

UNIVERSITE DE LIEGE
Faculté des Sciences Appliquées
Département d'Electricité, Electronique et Informatique

Unité de Recherche en Méthodes Stochastiques

<http://www.montefiore.ulg.ac.be/services/stochastic/>

Rapport d'activités

**Document de synthèse sur les recherches menées pendant
les années civiles 2002 et 2003**

Table des matières

1	Préambule	1
2	Travaux de recherche académiques	1
2.1	Thèse de Daniel RUIZ-VEGA (défendue en mai 2002)	1
2.2	Thèse d'Alexandre N'GUESSAN (défendue en juin 2003)	1
2.3	Thèse d'Alberto DEL ANGEL (en cours de réalisation)	1
2.4	Thèse de Damien ERNST (défendue en mars 2003)	2
2.5	Thèse de Pierre GEURTS (défendue en mai 2002)	2
2.6	Thèse de Cristina OLARU (défendue en octobre 2003)	3
2.7	Thèse de Raphaël MARÉE (en cours de réalisation)	3
2.8	Thèse de Vincent AUVRAY (en cours de réalisation)	3
2.9	Autres travaux de recherche	4
2.9.1	Synthèse de contrôleurs robustes	4
2.9.2	Phénomènes de résonance	4
2.9.3	Simulation dynamique de marchés	4
2.9.4	Développement d'un logiciel d'optimisation mixte	4
3	Projets de recherche Européens	5
3.1	Projet FINDER	5
3.1.1	Partenaires	5
3.2	Projet OMASES	5
3.2.1	Plateforme OMASES	5
3.2.2	Applications TSA et VSA	5
3.2.3	Simulateurs de réseau et de marché	6
3.2.4	Test en environnement réel	6
3.2.5	Partenaires	6
3.3	Projet EXAMINE	6
3.3.1	Volet A - Préventif	6
3.3.2	Volet B - Curatif	7
3.3.3	Analyse de "dependabilité"	7
3.3.4	Partenaires	7
4	Autres collaborations avec l'industrie	7
4.1	Spin-off PEPITe	7
4.2	ELIA	8
4.3	Hydro-Québec	8

1 Préambule

Ce rapport décrit de manière succincte les recherches menées à l'Université de Liège dans l'équipe de Méthodes stochastiques¹. Le rapport est structuré comme suit : la section 2 décrit les recherches menées dans la cadre académique (essentiellement sous la forme de thèses de doctorat), la section 3 couvre les projets de recherche européens, la section 4 les collaborations avec l'industrie. Les références bibliographiques reprises en fin de document donnent à titre indicatif un certain nombre de nos publications récentes en relation avec les thèmes de recherche décrits dans ce qui suit ; cette liste n'est cependant pas exhaustive.

2 Travaux de recherche académiques

Ces travaux sont principalement financés via des bourses de doctorat octroyées par divers organismes publics belges et étrangers. Nous les avons groupés par thèmes en partant des thèmes les plus "électriques" pour terminer avec les thèmes les plus "méthodologiques".

2.1 Thèse de Daniel RUIZ-VEGA (défendue en mai 2002)

Cette recherche [22] vise le développement de techniques d'évaluation et de commande de la sécurité dynamique des réseaux électriques. Plus spécifiquement, elle est consacrée au développement de techniques capables de traiter les phénomènes de stabilité angulaire (transitoire et de petits signaux) et ce pour des réseaux de grande taille et pour leur fonctionnement en temps réel. Les exigences du marché libéralisé de l'industrie électrique sont également examinées et prises en compte.

On y développe la méthode FILTRA, pour le filtrage de contingences en analyse préventive de la stabilité transitoire et la méthode TSC pour la commande préventive. Cette dernière est également complétée par la méthode OLEC de commande curative en boucle ouverte. Celle-ci détermine le nombre de générateurs à délester suite à un court-circuit donné afin de préserver la stabilité, alors que la méthode TSC détermine un nouveau plan de production (congestion management) qui satisfait aux contraintes de stabilité transitoire vis-à-vis d'un ensemble de court-circuits [23, 24].

