une exhaustivité des tests ainsi que les bons protocoles de test bien établis par les deux groupes d'expert. De nouveaux défis pour l'automatique apparaissent dans cette tâche d'optimiser la conception du système en termes d'interaction avec l'humain et cela pour faire face à de réglages, à des interactions haptiques et à de réquisitions de la part de l'humain. En effet, un seul changement de paramètre peut invalider complètement le fonctionnement du système en termes d'acceptation par l'humain.

Les systèmes autonomes, par exemple, les assistants de stationnement, les robots à domicile pour les personnes âgées et ceux pour les systèmes de production automatisée, sont constitués d'une hiérarchie de boucles de rétroaction dans lesquelles des flux importants de données, souvent issus d'extraction et interprétation de caractéristiques au sein d'images, sont traités. Aujourd'hui, la collecte et le stockage de grandes quantités de données n'est plus un défi, mais l'extraction d'informations pertinentes à partir de ces données ne peuvent être analysées de façon rigoureuse sans l'utilisation de méthodes basées sur des modèles mathématiques explicites. Les progrès de la puissance de calcul et des algorithmes permettent actuellement de concevoir des systèmes avec un degré élevé d'autonomie, mais le chemin de l'étude en laboratoire vers la mise en œuvre réelle avec un fonctionnement sûr et certifié, est très long. Le déploiement de systèmes autonomes nécessite que leurs comportements soient validés dans toutes les circonstances imaginables.

La théorie actuelle des systèmes et du contrôle fournit des méthodes bien comprises pour établir la stabilité de certains systèmes complexes, c'est-à-dire la convergence garantie vers un état désiré. Mais ce n'est pas suffisant pour les systèmes autonomes en raison de leur nature hybride où la dynamique continue interagit avec des algorithmes qui prennent des décisions distinctes à des intervalles de temps irréguliers. Les tests de tels systèmes ne peuvent couvrir qu'une très petite partie des situations possibles. Les tendances actuelles sont la vérification *a posteriori* qui devient vite impossible pour les systèmes de taille importante. Par conséquent un défi majeur pour la prochaine décennie est de concevoir des systèmes qui intègrent, dans leur conception elle-même, des suivis vérifiables et des mécanismes de contrôle. Pour faire face à un tel défi, la recherche interdisciplinaire est nécessaire à la frontière de la théorie du contrôle, de l'informatique, de la théorie du signal et des images, de la robotique et des statistiques.

Le développement rapide des technologies pour la détection et l'actionnement des dispositifs de stockage des données et des communications ouvre de nouvelles opportunités pour la conception de contrôles basés sur les données. En particulier, les ensembles de données et les modèles sont de plus en plus complexes et il ya un besoin important de méthodes qui peuvent traiter les données d'une manière évolutive et robuste. L'identification des systèmes est le terme utilisé dans la communauté du contrôle pour la modélisation à partir des données. L'approche dominante, basée sur l'analyse statistique des modèles paramétriques, a eu beaucoup de succès. Toutefois, la nécessité de traiter de grands ensembles de données, en grandes dimensions fait appel à de nouvelles méthodes non paramétriques des modèles, étroitement liées à l'apprentissage automatique. Plus de recherche est nécessaire pour analyser comment ces modèles peuvent être utilisés efficacement dans les applications temps-réel.



3.4 – Ingénierie des systèmes basée sur les modèles et conception temps réel

Depuis les premiers jours, la conception des systèmes de contrôle s'est toujours appuyée sur des modèles mathématiques du système et du contrôleur, et un grand nombre d'outils informatiques ont été développés pour mettre en œuvre la conception, éventuellement multi-variable et avec des boucles de contrôle couplées, en utilisant des calculs numériques, des représentations graphiques et des simulations dynamiques. En pratique, la modélisation du système physique considéré est souvent l'étape la plus couteuse en temps et en ressources dans le processus de développement des contrôles et commandes associés. Les approches systématiques telle que la modélisation orientée objet, qui permet à l'utilisateur de combiner des sous-modèles à partir de domaines différents, visent à réduire l'effort dans la construction de modèles. Dans le futur, les éléments physiques de systèmes complexes seront, dans de nombreux cas, fournis par les vendeurs avec leurs modèles mathématiques qui pourront être combinés pour construire des modèles de systèmes globaux et servir de base pour la simulation de l'ensemble du système de simulation et de validation des systèmes de contrôles et de commande.

