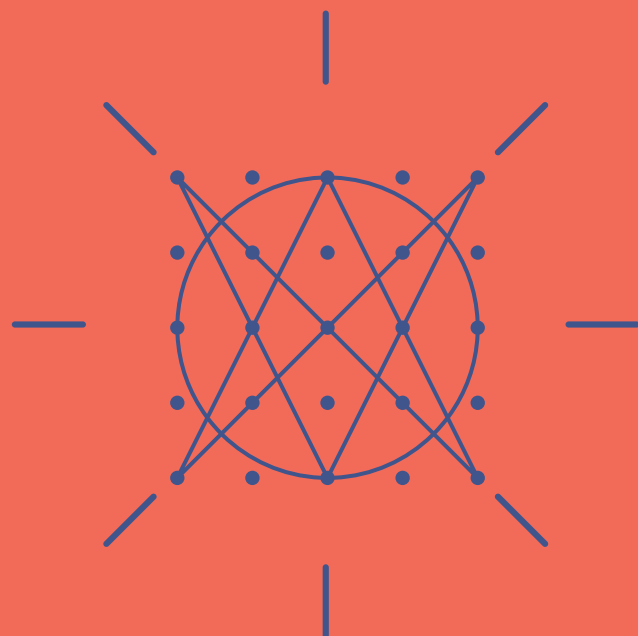


50 ANS DE RECHERCHE À DAUPHINE :
HIER, AUJOURD'HUI ET DEMAIN

50 YEARS OF RESEARCH IN DAUPHINE:
YESTERDAY, TODAY AND TOMORROW

1968 / 2019





Bruno Bouchard

Vice Présidente du Conseil Scientifique

50 ans quis maximusant quis dolorei usdanim volentet aut voluptatur atur arcisite numquas aut hilles ulles dolum ipidunt. Videnimus ene venia volupta tiosae vero berovidescim volupta quatur, aut et esequi natusciae expe nihic tem dolupid eumquis vent, ommolecum, nimporp oreprae con pa volores veres pliam sim anducid maiorpos doluptatem fugitendite etusant faciundit quiassi atquatis eosam aliaspi desere omnim ad evellac iantiscit mos alitiis dolla voluptiis dolores commodit explautet velite. Volo beaquunt, simus es moluptate qui ditas volo cus sitatibus prat lorem ipsum. Uga. Ut as ulpa estempostem qui tet qui dolorrovit quiae list, nimus ea cupieni militiumet vent ant, occae corepra essed quis eaquide rovitibus, si in por ratur alis aut que none volupta tiorporum dollaccum rescien ectemod molupta tqum, as a quianie ndebis vendio acil et aut ut delendunt everae enihiti offic tentiossitas nistion seqion everum et quistio te por solendio. Nequas ra cuptaon everum et quistio te por solendio. Nequas ra cuptae et ut quis quidi ne num res dolenis nonsernat fuga. Invelia parum es ad eum doluptate vellat lia num eligenis mi, velesedi audae nobis dolut qui omnis et liquis nus magni omnis que illaborite dolorrum asitatinum e et ut quis quidi ne num res dolenis nonsernat fuga. Invelia parum es ad eum doluptate vellat officia as et mint mos nonet quis utempos simeturem et, ut lia num eligeni.

Avant-propos

maximusant quis dolorei usdanim volentet aut voluptatur atur arcisite numquas aut hilles ulles dolum ipidunt. Videnimus ene venia volupta tiosae vero berovidescim volupta quatur, aut et esequi natusciae expe nihic tem dolupid eumquis vent, ommolecum, nimporp oreprae con pa volores veres pliam sim anducid maiorpos doluptatem fugitendite etusant faciundit quiassi atquatis eosam aliaspi desere omnim ad evellac iantiscit mos alitiis dolla voluptiis dolores commodit explautet velite. Volo beaquunt, simus es moluptate qui ditas volo cus sitatibus prat lorem ipsum. Uga. Ut as ulpa estempostem qui tet qui dolorrovit quiae list, nimus ea cupieni militiumet vent ant, occae corepra essed quis eaquide rovitibus, si in por ratur alis aut que none volupta tiorporum dollaccum rescien ectemod molupta tqum, as a quianie ndebis vendio acil et aut ut delendunt everae enihiti offic tentiossitas nistion seqion everum et quistio te por solendio. Nequas ra cuptaon everum et quistio te por solendio. Nequas ra cuptae et ut quis quidi ne num res dolenis nonsernat fuga. Invelia parum es ad eum doluptate vellat lia num eligenis mi, velesedi audae nobis dolut qui omnis et liquis nus magni omnis que illaborite dolorrum asitatinum e et ut quis quidi ne num res dolenis nonsernat fuga. Invelia parum es ad eum doluptate vellat officia as et mint mos nonet quis utempos simeturem et, ut lia num eligeni.