Le résultats de cette recherche ont été mis en oeuvre dans le cadre du projet européen OMASES (voir ci-dessous).

2.2 Thèse d'Alexandre N'GUESSAN (défendue en juin 2003)

La thèse vise à élaborer un logiciel complet pour l'analyse et la commande en temps réel de la stabilité transitoire des réseaux d'énergie électrique. L'auteur développe un simulateur temporel, met en oeuvre la méthode SIME, distribue les calculs sur un ensemble hétérogène de processeurs, et enfin, couple ce logiciel avec une plateforme temps-réel EMS [18, 19].

2.3 Thèse d'Alberto DEL ANGEL (en cours de réalisation)

Les travaux de recherche de Monsieur DEL ANGEL visent à élaborer une méthode efficace et souple pour déterminer les angles, vitesses et accélérations rotoriques de générateurs

¹Nous ne reprenons toutefois pas certains travaux de recherche menés par le Dr. Van Cutsem.

synchrones à partir de mesures de phaseurs électriques synchronisés, dans le cadre d'une utilisation de ces quantités pour la commande curative en boucle fermée (p.ex. avec la méthode E-SIME mise en oeuvre dans le cadre du projet européen EXAMINE, voir ci-dessous).

La méthode en cours de développement fait appel aux réseaux de neurones artificiels. La méthodologie ainsi que les premiers résultats très prometteurs obtenus par Monsieur DEL ANGEL sont décrits à la référence [5].

2.4 Thèse de Damien ERNST (défendue en mars 2003)

La thèse [6] vise essentiellement à élaborer des techniques d'apprentissage par renforcement, qui ont pour objet de reconstruire de façon automatique des lois de contrôle optimal à partir de l'observation et/ou de la simulation du comportement d'un système dynamique. La thèse s'attache ensuite à montrer que ces techniques peuvent être appliquées avec succès et offrent des perspectives intéressantes dans le contexte complexe de la commande des réseaux électriques de puissance.

La thèse de M. Ernst se distingue par le fait qu'elle apporte une double contribution. Du point de vue pratique, elle investigate l'application d'un ensemble de méthodes récentes, combinant théorie des systèmes et apprentissage automatique, à la résolution systématique de problèmes de contrôle des grands réseaux électriques. Du point de vue méthodologique, elle améliore sensiblement les méthodes d'apprentissage par renforcement, en utilisant une démarche originale et efficace qui les rend plus aptes à traiter des problèmes dont l'espace d'états est infini ou très grand.

Parmi les nombreuses publications qui émanent de ces travaux nous citons les plus importantes, à savoir la référence [9] qui formalise l'application de l'apprentissage par renforcement aux problèmes de commande en boucle fermée des réseaux électriques, et les références [7] et [8] qui proposent une nouvelle approche extrêmement générale et très prometteuse pour l'apprentissage par renforcement.

2.5 Thèse de Pierre GEURTS (défendue en mai 2002)

Cette recherche [12] se situe au croisement de l'apprentissage automatique et de l'extraction de connaissances à partir de données (généralement appelée Data Mining). Plus précisément, la première partie du travail s'intéresse au compromis biais/variance en apprentissage automatique et vise à identifier des méthodes pour mieux contrôler ces deux facteurs, dans le but d'améliorer la précision, l'interprétabilité ou encore l'efficacité computationnelle des algorithmes d'apprentissage basés sur les arbres de décision. La seconde partie de la recherche s'intéresse à l'application de ces méthodes à la classification automatique de séries temporelles à partir d'un codage de bas niveau. Il s'agit d'un exemple représentatif d'une famille très large de problèmes fréquemment rencontrés en pratique et particulièrement difficiles du point de vue de l'apprentissage automatique. Dans ce contexte, l'objectif de la recherche de Monsieur Geurts est d'extraire automatiquement des règles de décision fiables et/ou interprétables à partir d'une base de données de séries temporelles.