Alors que les contrôleurs simples peuvent être adaptés par réglage manuel aux différences entre les comportements attendus et réels des systèmes contrôlés, les systèmes complexes de contrôle performants doivent être développés et entretenus par des techniques totalement basées sur un modèle afin d'opérer en toute sécurité et correctement, en tenant compte de tous les éléments de la mise en œuvre : le matériel informatique, le logiciel système, le système de communication et l'algorithme de contrôle lui-même. Le développement entièrement basé sur un modèle de systèmes complexes de contrôle multicouches n'est pas encore possible d'une façon intégrée, mais est nécessaire pour augmenter la fiabilité et les performances.

Comment intégrer différents formalismes dans un environnement avec réutilisation transparente des modèles et intégration des résultats obtenus par les différents outils?

Les contrôleurs embarqués avec beaucoup de CPUs sont des parties essentielles des systèmes complexes. En général, les deux dynamiques continues et discrètes sont présentes. La complexité de tels systèmes interdit la vérification de leur conception par des tests exhaustifs. La procédure de vérification nécessite une combinaison d'outils de la théorie du contrôle, comme ceux utilisés pour l'analyse de la stabilité, d'outils de l'informatique, comme l'analyse statique, ou encore d'outils employés pour évaluer l'accessibilité des automates temporisés ou hybrides. Différents aspects des systèmes de contrôle sont souvent modélisés par des formalismes différents qui sont la base de l'utilisation d'outils spécifiques, en particulier, si les états du système sont à la fois discrets et continus. Cela nécessite donc l'intégration de formalismes différents dans un seul environnement avec la réutilisation transparente des modèles et l'intégration de résultats obtenus par différents outils. Le *Compositional Interchange Format (CIF)* qui est actuellement développé dans un projet européen, constitue une base plausible pour un tel échange de modèles. Outre la transformation des modèles d'un formalisme à un autre, l'abstraction des modèles avec la préservation garantie de certaines propriétés est cruciale, car il n'est ni faisable ni raisonnable d'essayer de considérer tous les détails d'un système à chaque étape et à chaque niveau du processus de conception.

L'un des problèmes les plus difficiles et importants à résoudre dans un proche avenir est l'intégration des méthodes fondamentales de conception et d'analyse de contrôle dans les

environnements industriels où les logiciels hétérogènes et de nombreux formalismes dominant, et où les données de conception, de documentation, et de modèles abondent à tous les niveaux. Ceux-ci doivent être intégrés de telle façon que les incohérences et les erreurs soient détectées le plus tôt possible. Une telle intégration peut conduire à une augmentation énorme de l'efficacité dans la phase de conception et dans les opérations ultérieures. Bien que l'absence d'une telle intégration mène aujourd'hui déjà à un gaspillage important de ressources et au manque de robustesse aux erreurs, il faut souligner que, dans de futurs systèmes de conception de projets, qui vont devenir de plus en plus complexes, ce manque de mécanismes d'intégration pourra même conduire à une incapacité de mener à bien ces projets complexes.

3.5 – Interaction homme-machine

Alors que de nombreuses boucles de contrôle de dispositifs techniques, de toutes sortes, fonctionnent de façon autonome, sans intervention humaine (en dehors du réglage initial), des grands systèmes tels que les avions, les centrales électriques et les systèmes de contrôle du trafic aériens ou de la circulation, sont contrôlés par des opérateurs humains qui interagissent avec les systèmes de contrôle automatiques. Une manière possible pour une telle interaction est que les opérateurs (par exemple, les pilotes) contrôlent vraiment le système, mais avec leurs ordres «traduits» en un actionnement (mouvement des ailerons dans un avion, ouverture des vannes dans une centrale électrique) par un système de contrôle subalterne. Dans ce cas, la dynamique du système de contrôle doit être élaborée de telle sorte que son comportement soit considéré comme satisfaisant par l'opérateur humain. Un autre type d'interaction consiste en ce que le système de contrôle fonctionne de manière autonome, mais les opérateurs humains supervisent son comportement et interviennent en cas de non-conformité opérationnelle, de déviations ou de manque de sécurité. Dans ce cas, l'opérateur modifie les points de consigne ou passe (en partie) à la commande manuelle. La détection précoce des défauts ou des changements dans le comportement du système est alors une tâche cruciale. Un système de contrôle peut également calculer des propositions pour le fonctionnement optimal du système, par exemple, une adaptation optimale à un changement dans la demande d'électricité dans une centrale électrique, et offrir ces propositions aux opérateurs qui peuvent accepter de les modifier et de déclencher leur exécution.

Comment conjuguer de façon optimale des systèmes automatisés avec l'interaction des humains?