Ivar Ekeland

Mathématicien français

En 1968 le général de Gaulle retire la France du dispositif militaire de l'OTAN. L'organisation abandonne alors ses installations en France et se retire en Belgique. Son siège, situé porte Dauphine à Paris, et son quartier général, le SHAPE, situé à Voluceau, près de Versailles, retournent au gouvernement français. L'un deviendra un centre universitaire expérimental, la future Université Paris-Dauphine, l'autre deviendra l'IRIA, l'Institut de Recherches en Informatique, qui plus tard sera rebaptisée INRIA. La personne qui sera chargée du dossier au Ministère de l'Education Nationale est Pierre Tabatoni, juriste de formation, futur recteur de l'Académie de Paris, personnalité ouverte et charismatique. C'est lui qui assignera au nouvel établissement sa mission : enseigner la gestion en milieu universitaire.

À l'époque, la gestion était enseignée dans les grandes écoles de commerce et dans le réseau des IAE (Institut d'Administration des Entreprises). L'idée de Tabatoni était que la gestion était une discipline carrefour, qui avait ses techniques propres certes, mais que celles-ci ne pouvaient intervenir que sur des socles bâtis sur d'autres disciplines, l'économie, le droit, les mathématiques, la sociologie, et que la qualité de l'ensemble dépendait de la qualité des fondations. On voyait donc se dessiner une structure nouvelle, du moins en France, où les disciplines fondamentales bénéficiaient d'une large autonomie et avaient la maîtrise du premier cycle, la formation à la gestion ne commençant qu'en second cycle.

Cette idée, Tabatoni l'avait depuis longtemps, et il la mettait en œuvre avec ténacité. Il avait compris l'importance que prenaient les méthodes quantitatives de gestion, qui nous arrivaient des États-Unis sous le nom de recherche opérationnelle, et il

Préface

voulait que la France développe sa propre compétence dans le domaine. Il avait compris également que la formation à la gestion se situerait dorénavant dans un cadre international, et que les nouvelles règles du jeu seraient celles qui avaient cours aux États-Unis, où la réputation des formations reposait en grande partie sur la réputation des enseignants, mesurée par la qualité de leur recherche, elle-même évaluée par leurs publications dans des revues et la reconnaissance de leurs pairs. Tout le monde n'était pas de cet avis : il y avait en France une forte tradition qui considérait la gestion comme un art plutôt qu'une science, et qu'un professeur se devait de former des étudiants plutôt que de publier. Mais patiemment Tabatoni mettait ses pions en place. Successivement, il créait une agrégation de gestion, distincte de l'agrégation d'économie, et il mettait un mathématicien, Alain Bensoussan, au jury ; il créait la FNEGE (Fondation Nationale pour l'Enseignement de la Gestion), qui devait fournir à nombre de thésards l'occasion d'aller se former aux États-Unis ; enfin, il lançait à Bruxelles l'Institut Européen du Management, qui allait permettre les contacts entre les chercheurs européens.

Ainsi, la création de l'Université Paris-Dauphine s'insérait dans une politique parfaitement cohérente, où l'incitation à la recherche et l'ouverture internationale tenaient une large place, sans être explicitement mentionnées. Pour cela, Tabatoni, en bon adepte du management, faisait confiance au jeu des institutions. Pour commencer, la création d'une nouvelle université sur la place de Paris fut un gigantesque appel d'air, qui aspira les personnalités les plus diverses, professeurs qui ne supportaient plus leurs collègues ou qui voulaient se rapprocher du centre de Paris, assistants ...

... ou maîtres-assistants qui fuyaient les mandarins des universités parisiennes et qui ne se doutaient pas qu'ils allaient les retrouver à Dauphine, mais aussi un certain nombre de personnes qui allaient adhérer au nouveau projet. Parmi eux, il y avait les scientifiques, mathématiciens et informaticiens, pour lesquels les nouvelles règles, publications en anglais et concurrence internationale, étaient déjà anciennes, et qui allaient profiter de l'autonomie qui leur était reconnue au sein de leurs UER respectives pour les mettre pleinement en œuvre. Il y avait aussi certains gestionnaires, spécialistes de marketing, groupés initialement autour de Sylvain Wickham, puis de Bernard Pras et d'Alain Thiétart, et quelques personnalités en économie, dont le chef de file était Pierre-Marie Larnac.