Ces travaux sont d'une portée très générale et les nombreuses applications de l'apprentissage automatique aux réseaux électriques en bénéficient automatiquement. Par exemple, du point de vue des applications dans le domaine des réseaux d'énergie électrique la méthode des arbres aléatoires [13] est très prometteuse. Elle permet en effet de traiter des problèmes d'apprentissage supervisé (classification ou régression) lorsque le nombre de variables per-

tinentes est très élevé, c'est-à-dire là où la plupart des autres méthodes d'apprentissage automatique échouent (soit du point de vue temps de calcul, soit du point de vue précision, souvent des deux). Ceci permettra dans le cadre des applications aux réseaux électriques de traiter des problèmes où l'on ne dispose pas de l'expertise nécessaire pour être en mesure de définir un petit nombre d'attributs "pertinents".

Le travaux de recherche sur la classification de signaux complexes (signaux temporels, images) tels que ceux décrits dans les références [11] et [16] peuvent certainement aussi trouver des applications intéressantes dans les réseaux électriques.

2.6 Thèse de Cristina OLARU (défendue en octobre 2003)

Le travail de recherche de Mademoiselle OLARU [20] se situe dans le cadre de l'extraction de connaissances à partir de données et plus particulièrement de l'apprentissage supervisé. La thèse vise essentiellement à élaborer une technique d'apprentissage d'arbres de décision flous. Elle s'attache ensuite à étudier la méthode proposée et à la comparer à diverses méthodes d'apprentissage d'arbres de décision nets.

Ce travail, qui a également donné lieu à un long article dans la revue *Fuzzy sets and systems* [21], améliore significativement la précision des arbres de décision en remplaçant des seuils nets par des seuils flous, c'est-à-dire en choisissant de manière appropriée une marge d'incertitude pour chaque seuil. Cette méthode pourrait utilement remplacer les arbres de décision classiques dans un certain nombre d'applications dans le domaine des réseaux électriques. Elle préserve en effet l'interprétabilité des ces derniers, et s'avère particulièrement efficace lorsque le nombre de données disponibles est relativement faible et/ou lorsque la classe des objets possède un caractère progressif (par exemple lorsqu'elle est définie par l'intermédiaire d'une marge de stabilité qui varie progressivement).

2.7 Thèse de Raphaël MARÉE (en cours de réalisation)

Ce travail vise à développer des méthodes génériques pour la classification automatique d'images qui opèrent directement sur une représentation de bas niveau de l'image (pixels codés en niveaux de gris ou en couleur). La difficulté principale du point de vue de l'apprentissage automatique est qu'à ce niveau de description le nombre de variables qui se partagent l'information (les pixels élémentaires) peut être beaucoup plus élevé que le nombre d'images préclassées disponibles dans une base d'apprentissage.

L'approche développée combine deux idées complémentaires à savoir la segmentation d'une image en un certain nombre de sous-images utilisées pour la classer à l'aide de méthodes d'ensembles d'arbres de décision aléatoires. Les résultats obtenus sont extrêmement prometteurs [16].

2.8 Thèse de Vincent AUVRAY (en cours de réalisation)

Cette recherche porte sur l'apprentissage automatique de réseaux bayésiens (ou modèles probabilistes graphiques). Les premiers résultats obtenus concernent l'apprentissage de la structure de réseaux bayésiens en exploitant la notion de graphe essentiel qui représente une classe de réseaux bayésiens équivalents du point de vue des indépendances conditionnelles qu'ils encodent [4].

Les travaux actuellement en cours concernent l'apprentissage de structures avec variables cachées, problème mathématiquement plus complexe que le précédent et non encore résolu de manière satisfaisante à ce jour.

Bien très fondamentaux, ces travaux de recherche présentent néanmoins un grand intérêt pratique à long terme puisque les domaines d'application des modèles probabilistes graphiques sont très nombreux, notamment dans le cadre de la modélisation de systèmes complexes.

2.9 Autres travaux de recherche

Nous mentionnons ci-dessous divers autres recherches actuellement effectuées par les chercheurs de l'équipe.