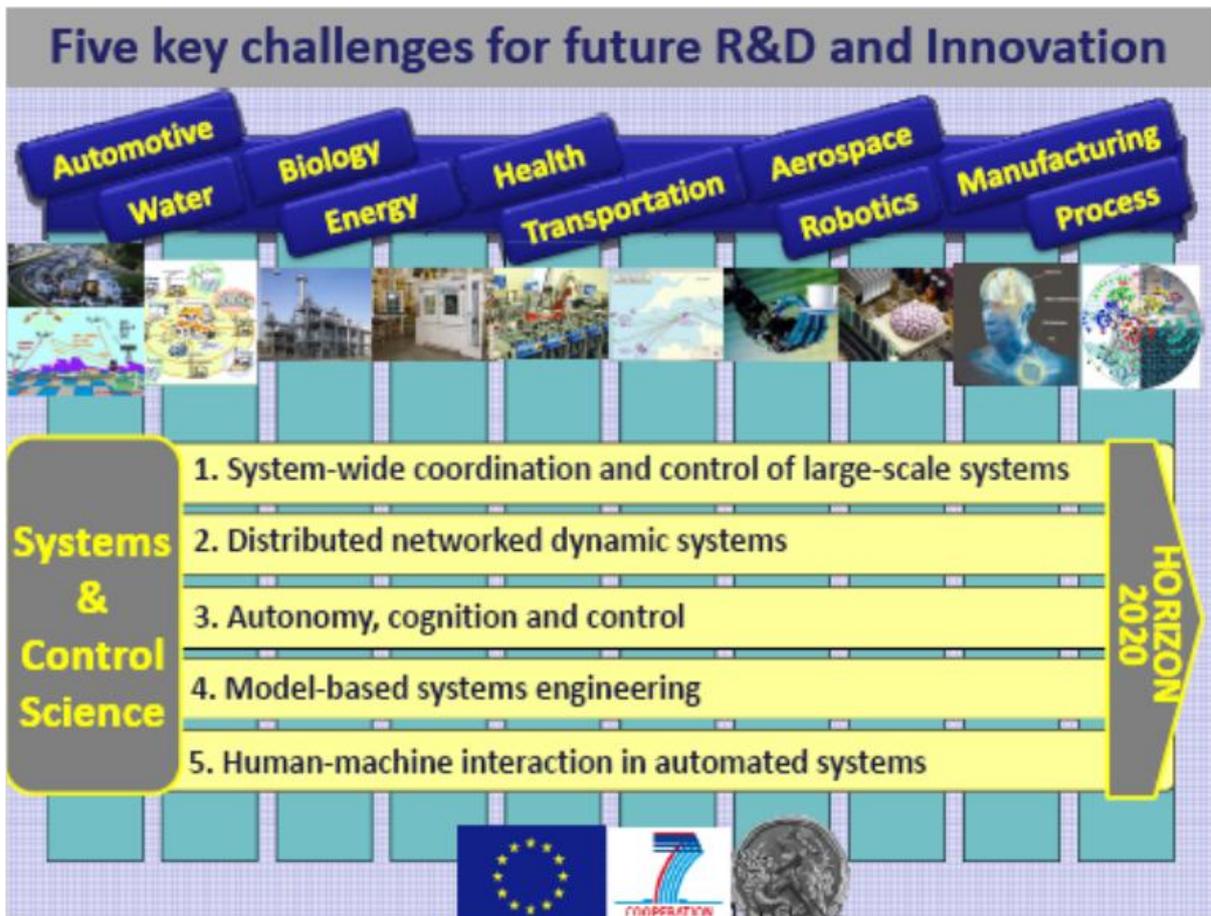
Le contrôle avancé offre d'énormes avantages pour un fonctionnement plus économique, plus sûr et plus écologique, pour des systèmes technologiques potentiellement dangereux, mais ces avantages ne sont pas souvent pleinement utilisés, car les opérateurs humains n'acceptent pas le système complètement automatique et supprime des parties importantes de ses fonctions. Plus les systèmes de contrôle sont complexes et sophistiqués, plus il est difficile pour les opérateurs, de comprendre et de calculer les meilleurs stratégies. Cela peut conduire à davantage, au lieu de moins, d'interventions manuelles. Il y a peu de compréhension des besoins d'information des opérateurs et de la manière dont ils perçoivent et traitent les informations fournies. L'interaction des humains avec des systèmes hautement automatisés et une dynamique et des contrôleurs complexe nécessite une analyse approfondie, réunissant les connaissances de la cognition, de l'interaction homme-machine et de l'automatique. Le but de ces recherches doit être le développement d'une approche synergique où les capacités des systèmes de contrôle complexes et théoriquement bien-fondé et des humains sont combinés de la manière la plus efficace.