Dès le début de l'Université, les centres de recherche étaient apparus. Il y avait une poussière de petits centres, dont certains n'étaient guère qu'une coquille vide pour capturer des contrats de recherche ou de la taxe d'apprentissage, mais aussi quelques grands centres qui abritaient des groupes de recherche actifs. Les statuts de l'Université prévoyaient aussi la création d'un Conseil Scientifique qui, au fil des années, devait s'imposer comme un acteur essentiel de la vie de l'établissement. Sa composition et ses missions en firent rapidement le lieu de rencontre des diverses disciplines, l'endroit où elles pouvaient se rencontrer et faire connaissance loin des débats politiques et des affrontements du Conseil d'Administration. Profitant de cette influence, et de pouvoirs budgétaires qui, fort restreints au début, devaient s'étendre par la suite, le Conseil Scientifique devait permettre à l'Université de définir et de mettre en œuvre une véritable politique scientifique. Je considère qu'il s'agit d'un

avantage comparatif majeur pour Dauphine, vis-à-vis notamment des universités étrangères : dans aucun des établissements où j'ai travaillé, aux États-Unis ou au Canada, je n'ai constaté l'existence d'un organe analogue, la politique scientifique se résumant à encaisser les crédits de recherche nationaux ou fédéraux et à en prélever une partie au passage (overhead).

Tout ceci se fit par étapes. On parlait d'une situation où les laboratoires n'avaient d'autre ressource que celles qu'ils pouvaient glaner à l'extérieur, principalement sous forme de contrats, et il n'était pas question de redistribution. Il y eut d'abord l'influence du CNRS : en dehors du soutien CNRS, sous forme de crédits (toujours faibles) ou de personnel (beaucoup plus significatif), les équipes reconnues bénéficiaient d'une reconnaissance extérieure qui n'était pas sans effet au sein de l'établissement. Il y eut ensuite les incitations gouvernementales. Le ministère demanda que les crédits attribués à l'établissement au titre de la recherche soient en partie fléchés vers les laboratoires reconnus par le CNRS. Vint ensuite le BQR, autre partie des crédits qu'il revenait au Conseil Scientifique de répartir entre les laboratoires au titre de la qualité de la recherche. Celui-ci se trouvait désormais investi d'un véritable pouvoir, et il sut le gérer efficacement, en établissant des clés de répartition qui allaient diffuser au sein des diverses disciplines, et les faire finalement converger vers la vision de Pierre Tabatoni bien des années auparavant.

Cinquante ans plus tard, où en sommes-nous ? En matière de recherche, l'Université Paris-Dauphine joue dans la cour des grands. Elle s'enorgueillit d'une médaille Fields (Pierre-Louis Lions, 1994), d'un prix Abel (Yves Meyer, 2017, pour des travaux menés lorsqu'il était en poste à Dauphine,

1985-1995), et elle abrite plusieurs Chaires de Recherche sur les problèmes contemporains, notamment le réchauffement climatique, qui font autorité sur le plan national. Elle a été au premier rang lors de la transformation de la finance de marché, quand les méthodes mathématiques de couverture ont permis d'évaluer des produits dérivés. Cela a commencé par des conversations de couloir entre Jean-Michel Lasry et Bertrand Jacquillat, et très vite cela s'est transformé en un véritable dialogue entre mathématiciens et financiers, où chacun, conservant sa propre identité (il n'a jamais été question de fusionner les DEA ou les masters), profitait de la compétence de l'autre pour alimenter sa recherche et orienter ses enseignements. Un dialogue semblable s'est instauré entre économistes et mathématiciens, dans les premiers temps par l'intermédiaire de Pierre-Marie Larnac, et plus tard de manière beaucoup plus générale. Qu'il me suffise de rappeler que nombre d'économistes, parmi les plus en vue, sont passés par Dauphine, et ont bénéficié de cette double compétence, tels Jean-Jacques Laffont, Jean-Charles Rochet, ou Pierre-Yves Geoffard.