2.9.1 Synthèse de contrôleurs robustes

Ces travaux évoqués dans l'article [14] concernent la combinaison de l'apprentissage par renforcement avec les méthodes classiques de synthèse de contrôleurs, dans le contexte de la stabilisation des réseaux d'énergie électrique. Cette approche vise à exploiter les avantages des deux méthodes à savoir garanties de stabilité pour les unes, adaptation automatique en fonction d'un critère de performances pour les autres.

2.9.2 Phénomènes de résonance

Le travail présenté dans la référence [3] est le fruit d'une collaboration entre un chercheur de notre équipe (Vincent AUVRAY) et le Professeur Ian DOBSON de l'Université du Wisconsin. Ce travail développe une méthode basée sur des sensibilités permettant de modifier la structure d'un lieu de valeurs propres de manière à contrôler les divers types de résonance qui peuvent se produire lors de changements de paramètres incontrôlables.

2.9.3 Simulation dynamique de marchés

Un thème de recherche très intéressant est abordé dans les références [10] et [17] qui résultent d'une collaboration entre un chercheur de notre équipe (Damien ERNST) et l'équipe du Professeur Marija ILIC de l'Université de Carnegie-Mellon. L'étude analyse les avantages et les inconvénients économiques encourus par divers acteurs dans un marché de l'énergie électrique en mettant en oeuvre dans un simulateur séquentiel des modèles dynamiques des comportements stratégiques des acteurs et en analysant une série de scénarios.

2.9.4 Développement d'un logiciel d'optimisation mixte

Il s'agit d'une recherche en collaboration avec les départements d'aéronautique de l'Université de Liège et de mécanique de l'Université Libre de Bruxelles. L'objectif est de développer un logiciel d'optimisation combinant des méthodes convexes (e.g. méthode du point intérieur) et non-convexes (e.g. algorithmes génétiques), et d'exploiter ce logiciel pour la résolution de problèmes de type OPF et d'exploitation de réseaux de distribution d'eau. Notre équipe est chargée notamment de la mise au point du module d'optimisation convexe.

3 Projets de recherche Européens

Depuis la fin de l'année 2000, l'équipe de Méthodes stochastiques a été active dans le cadre de trois projets européens (FINDER, OMASES et EXAMINE).

3.1 Projet FINDER

Ce projet de 30 mois est actuellement en cours et doit se terminer fin octobre 2004. Le projet vise à mettre au point un système automatique de contrôle de qualité pour la fabrication des réflecteurs de phares de voitures. Ce système comprend une partie robotique (manipulation des réflecteurs), une partie vision par ordinateur (acquisition et traitement d'images des surfaces réfléchissantes des réflecteurs), et un logiciel temps-réel de classification de défauts basé sur l'apprentissage automatique. Notre équipe est responsable du développement de cette dernière partie (appelée SMART).

3.1.1 Partenaires

Les autres partenaires de ce projet sont, la société Automation&Robotics (B), les sociétés Hella, Valéo et Automotive Lightning, la société I2S (Fr), l'Université de Dortmund et l'ETH de Zürich.

3.2 Projet OMASES

Le projet a été financé par le programme "Energie" de la commission européenne. Il a une durée de 30 mois et s'est achevé fin mai 2003. L'objectif de ce projet [2] a été de développer les outils nécessaires pour aider les opérateurs responsables de la gestion des réseaux de transport d'énergie électrique à maîtriser les problèmes de sécurité dynamique.

Les résultats du projet peuvent se classer en quatre catégories.

3.2.1 Plateforme OMASES

Il s'agit d'une plateforme ouverte qui permet l'intégration aisée des autres parties dans un système EMS quelconque. Elle comporte un module de chargement de données à partir des bases de données temps réel d'un EMS et de présentation de ces données dans une base de données relationnelle, partagée par les autres applications. Elle comporte également un module de pilotage des autres applications et de rapatriement de leurs résultats auprès de l'opérateur.

La plateforme OMASES fut essentiellement développée par la société ALSTOM (TDE) après spécification commune par l'ensemble de partenaires du projet.