La conception adéquate des systèmes contrôlés pour les besoins des humains et pour que les humains puissent interagir efficacement avec eux est aussi un problème important dans toutes sortes de systèmes d'assistance, notamment pour les personnes âgées et handicapées. L'apprentissage est aussi un processus dicté par des bouclages, donc la conception de systèmes d'enseignement sur ordinateur pourrait également beaucoup bénéficier d'une compréhension du système théorique de la dynamique de l'apprentissage de l'humain et comment il peut être stimulé.

A un degré beaucoup plus élevé, les applications futures verront s'entrelacer les interventions humaines et les équipements techniques. Par exemple la séparation actuelle de l'espace de travail des robots et des opérateurs humains sera partiellement remplacée par la coopération des humains et des robots, afin d'accroître l'efficacité des étapes de production complexes. Autre exemple, dans les systèmes de trafic futurs, le parc de véhicules autonomes interagira avec l'homme. Les systèmes de contrôle avenir devront donc répondre à un nouveau niveau de robustesse à l'égard des comportements humains, non-déterministes. Les nouvelles techniques de contrôle devront être en mesure de répondre en temps opportun, à de nouvelles situations et à des événements imprévus provenant de comportements humains. Ils devront donc être conçus pour des dynamiques comprenant divers types de composants probabilistes et de distributions stochastiques. Atteindre les performances tout en garantissant un contrôle en toute sécurité (par exemple, en évitant les collisions de véhicules) est un défi majeur dans ce domaine.

En résumé :



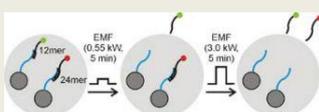
Section 4 – L'Automatique pour de nouveaux domaines

Dans la Section 2, dix domaines standards où l'Automatique apparaît comme une discipline incontournable dans le présent et dans le futur et touchant à la vie quotidienne, ont été esquissés. Bien d'autres pourraient être cités, voir [1] par exemple. Il devient aussi de plus en plus évident que plusieurs nouvelles applications de l'Automatique auront un impact important et vont se développer très rapidement. Citons ci-dessous trois de ces futures applications.

4.1 – Automatique et santé



"The challenges to designing instrument control user interfaces and applications"



"Remote-control nanoparticles deliver drugs directly into tumors"

Les applications médicales peuvent bénéficier de la théorie des systèmes et de l'identification développée récemment pour des modèles de populations. C'est un domaine où les systèmes, leurs méthodologies et leurs outils de contrôle ne sont pas encore d'utilisation standard, mais le sera certainement dans un proche avenir. Par exemple, dans la conception de méthodes automatisées pour l'anesthésie ou le contrôle de la concentration de glucose chez les patients diabétiques (appelé le «pancréas artificiel»), les régulateurs doivent être validés sur des patients simulés. Il est donc crucial de développer des modèles pour une population de patients et ensuite d'associer au patient le "patient virtuel" auquel il correspond. Cela évitera une multitude de simulations consommatrices de temps et d'argent. De même, les modélisations macroscopiques de populations de patients aideront à comprendre quels aspects de la variabilité inter-individus sont responsables de la dégradation des performances du contrôle.

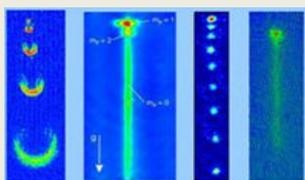
Les progrès sur la modélisation et l'identification des dynamiques de population auront également un impact sur les études en pharmacocinétique et permettront le développement de modèles pour mettre en évidence le rôle de la variabilité de la population dans le développement ou l'évaluation de médicaments. Par exemple, dans l'inhibition de croissance tumorale, les modèles mettant en évidence l'effet des combinaisons de médicaments anti-tumorales sont à leurs balbutiements et nécessitent des modèles dynamiques identifiables suffisamment bien paramétrés pour décrire les effets des médicaments, soit synergiques, soit antagonistes au sein d'une population de patients. Ces modèles ouvrent la voie à la délivrance optimale des médicaments dans le traitement du cancer qui peut être reformulée en un problème de contrôle avec les objectifs contradictoires d'inhibition efficace de la croissance tumorale et d'une toxicité acceptable des médicaments administrés.