La génération des fondateurs, Jean-Pierre Aubin, Alain Bienaymé, Alain Cotta, Bernard Roy, s'est aujourd'hui effacée, et avec eux les élèves et les collègues qu'ils avaient entraînés dans l'aventure dauphinoise. Il faut leur rendre hommage, car ils n'auraient eu aucun mal à l'abandonner en cours de route pour une université plus prestigieuse, en France ou à l'étranger. Mais, ils sont restés jusqu'au bout et ils ont fait d'un centre expérimental, où les étudiants n'allaient qu'à reculons, un établissement de classe internationale. Certains de ces centres de recherche existent depuis la fondation et portent la même idée qui, neuve à l'époque, l'est toujours aujourd'hui :

le CEREMADE, l'idée que les mathématiques peuvent contribuer à la prise de décision, le LAMSADE, l'idée qu'en matière informatique, l'interface avec l'homme est aussi importante que l'algorithme. D'autres centres sont apparus et témoignent de la vitalité des nouvelles générations. Citons particulièrement la sociologie et le droit qui, mal lotis lors de la fondation de l'Université, puisqu'ils n'ont pas été abrités dans une UER propre, se sont peu à peu imposés par la qualité de leur recherche. Les problèmes fondamentaux auxquels nous sommes confrontés, ont changé depuis cinquante ans, la population jeune et l'économie en expansion de 1968 ont cédé la place à une société vieillissante soumise à la concurrence internationale, mais dotée par la révolution numérique de moyens absolument nouveaux.

Souhaitons que la recherche universitaire en prenne toute la mesure !

I.E.

9
LA RECHERCHE
DAUPHINOISE
D’HIER
À AUJOURD’HUI
LA RECHERCHE
DAUPHINOISE
D’HIER À
AUJOURD’HUI

10
L'émergence de la recherche
comptable en France
L'émergence de la recherche
comptable en France

13
La Recherche en Finance à
l’Université Paris-Dauphine,
1980-2000
La Recherche en Finance à
l’Université Paris-Dauphine,
1980-2000

16
L'émergence et le
développement de la recherche
en marketing et stratégie à
Dauphine
L'émergence et le
développement de la recherche
en marketing et stratégie à
Dauphine

20
Bernard Roy : parcours et
ruptures
Bernard Roy : parcours et
ruptures

23
Modélisation des préférences :
la base de la prise de décision
Modélisation des préférences :
la base de la prise de décision

27
Aide Multicritère à la Décision
Aide Multicritère à la Décision

SOMMAIRE

31
Couvrir l'espace entre
Recherche Opérationnelle et
Informatique Fondamentale :
l'Optimisation Combinatoire
Couvrir l'espace entre
Recherche Opérationnelle et
Informatique Fondamentale :
l'Optimisation Combinatoire

35
Les Versions de Bases de
Données
Les Versions de Bases de
Données

38
Cryptage et clés perdues : la
sécurité des Bases de Données
Cloud
Cryptage et clés perdues : la
sécurité des Bases de Données
Cloud

42
Des percées en traitement
d’images : EDP et méthodes
variationnelles 218
Des percées en traitement
d’images : EDP et méthodes
variationnelles 218

45
Equation de Boltzmann,
solutions renormalisées et
lemmes de moyenne
Equation de Boltzmann,
solutions renormalisées et
lemmes de moyenne

49
L'invention des solutions
de viscosité : une percée
historique dans le domaine des
équations de Hamilton-Jacobi
L'invention des solutions
de viscosité : une percée
historique dans le domaine des
équations de Hamilton-Jacobi

52
Vladimir Arnold, les
mathématiques et Paris-
Dauphine : un détour par la
mécanique céleste, et le pliage
des espaces sur un autre...
Vladimir Arnold, les
mathématiques et Paris-
Dauphine : un détour par la
mécanique céleste, et le pliage
des espaces sur un autre...

55
Deux miracles au CEREMADE !
Deux miracles au CEREMADE !

56
Le principe variationnel dont je
porte le nom
Le principe variationnel dont je
porte le nom

59
L'économie mathématique à
Dauphine
L'économie mathématique à
Dauphine

62
La création d'un lieu de débat
énergétique inédit
La création d'un lieu de débat
énergétique inédit

65
L'économie organisée de
marché vue par Alain
Bienaymé

68
Le laboratoire d'économie et de
gestion des organisations de
santé (LEGOS) - 1973-2000
Le laboratoire d'économie et de
gestion des organisations de
santé (LEGOS) - 1973-2000

71
Le retour de la science
économique dans les sciences
sociales - Depuis Marc
Guillaume, Jacques Attali,...
Le retour de la science
économique dans les sciences
sociales - Depuis Marc
Guillaume, Jacques Attali,...