3.2.2 Applications TSA et VSA

Il s'agit de deux modules d'analyse et de commande de la stabilité transitoire (TSA, développé en partenariat entre l'Université de Liège et Tractebel) et de tension (VSA, développé en partenariat entre l'Université de Liège et celle d'Athènes). Le premier repose sur la méthode SIME et notamment sur les algorithmes développés dans le cadre de la thèse de doctorat de D. RUIZ-VEGA. Le second repose notamment sur le logiciel ASTRE, développé par l'Université de Liège également.

Ces deux logiciels ont été en partie recodés et interfacés avec la plateforme OMASES. L'utilisation de ces outils est envisagée dans le contexte de la préparation de la conduite, de la conduite en temps-réel et de la formation des opérateurs. Les deux modules peuvent fonctionner en mode "opérateur" et en mode "ingénieur".

3.2.3 Simulateurs de réseau et de marché

Tractebel a développé un simulateur temps-réel (appelé FAST) qui fut interfacé avec la plateforme. De même, l'Université de Strathclyde a développé un simulateur de marché.

L'utilisation de ces deux outils est essentiellement envisagée dans le cadre de la formation des opérateurs.

3.2.4 Test en environnement réel

La plupart des applications ont été testées sur le réseau grec. Une plateforme complète OMASES a été installée à cette fin dans le dispatching national grec, grâce à la collaboration de HTSO.

Par ailleurs une installation partielle de la plateforme a été effectuée à CESI à Milan et testée sur le réseau national italien, notamment grâce à la collaboration de l'Université de Genova.

3.2.5 Partenaires

Les autres partenaires du projet OMASES sont les sociétés ALSTOM, TRACTEBEL, CESI et HTSO et les universités d'Athènes (NTUA), de Strathclyde et de Genova.

3.3 Projet EXAMINE

Ce projet a été financé par le programme "Information Society Technology" de la commission européenne. Il a duré 33 mois et s'est achevé fin septembre 2003. L'objectif très ambitieux de ce projet [1] a été de développer des outils et de mettre en oeuvre des nouvelles technologies pour réduire la vulnérabilité de l'infrastructure européenne de transport de l'énergie électrique.

Les travaux de R&D menés dans le projet peuvent se décliner selon deux volets, à savoir le préventif et le curatif.

3.3.1 Volet A - Préventif

Ici l'objectif des travaux fut d'améliorer la qualité des informations utilisées par les opérateurs en gestion prévisionnelle et en temps-réel pour leur prise de décision, principalement en développant une méthode de partage de l'information entre des TSOs de réseaux voisins compatible avec les contraintes de confidentialité et de performances.

L'idée développée, pour le moment limitée à une modélisation purement statique du réseau, est basée sur la mise en oeuvre d'un calcul de répartition (ou d'une estimation d'état) distribué. Ainsi, par exemple, si l'on souhaite modéliser le comportement conjoint du réseau espagnol et portugais, il suffit d'installer un calcul de répartition distribué sur deux noeuds, à savoir un noeud localisé près du dispatching national portugais et calculant l'état de ce réseau, et un noeud situé près du dispatching national espagnol et calculant l'état de ce

réseau. Les deux noeuds échangent de l'information en temps réel concernant les flux et/ou tensions aux noeuds frontière, de telle manière que les calculs effectués donnent les mêmes résultats que donnerait un seul calcul couvrant les deux réseaux.

3.3.2 Volet B - Curatif

Le volet curatif du projet vise à exploiter des systèmes de mesures en temps-réel (notamment des phaseurs synchronisés) et des systèmes performants de télécommunication pour développer une approche en boucle fermée pour la commande curative des réseaux vis-à-vis des tous les phénomènes redoutables, rapides ou lents, angulaires ou de tension. . Il s'agit de développer des méthodes robustes pour la mise au point des plans de défense.