4.2 – Automatique, phénomènes sociaux et économiques, et marchés

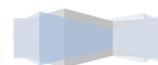
Un autre domaine non standard où l'Automatique pourra avoir un grand impact est relatif aux phénomènes sociaux et économiques et aux marchés. Il est généralement admis que la société et l'économie sont des systèmes complexes où les descriptions, à la fois déterministes et stochastiques, sont nécessaires pour définir les principales caractéristiques de leurs dynamiques. Cette prise de conscience et par conséquent l'exigence de modèles plus réalistes, ont conduit à de puissants nouveaux concepts et outils pour expliquer des phénomènes apparemment aléatoires qui au plus profond niveau pourrait être complexes et / ou chaotique. L'Automatique a beaucoup à offrir pour l'analyse et l'évaluation des politiques à courts et moyens termes, des phénomènes sociaux et économiques, et pour opérer sur les marchés. Les exemples incluent la stabilisation des monnaies, le placement des offres sur la bourse de l'électricité et de l'énergie et les portefeuilles de couverture des actifs contre le risque. L'Automatique peut aider en élucidant un aperçu de la réaction de ces systèmes dynamiques complexes aux rétroactions, afin d'éviter, par exemple, des oscillations dues à la rapide évolution des politiques ou des prix.

4.3 – Automatique et ingénierie quantique



"Finding ways to seize atoms, molecules, and photons"

L'automatique peut conduire à des améliorations significatives dans les technologies quantiques émergentes, allant de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), aux systèmes de navigation inertielle, aux communications optiques, à la métrologie de haute précision en passant par les communications et circuits quantiques et les prototypes de calculateurs quantiques. Les extensions aux systèmes quantiques des concepts de l'automatique traditionnelle et développés pour les systèmes classiques, tels que, l'optimalité, la rétroaction, la stabilité, la robustesse, le filtrage et l'identification, deviennent des enjeux clés. Ces extensions ne sont pas simples. Par exemple la rétroaction pour les systèmes classiques admet deux homologues différents pour les systèmes quantiques : la rétroaction par des mesures et la rétroaction cohérente; cette multiplicité provient de la nécessité de tenir compte de l'action en retour et aléatoire induite par le processus de mesure (le collapse du paquet d'ondes). De même l'estimation de l'état (tomographie quantique) et l'identification du système (tomographie de processus quantiques) font face à la même difficulté avec des précisions limitées par le principe d'incertitude de Heisenberg. Les développements technologiques futurs exploitant les caractéristiques quantiques, devront inclure un mécanisme de stabilisation robuste pour protéger leurs états quantiques fragiles car très sensibles à la décohérence due à leur environnement. Ces technologies quantiques s'appuieront en partie sur des concepts d'automatique adaptés et certainement partiellement repensés.



Section 5 - Recommandations

➤ Stimuler les collaborations de recherche multi-nationales et multi-disciplinaires.

La recherche et développement dans les systèmes et le contrôle sont vitaux pour l'avenir de la France et de l'Europe en général. L'Automatique doit être une priorité dans le prochain programme-cadre de l'ANR, et pas seulement à l'intérieur du 'Programme Blanc', avec un financement important pour les thèmes fondamentaux de la section 3 :

- Coordination et contrôle des systèmes à grande échelle
- Systèmes de contrôle distribués en réseau
- Autonomie, cognition et automatique
- Ingénierie des systèmes basée sur les modèles
- Interaction homme-machine

Des coopérations internationales doivent être également encouragées.

➤ Soutenir financièrement la recherche fondamentale et la recherche axée sur des domaines d'application.

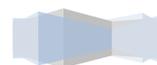
L'Automatique a deux facettes: la recherche fondamentale, des théories et des outils, et la recherche liée aux domaines d'application spécifiques. La force de cette discipline est l'interaction entre ces deux facettes. Elle est illustrée dans le schéma page 10: alors que la recherche se rapportant aux domaines d'application fournit des solutions nouvelles à des problèmes urgents dans ces domaines, elle génère également de nouvelles approches, des résultats théoriques et des outils qui peuvent être transférés à d'autres domaines, ainsi que des problématiques pertinentes pour la recherche fondamentale. Il est frappant par exemple que des mêmes outils théoriques se retrouvent dans les réseaux électriques et les réseaux neuronaux. Dans un cas on souhaite synchroniser les fréquences et dans l'autre, on souhaite désynchroniser les signaux apparaissant dans la maladie de Parkinson. D'une manière générale, cette recherche fondamentale fournit des solutions techniques avec des propriétés garanties qui peuvent être développées, indépendamment des applications spécifiques.