74
Travail et Société
Travail et Société

77
La sociologie urbaine
La sociologie urbaine

80
Jean Baudrillard et Lucien
Sfez : Penser contre !
Jean Baudrillard et Lucien
Sfez : Penser contre !

83
Innovation et nouvelles
technologies de l'information
et de la communication : les
précurseurs
Innovation et nouvelles
technologies de l'information
et de la communication : les
précurseurs

86
Concevoir « le droit de la
régulation » à Dauphine
Concevoir « le droit de la
régulation » à Dauphine

89
À quoi sert la régulation ?
L'exemple de l'aménagement
numérique du territoire.
À quoi sert la régulation ?
L'exemple de l'aménagement
numérique du territoire.

92
Entreprendre et réduire les
risques sur son patrimoine
privé
Entreprendre et réduire les
risques sur son patrimoine
privé

96
Itinéraire d'un chercheur gâté
Itinéraire d'un chercheur gâté

99
LA RECHERCHE
DAUPHINOISE
DE DEMAIN
LA RECHERCHE
DAUPHINOISE
DE DEMAIN

100
La finance numérique
et les fintech : quelles
perspectives pour la recherche
dauphinoise ?
La finance numérique et les
fintech : quelles perspectives
pour la recherche dauphinoise ?

103
L'économie collaborative, une
opportunité pour répondre à
des enjeux environnementaux
et sociaux ?
L'économie collaborative, une
opportunité pour répondre à
des enjeux environnementaux
et sociaux ?

106
Innovation managériale,
fondamentaux du management
et invariance
Innovation managériale,
fondamentaux du management
et invariance

109
La recherche en Management :
les promesses de l'art.
La recherche en Management :
les promesses de l'art.

112
L'entreprise au XXIème siècle :
refaire société
L'entreprise au XXIème siècle :
refaire société

117
L'avenir du travail entre
automatisation et ubérisation :
la preuve au-delà des
fantasmes
L'avenir du travail entre
automatisation et ubérisation :
la preuve au-delà des
fantasmes

120
Finance et société
Finance et société

124
Dix ans de recherche en
éducation
Dix ans de recherche en
éducation

128
Emergence et essor des études
de genre
Emergence et essor des études
de genre

132
Politisations comparées et
mobilisations : processus
électoraux, mouvements
contestataires et crises
politiques
Politisations comparées et
mobilisations : processus
électoraux, mouvements
contestataires et crises
politiques

136
Responsabilité sociale des
entreprises et gouvernement
des risques
Responsabilité sociale des
entreprises et gouvernement
des risques

140
Policy Analytics : Aide à la
décision dans la conception, la
mise en œuvre et l'évaluation
des politiques publique
Policy Analytics : Aide à la
décision dans la conception, la
mise en œuvre et l'évaluation
des politiques publique

144
Théorie des jeux et choix social
computationnel
Théorie des jeux et choix social
computationnel

148
Construction automatique
d'applications Internet
complexes
Construction automatique
d'applications Internet
complexes

152
La quête du Graal en
informatique théorique et
le chemin tortueux de la
complexité paramétrée y
menant
La quête du Graal en
informatique théorique et
le chemin tortueux de la
complexité paramétrée y
menant

156
Jeu de Go, Shogi, Sudoku : les
"champions du monde" de la
Recherche Monte-Carlo
Jeu de Go, Shogi, Sudoku : les
"champions du monde" de la
Recherche Monte-Carlo

159
Intelligence Artificielle
Intelligence Artificielle

163
La justice prédictive
La justice prédictive

167
Les juristes dauphinois et la
blockchain
Les juristes dauphinois et la
blockchain

171
La régulation économique
sectorielle, à la croisée des
disciplines
La régulation économique
sectorielle, à la croisée des
disciplines

174
La recherche dauphinoise en
droit patrimonial : l'exemple
de la protection internationale
de la réserve héréditaire
française
La recherche dauphinoise en
droit patrimonial : l'exemple
de la protection internationale
de la réserve héréditaire
française

178
Les juristes dauphinois et le
droit international
Les juristes dauphinois et le
droit international

182
Les recherches sur les
migrations au sein de l'équipe
DIAL
Les recherches sur les
migrations au sein de l'équipe
DIAL

186
L'Économie et la gestion de la
Santé à Dauphine
L'Économie et la gestion de la
Santé à Dauphine

190
La création d'un lieu de débat
énergétique inédit
La création d'un lieu de débat
énergétique inédit

194
Interactions entre joueurs :
l'invention des jeux à champs
moyen
Interactions entre joueurs :
l'invention des jeux à champs
moyen