Les travaux de notre équipe se sont focalisés sur le développement d'algorithmes de commande curative, et en particulier pour le rejet de production. Ces travaux font appel à la méthode E-SIME et aux recherches menées dans le cadre de la thèse de M. DEL ANGEL. L'algorithme développé a été couplé avec le simulateur du réseau SICRE (développé par CESI) et testé sur un certain nombre de scénarios, prenant en compte aussi les erreurs de mesure et les délais réels de transmission. Nous avons également travaillé dans ce projet sur l'utilisation de l'apprentissage par renforcement pour la mise au point d'algorithmes de commande curative.

L'Université de Genova a quant à elle travaillé sur le thème de la stabilité de tension.

3.3.3 Analyse de "dépendabilité"

Une partie non négligeable des travaux du projet a consisté à étudier la "dépendabilité" du système complet comprenant capteurs, télécommunications, algorithmes et actuateurs.

Cette analyse porte à la fois sur le volet curatif et sur le volet préventif, même si c'est surtout le premier qui est critique dans ce contexte. Ce travail a été principalement réalisé par l'Université de Milan avec le support de l'ensemble des partenaires.

3.3.4 Partenaires

Les autres partenaires du projet EXaMINE sont les sociétés REE, GRTN, AIA et SEMA-SCHLUMBERGER, et les universités de Milan et de Genova.

4 Autres collaborations avec l'industrie

Su les deux dernières années, les projets européens ont été notre principal canal de collaboration avec l'industrie. Nous reprenons ci-dessous des collaborations importantes qui ne rentrent pas dans ce cadre.

4.1 Spin-off PEPITe

L'année 2002 a vu naître une nouvelle entreprise, la Spin-Off PEPITe du service de Méthodes stochastiques. Celle-ci est responsable du développement et de la commercialisation du logiciel PEPITo de data mining développé dans notre équipe, et des études industrielles de data mining.

Les collaborations entre cette équipe, actuellement composée de cinq ingénieurs, et notre service sont permanentes.

Nous invitons le lecteur intéressé à consulter le site web à l'adresse www.pepite.be.

4.2 ELIA

Il s'agit d'une recherche qui vise à mettre au point une nouvelle méthodologie de planification des réseaux de transport. Elle est basée sur la simulation de scénarios de fonctionnement sur une durée de plusieurs années prenant en compte les incertitudes macroscopiques aussi bien que les aléas d'exploitation. La base de données est ensuite exploitée par les méthodes de data mining. La méthodologie est décrite à la référence [25].

4.3 Hydro-Québec

La collaboration avec Hydro-Québec porte ces dernières années sur la mise en oeuvre des méthodes de data mining pour l'amélioration de la sécurité du système électrique du Québec. Cela concerne aussi bien l'analyse de la sécurité en mode préventif que la commande en mode d'urgence.

En particulier, la référence [15] relate les premiers résultats concernant l'optimisation du dispositif RPTC (rejet de production et télédélestage de charge) relatif au couloir Churchill Falls. Cette étude a donné lieu à une modification des critères d'exploitation du RPTC. D'autres études sont en cours concernant d'autres configurations et d'autres couloirs du système. L'ensemble de ces travaux font appel au logiciel de data mining PEPITo.

Dans le cadre de l'analyse de sécurité en mode préventif, nous avons participé en tant que conseiller externe au projet PRECARN POSSIT. Ce projet concerne la mise au point d'un système intelligent d'aide à la décision pour l'optimisation de la sécurité des réseaux électriques. Il est fondé sur la mise en oeuvre de l'apprentissage automatique pour exploiter des bases de données de résultats de simulations numériques du comportement d'un réseau électrique soumis à diverses perturbations. Les partenaires de ce projet sont l'Ireq, Power Tech Labs et l'Alberta Research Council.