➤ Surmonter les barrières entre les disciplines traditionnelles.

L'application de l'Automatique nécessite la connaissance des domaines d'application ainsi que de ses fondements théoriques. La force de cette discipline est rendue effective grâce aux étroites collaborations avec les ingénieurs ou médecins et les développeurs dans des divers domaines d'application. Bien que cela a déjà été réalisé dans de nombreux domaines comme, par exemple, la mécatronique et le contrôle de processus, beaucoup reste à faire pour les soins de santé, l'assistance aux personnes âgées ou handicapées, les systèmes biologiques, les systèmes sociaux et économiques, le développement des grandes infrastructures, pour ne citer que cela.

➤ Soutenir fortement les actions nationales en Automatique et les activités du GdR MACS.

La communauté Automatique française s'est structurée, depuis les années 70, dans le cadre de Groupements de Recherche successifs relevant du CNRS (RCP, GReCO, GdR Automatique, GdR MACS). La synergie d'ensemble et l'action structurante du GdR MACS ont permis de positionner l'automatique française en position leader sur le plan international : Présidence française de l'IFAC (International Federation of Automatic Control), plusieurs responsabilités clés au sein de l'IFAC, pilotage du REX HYCON, organisation des meilleurs congrès et conférences internationales du domaine (IFAC World Congress, European Control Conference, une centaine de manifestations IFAC et IEEE sur les douze dernières années), ...



Il est indispensable de maintenir un soutien fort aux actions d’animation nationale en automatique et aux activités du GdR MACS pour permettre à l’automatique française de maintenir et amplifier sa dynamique et son positionnement international.

➤ **Disseminate methods and tools in education, industry and society.**

Des méthodes et des outils, nombreux et puissants, sont développés dans le domaine de l’Automatique: ils sont suffisamment généraux pour être transférés à d’autres domaines offrant ainsi une interface commune entre des communautés de recherche souvent séparées. De nouvelles actions de stimulation sont nécessaires pour diffuser ces méthodes et ces outils par une campagne d’éducation appropriée. Un enseignement rigoureux sur les principes fondamentaux de l’Automatique et de ses applications et sur les principes de l’économie, est essentiel pour développer un écosystème d’innovation performant. Nos étudiants d’aujourd’hui seront les ingénieurs et les chercheurs de demain et doivent donc être formés pour faire face à la nature interdisciplinaire des TIC et pour avoir le goût de l’innovation. Il faut intensifier ce riche enseignement, théorique et pratique, dès la licence et encourager les enseignements en Master par des enseignants-chercheurs renommés, français mais aussi du monde entier, afin de réunir les expertises nécessaires à une formation pluridisciplinaire, comme cela est fait annuellement dans le cadre de la Graduate School on Control organisée par l’European Embedded Control Institute (EECI).

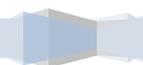
Par ailleurs, de nouveaux outils pour la modélisation, l’analyse et la conception des systèmes de contrôle complexes doivent être rapidement transférés à l’industrie. Le transfert de technologies est toujours une activité difficile mais nécessaire pour aider les industriels à proposer des solutions pertinentes, innovantes, performantes, écologiques et à moindre coût et ainsi assurer un impact socio-économique fort. Le transfert de technologies doit être organisé en concertation avec les principaux acteurs. C’est effort ne peut pas être laissé uniquement au bon vouloir des chercheurs impliqués et doit être accompagné de moyens financiers appropriés.

➤ **Recommendations from the HYCON2 Industrial Advisory Board**

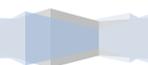
<p>DENSO AUTOMOTIVE</p>	<p><i>"Automotive systems are evolving continuously and they are becoming more complex to control to. Today, via smart-grids, electric and plug-in hybrid vehicles are being integrated into the electric power networks. Thus, the scale of automotive systems is growing larger, relating to infrastructure, energy production and storage, tele-communication, and so on. Therefore DENSO thinks that the control methodologies and tools concerning smart-grids, cyber-physical systems, large-scale distributed systems and other emerging issues as outlined in this report are very important. DENSO appreciates and supports the research in those fields, and itself actively takes part"</i></p>
<p>BAYER Technology Services</p>	<p><i>"Most of the plants in chemical industry operated completely by automated systems. The operator is not operating anymore, but more monitoring and optimizing the process. More and more process training simulators based on dynamic models of the process are helping to keep the operator trained in the behaviour of the production plant and process and to optimize the control system. The new challenge and very important is to increase the efficiency even more in operating the production under all circumstances as economical as possible. This is only possible by a holistic process control of very complex systems. It means to help the operator to make the right decision in each situation of the process in communication with a highly automated process. Based on process models he needs to get the right information – not less and not more – at the right time under present circumstances, enabling to forecast the behaviour of process. This kind of assistant systems have to use all relevant existing data of the process, derive information out of that and present this to the expert in a totally new type of man-machine interaction. This should be really a team-system-interaction"</i></p>