198
La théorie du transport
optimal
La théorie du transport
optimal

202
De la mesure de l'irréversibilité
en physique à celle des taux
optimaux de convergence
De la mesure de l'irréversibilité
en physique à celle des taux
optimaux de convergence

206
La matière à l'échelle
microscopique : Analyse
non linéaire et mécanique
quantique
La matière à l'échelle
microscopique : Analyse
non linéaire et mécanique
quantique

210
Mathématiques de l'aléatoire et
physique statistique
Mathématiques de l'aléatoire et
physique statistique

214
Statistique Bayésienne et
Méthodes de Monte-Carlo
Statistique Bayésienne et
Méthodes de Monte-Carlo

216
LES CENTRES
DE RECHERCHE
DE DAUPHINE
LES CENTRES DE
RECHERCHE DE
DAUPHINE

SUMMARY



50 ANS DE RECHERCHE : IER, AUJOURD'HUI ET DEMAIN

25

PARIS-DAUPHINE



La recherche dauphinoise d'hier à aujourd'hui

Dauphinoise research from
yesterday to today

26



Des percées en traitement d’images : EDP et méthodes variationnelles

Breakthroughs in image processing: EDP and variational methods

We give a brief overview of some trends of research at CEREMADE in Image Processing that started about 30 years ago with pioneering work in PDEs and variational methods for Image Processing. This involved thorough study of the Mumford-Shah image segmentation energy minimization, axiomatization of Image processing for image denoising, important contributions to active contour models, Elastic deformable curves and surfaces for segmentation, and geodesic methods. Among the various applications, medical image analysis has been an important motivation that lead to many new methods, with many collaborations with hospital and industry.

↓ Le traitement d’images numériques est une discipline qui a démarré dans les années 1970 à une époque où les moyens informatiques étaient bien pauvres. Cependant les bases de ce domaine ont été posées et de nombreux algorithmes proposés pour les principales problématiques : détection de contours, segmentation, amélioration d’images, ... Les méthodes proposées étaient fondées sur du bon sens et des algorithmes astucieux, mais souvent, elles manquaient de bases mathématiques solides. En 1983, A. Witkin introduisait le Scale Space, « l’espace échelle », représentation d’un signal ou d’une image d à différentes échelles basée sur l’équation de la chaleur :

∂u / ∂t = Δu, u(0) = d

Faire évoluer une image selon l’équation de la chaleur, du fait de son très fort effet régularisant et de diverses propriétés liées au principe du maximum, permet d’obtenir une version où les détails disparaissent progressivement, rendant une image de plus en plus floue. C’est très intéressant pour la recherche de contours. L’équation de la chaleur a eu par la suite une importance primordiale en traitement d’images.

En 1985, lors du grand congrès de vision par ordinateur CVPR, D. Mumford et J. Shah proposent une méthode de minimisation de fonctionnelle pour résoudre le problème de segmentation d’images. Segmenter une image signifie diviser son domaine en régions, chacune correspondant à un objet présent dans l’image. L’idée est d’approcher une image donnée d, définie sur un domaine R, par une image u, régulière par morceaux, et admettant des discontinuités sur un ensemble de bords B. Ceci est obtenu par la minimisation de l’énergie suivante, dite de Mumford et Shah :

∂u / ∂t = Δu, u(0) = d

Le coefficient α donne une pondération entre le terme de fidélité à l’image d et le terme régularisant. Le dernier terme est une mesure de l’ensemble B des bords, c’est une pénalité empêchant que ces bords soient trop nombreux. Ainsi l’ensemble des bords est une variable du problème, et la minimisation permet d’obtenir la segmentation en régions. Ce problème de minimisation a passionné de nombreux mathématiciens qui se sont orientés vers le traitement d’images. En particulier, au CEREMADE, Jean-Michel Morel (à Dauphine de 1984 à 1997) a proposé de nombreux résultats théoriques et algorithmes concernant la minimisation de cette énergie. Ainsi, dans les années 1990 est né un mouvement dans des laboratoires de mathématiques du monde entier, avec le CEREMADE à sa tête, vers une formulation rigoureuse des problèmes de traitement d’images, nommé parfois le Traitement Mathématique des Images. Cela allait conduire, en collaboration avec Pierre-Louis Lions (au CEREMADE depuis 1981) à une étude systématique des équations aux dérivées partielles pour l’amélioration

d’images et le débruitage, posant ainsi les « axiomes et équations fondamentales du traitement d’images »1. Ainsi l’espace échelle classique avec l’équation de la chaleur a trouvé une nouvelle version affine, Affine Morphological Scale Space (AMSS), avec l’équation d’évolution suivante :

∂u / ∂t = Δu, u(0) = d

Ce type d’approche permet de faire évoluer une image en la lissant de plus en plus, mais en évitant de la rendre trop floue.