Références

- [1] Projet européen examine. <http://examine.ree.es/>. Rapport de synthèse en cours d'approbation.
- [2] Projet européen omases. <http://omases.alstom.fr/>. Rapport de synthèse en cours d'approbation.
- [3] V. Auvray, I. Dobson, and L. Wehenkel. Modifying eigenvalue interactions near weak resonance. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 2004.
- [4] V. Auvray and L. Wehenkel. On the construction of the inclusion boundary neighbourhood for markov equivalence classes of bayesian network structures. In *Proceedings of the 18th Conference in Uncertainty in Artificial Intelligence*, 2002.
- [5] A. Del Angel, M. Glavic, and L. Wehenkel. Using artificial neural networks to estimate rotor angles and speeds from phasor measurements. In *Proceedings of Intelligent Systems Applications to Power System*, 2003.
- [6] D. Ernst. *Near optimal closed-loop control : application to electric power systems*. PhD thesis, University of Liège - Electrical Engineering and Computer Science, 2003.
- [7] D. Ernst, P. Geurts, and L. Wehenkel. Iteratively extending time horizon reinforcement learning. In *Proceedings of the 14th European Conference on Machine Learning*, LNCS - Springer Verlag, 2003. (12 pages).
- [8] D. Ernst, P. Geurts, and L. Wehenkel. Supervised learning based reinforcement learning. *Submitted*, 2003. (36 pages).
- [9] D. Ernst, M. Glavic, and L. Wehenkel. Power systems stability control : reinforcement learning framework. *IEEE Transactions on Power Systems*, February, 2004.
- [10] D. Ernst, A. Minoia, and M. Ilic. Market dynamics driven by the decision-making of power producers. *Submitted for publication*, 2003.
- [11] P. Geurts. Classification of time series using temporal decision trees. In *Proceedings of PKDD02*, 2002.
- [12] P. Geurts. *Contributions to decision tree induction : bias/variance tradeoff and time series classification*. PhD thesis, University of Liège - Electrical Engineering and Computer Science, 2002.
- [13] P. Geurts, D. Ernst, and L. Wehenkel. Extremely randomized trees. *To be submitted*, 2004.
- [14] M. Glavic, D. Ernst, and L. Wehenkel. Combining a stability and a performance oriented control in power systems. *Submitted*, 2003.
- [15] J. Huang, S. Harrison, G. Vanier, A. Valette, and L. Wehenkel. Application of data mining to optimize settings for generator tripping and load shedding system in emergency control at hydro-québec. *COMPEL, The Int. J. for Comp. and Math. in Electrical and Electronics Engg*, 23(1), 2004.
- [16] R. Marée, P. Geurts, J. Piater, and L. Wehenkel. A generic approach for image classification based on decision tree ensembles and local sub-windows. In *Proceedings of ACCV04*, 2004.
- [17] A. Minoia, D. Ernst, and M. Ilic. Market dynamics driven by the decision-making of both power producers and transmission owners. *Submitted for publication*, 2003.

- [18] A. N'Guessan. *Implémentation d'un logiciel de filtrage et de commande de la stabilité transitoire fonctionnant en temps réel et utilisant un processus distribué*. PhD thesis, University of Liège - Electrical Engineering and Computer Science, 2003.
- [19] A. N'Guessan, M. Pavella, and L. Wehenkel. An implementation of on-line transient stability screening and control using distributed processing. In *Proceedings of Intelligent Systems Applications to Power Systems*, 2003.
- [20] C. Olaru. *Contributions to automatic learning : soft decision tree induction*. PhD thesis, University of Liège - Electrical Engineering and Computer Science, 2003.
- [21] C. Olaru and L. Wehenkel. A complete fuzzy decision tree technique. *Fuzzy Sets and Systems*, 138 :221–254, 2003.
- [22] D. Ruiz-Vega. *Dynamic security assessment and control : transient and small signal stability*. PhD thesis, University of Liège - Electrical Engineering and Computer Science, 2002.
- [23] D. Ruiz-Vega and M. Pavella. A comprehensive approach to transient stability control : part 1 - near optimal preventive control. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(4) :1446–1453, 2003.
- [24] D. Ruiz-Vega and M. Pavella. A comprehensive approach to transient stability control : part 2 - open loop emergency control. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(4) :1454–1460, 2003.
- [25] S. Vassena, P. Mack, P. Rousseaux, C. Druet, and L. Wehenkel. A probabilistic approach to power system network planning under uncertainties. In *Bologna Power Tech*, 2003.