	<p>taking under consideration, that the team could be distributed all over the world. This new way of process control would be a big step forward in order to operate our processes and using the resources more efficiently by reducing the environmental impact e.g. by reducing energy consumption and CO2-emission. However is a huge challenge for the research to derive these new methods, which surely requires international co-operation and co-operation between industry and academia.”</p>
BASF SE	<p>“Automation technology is becoming more and more a key technology for production efficiency and operational excellence in chemical production plants. Examples for this are significant contributions to feedstock efficiency, energy efficiency and plant safety excellence. The development of process automation has to consider the development of methods and the rapid improvement of IT on the one hand and specific requirements for the process industry on the other hand. The rapid technology push is characterized by the penetration of automation technology through information technology. From a market pull aspect, complex online-applications with extensive computing effort, much simpler cross-linking of diverse systems and better human machine interfaces will be required in the future. The usage of modern automation technology brings up new challenges to operations, system integrators and manufacturers of automation systems, which have to be solved to achieve an enduring value proposition for chemical plants also in the future:</p> <ul style="list-style-type: none"> - new automation technologies must be compatible to existing assets - the increasing technical complexity of automation solutions has to be encapsulated for operators and demands new concepts in qualification of system integrators and service providers - the growing business requirements like shorter project execution times and higher plant availability need new project execution strategies. <p>Research studies on these rapidly changing topics will generate high future value. And these research activities will qualify automation engineers which are highly and moreover increasingly needed.”</p>
ECOSIMPRO	<p>“One of the essential requirements in designing aerospace systems is to guarantee high system reliability; ie, a low failure probability. In the case of space systems, it is enforced by the practical impossibility of repairs in orbit. For its part, in aviation it is enforced by the stringent safety requirements imposed. The control and simulation of these systems constitutes, more and more, an important stage of the design phases. In the preliminary phases the model enables us to evaluate the performances of different alternatives, and in the last phases to predict results, fine-tune the control and design parameters and verify the design in the different operating modes, thus increasing reliability.”</p>
GTD Sistemas de informacion	<p>“Control of modern aerial vehicles by networks of sensors and actuators along with performance and efficiency requirements represents a new scenario in the domain of control and information in complex and non-linear systems. This scenario becomes still more research-demanding when looking forward to future UAV aerial vehicles. Regarding not only the vehicle itself, air traffic control and management has become a major concern. Although being still human operated in the future, the continuous growth of traffic makes this human based control very difficult. It is important to provide human controllers with tools to model, simulate and predict situations in order to allow better understanding and decision making. Working in the aerospace domain in collaboration with European and French space agencies, GTD founds essential the research and development concerning the future airlaunch vehicles, allowing to provide better launch services and to a larger scope of clients, where control, guidance and navigation play a major role.”</p>
CADLM	<p>“Manufacturing technologies and in particular automotive related process are gaining exponentially in complexity. This is due to the market demand related to the need for enhanced safety and environmental compatibility of products. The combination of mechanical and non-mechanical technologies (passive/active/on-board/communications, etc.) is at the origin of the increased complexity and needs</p>