F.3

MODÈLES DÉFORMABLES ELASTIQUES

Toujours dans le cadre de la minimisation d’une fonctionnelle d’énergie pour la segmentation, Kass, Witkin et Terzopoulos ont introduit à la fin des années 1980 les modèles déformables et contours actifs. Il s’agit de trouver le contour d’un objet de l’image en faisant évoluer une courbe régulière pour minimiser une énergie. Cette fonctionnelle comprend des termes régularisants ainsi qu’un terme P d’attraction vers les contours de l’image :

∂u / ∂t = Δu, u(0) = d

Cela modélise une courbe élastique qui se déforme pour aller chercher les bords d’un objet dans l’image. Ces modèles ont été introduits au moment où les images médicales 2D ou 3D commençaient à être produites et traitées sous forme numérisée. L’utilisation des modèles déformables élastiques de courbes en 2D ou de surfaces en 3D est particulièrement adaptée à l’analyse des structures déformables dans les images biomédicales car ce sont des formes régulières et le modèle peut suivre automatiquement le mouvement ou la déformation, par exemple en imagerie cardiaque. Nous avons contribué à de nombreuses variantes et améliorations de ces modèles déformables, en partie avec le projet d’imagerie médicale de Nicholas Ayache à l’INRIA, par exemple le modèle de ballon ou l’extension à des modèles de surfaces déformables 3D par éléments finis1. Le contour actif ballon étant résolu par l’évolution d’une courbe plane, plusieurs équipes, dont le CEREMADE en premier, ont proposé une résolution de cette évolution par la méthode des ensembles de niveaux (level sets). Cette méthode considère la courbe C comme l’ensemble de niveau 0 d’une fonction u définie sur le domaine de l’image. Faire évoluer u est plus stable numériquement et permet des changements de topologie. Ainsi la courbe définie comme l’ensemble de niveau 0 de u peut naturellement pendant son évolution se diviser en plusieurs courbes ou, au contraire, deux courbes se fusionner.

...

Figure 3 Mumford-Shah : de gauche à droite, original, résultat et bords



2 Alvarez, Guichard, P.-L. Lions, and J.-M. Morel. Axioms and fundamental equations of image processing. Archive for rational mechanics and analysis, 1993.

3 L.D. Cohen and I. Cohen. Finite element methods for active contour models and balloons for 2D and 3D images. IEEE PAMI 1993

Figure 4
Evolution de gauche à droite des Contours Actifs Non Locaux pour trouver les contours.

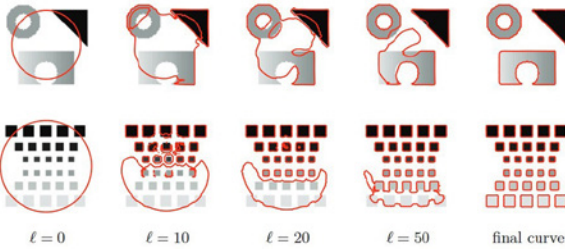
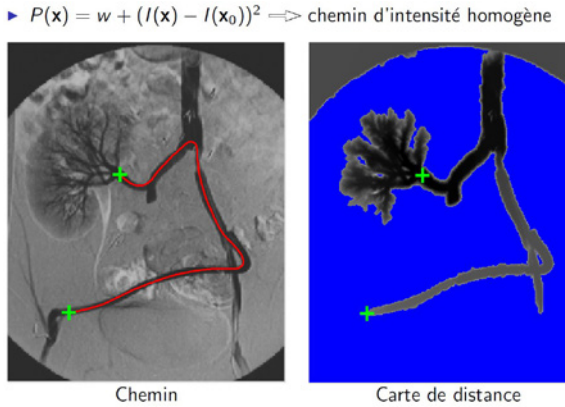


Figure 5
Evolution de gauche à droite des Contours Actifs Non Locaux pour trouver les contours.



...

Cela a conduit un peu plus tard à la méthode de référence des Contours Actifs Géodésiques² où la résolution de l'équation d'évolution en temps t de la courbe C paramétrée par son abscisse curviligne s :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \Delta u, u(0) = d$$

est remplacée par l'équation d'évolution de la fonction u :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \Delta u, u(0) = d$$

où $\mathbf{n}$ est le vecteur normal unitaire à la courbe, κ la courbure, et F la force ballon. Avec Gabriel Peyré (au CEREMADE de 2006 à 2016), nous avons introduit en 2012 de nouveaux contours actifs : les contours actifs non locaux, qui permettent de s'adapter à des variations lentes à l'intérieur d'une région.