	<i>integrated control strategies which monitor in a predictive way the robustness of the proposed solutions. At CADLM we are concerned with solutions and products in order to improve the management of such complex systems and think that the proposals made in this paper lead to innovative solutions in this respect and therefore support it's initiative."</i>
EDF	<i>"The integration of renewable intermittent generation in the power systems presents many challenges (generation hard-to-predict and not easily dispatchable, location rather dispersed on the territories..) and globally generates technical and economic problems for the management and monitoring of the power systems to maintain its safety and reliability. So, the power systems are facing an increasing complexity with larger random aspects for the management of the intermittent renewable generation (solar, wind, ...) and the new applications (i.e. EV/HEV). This complexity includes the technical constraints of the power system (balance supply and demand at global and local levels, network congestions, voltage control, etc.), and also the multiple interactions between ICT and power network particularly with new open questions such as ICT architectures for massive data processing at different time and space scales, decentralized versus centralized control solutions, management of degraded modes, interoperability, secure operation particularly in terms of cyber-security, etc."</i>
ALSTOM	<i>"Today, smart grids are about power supply, information and intelligence. Integration of renewable energy, energy storage, electric vehicle and self-healing technologies taking into account environmental impact, quality, security, energy efficiency and Customer feedback together with all economic aspects will add more complications in dealing with modelling and control of such system. Consequently, CONTROL is at the heart of the Information and Communication Technologies of complex systems."</i>
WEST Aquila	<i>Design and development of embedded networking technologies for advanced monitoring and control applications requires detailed modelling of interconnected (often distributed) sub-systems and accurate mapping of application performance on network architecture and protocol requirements: while meeting QoS requirements (also in terms of security protection against attackers, mis-behaviours, etc.), the design approach is aimed at minimizing energy expenditures, complexity and costs. Moreover, network-wide minimization of energy consumption is envisaged as a crucial paradigm in modern network (re)-design, since communications networks consume today a significant part of energy worldwide. As a technology start-up operating in the field of wireless networked systems, WEST Aquila is highly committed in designing, developing and prototyping advanced networking platforms and their integration in various application domains (smart agriculture, physical/logical access control, emdedded positioning,...): then we strongly support long-term research plans aimed at fundamental advances in modelling of distributed and networked systems, development of design tools that integrate simulation and validation and close the gap with the implementation phase.</i>
Ford Motor Company	<i>"The increased amount of degrees of freedom and information in vehicles (e.g., steering actuators, vehicle connectivity, hybrid powertrains,...) opens several possibilities for reducing emissions and fuel consumption, and for increasing active and passive safety. The coordination of the smart actuators and the selective processing of the available information require the use of novel control strategies, as well as of formal verification methods to ensure system-wide control robustness and software correctness. In addition, while becoming more pervasive, the control strategies are interacting more and more with the driver. Human-machine interaction is extremely important to guarantee the correct operation and the performance of the vehicles. As such there is need to formally study and model this interaction. We consider these research studies of important value and we look forward to interact on many related topics in these rapidly expanding areas."</i>



INEOS

“Modern chemical plants are operated by a relatively small crew. The number of controllers, regulatory and advanced, per operator has increased significantly over the last decades. This is especially true in the basic, bulk chemicals business such as refining and petrochemicals. At the same time, plant efficiency, energy efficiency and product quality reproducibility by optimization has become a major focus for modern applications. These conflicting goals can only be reached by employing a modern automation infrastructure, modern advanced control solutions and regular, possibly online optimisation as well as by continuously challenging the employed control structure. The results are highly efficient, nearly fully automated plants. Only the research in process control already performed and the facing of future research challenges will help us maintain the high efficiency and product quality of today and allow us to remain sustainable and profitable in the future. One of the advantages of the modern plant operation are operators that need not simply operate the plant but can be employed in better plant and product management and optimisation using experience that only they have collected, thus using the unique capabilities of the human mind. One of the resulting challenges is to interface with and monitor the automation system in such a way that only relevant information (not data) is passed to the operator. The final result of human interface research should thus be the answer to the question: “What can the human operator do best and what can the machine do best?”

While most of the theory for successful advanced application of automation is readily available, the answer where and how to best employ and monitor it with the correct human interface has yet to be answered. An answer to this question requires interdisciplinary (possibly not just natural science and engineering) approaches and will give plant operation and plant effectiveness a further boost. Online, possibly dynamic, nonlinear optimization of complete product plants, maybe even whole sites with highly interacting plants is one candidate to help answer that question, while at the same time finding the last realizable plant operation improvement, especially on multi-product plants. Thus, one major future challenge for tapping the full potential of optimization are re-usable, fast implemented, cost effective dynamic plant models.”

(*) Ce rapport est un travail collaboratif avec des membres du ReX HYCON2 et du GdR MACS :

Alberto Bemporad, Antonio Bicchi, Jean-Paul Bourrières, Eduardo Camacho, Cesar De Prada, Maria Domenica Di Benedetto, Gilney Damm, Sebastian Engell, Alessandro Giua, Antonella Ferrara, Giancarlo Ferrari Trecate, Hugues Mounier, Mariana Netto, Henk Nijmeijer, Elena Panteley, Anders Rantzer, Pierre Rouchon, Tariq Samad, Olaf Stursberg, Arjan van der Schaft, Sandro Zampier, Janan Zaytoon,

qu’ils en soient ici remerciés,

*Françoise Lamnabhi-Lagarrique
Gif-sur-Yvette, le 9 décembre 2011*