F.4

MÉTHODES GÉODÉSQUES

Les contours actifs ont le défaut bien connu de se bloquer souvent dans un minimum local de l'énergie¹. Parmi diverses méthodes pour résoudre cette question, la transformation du problème en recherche de chemin le plus court selon une métrique P donnée permet de trouver le minimum global de l'énergie des contours actifs parmi tous les chemins reliant 2 points. La métrique est définie à partir de l'image pour être plus petite là où il est souhaitable de passer. Cette métrique peut être une simple fonction du niveau de gris de l'image. Étant donné un point de départ $\mathbf{x}_0$, on définit la carte de distance d à selon la métrique P . Elle est égale, en tout point $\mathbf{r}$ du domaine de l'image, au minimum de la longueur pondérée par P , parmi tous les chemins C reliant $\mathbf{x}_0$ à $\mathbf{r}$:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \Delta u, u(0) = d$$

Cette carte de distance satisfait l'équation Eikonale :

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \Delta u, u(0) = d$$

qui est résolue par l'algorithme rapide et précis de Fast Marching¹.

F.5

Cet algorithme propage un front à partir du point de départ sur tout le domaine de l'image, par valeurs croissantes. Une fois connue U , une descente de gradient sur U depuis le point d'arrivée et vers le point de départ trace un chemin minimal C . On obtient ainsi un minimum global de l'énergie parmi tous les chemins reliant ces deux points.

La recherche de chemin sur une carte à l'aide d'un GPS donne une analogie qui permet de mieux saisir cette approche. Si $P=1$ sur l'ensemble des routes et P est égal à un nombre très grand ailleurs, U correspond à la longueur du chemin le plus court tracé sur les routes. Si on a de plus une information de vitesse locale de déplacement le long des routes, grâce à l'état de la circulation, ou à la limite de vitesse autorisée, le critère pertinent est le chemin qui met le moins de temps à être parcouru. Si P est l'inverse de la vitesse, U donne exactement le temps de parcours minimal, et on en déduit un chemin le plus rapide.

F.6

Ces méthodes peuvent servir à la recherche de contours en 2D, mais sont surtout utilisées pour la recherche de structures tubulaires en 2D ou 3D comme des vaisseaux sanguins ou des routes en imagerie aérienne. Par la suite, nous avons considéré des espaces ou des métriques plus élaborés. Par exemple en ajoutant une dimension de rayon local, cela permet de trouver un chemin centré dans une structure tubulaire et son épaisseur locale. Ces méthodes géodésiques ont des applications dans de nombreux domaines, du remaillage de surfaces, à la reconnaissance de formes¹. Avec J.-M. Mirebeau (au CEREMADE de 2011 à 2015) et Da Chen (doctorant puis postdoc au CEREMADE), nous avons introduit différentes méthodes basées sur des métriques de Finsler.

F.7 / 8

CONCLUSION

Le CEREMADE a été depuis 30 ans à l'initiative et au plus haut niveau des recherches en méthodes mathématiques pour le traitement d'image. Nous avons d'ailleurs organisé et accueilli à l'Université Paris-Dauphine les congrès internationaux Mathematics and Image Analysis 2004 et 2006, avec environ 250 participants.

Figure 6
Avec Philips; Extraction d'arbre vasculaire et endoscopie virtuelle le long de géodésiques¹

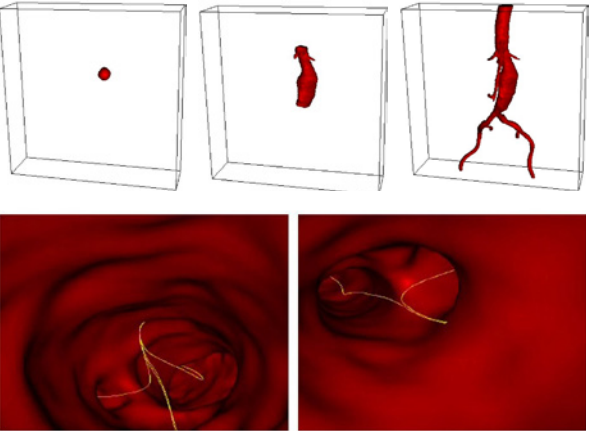


Figure 7
Extraction de vaisseaux : axe central et vaisseau autour.

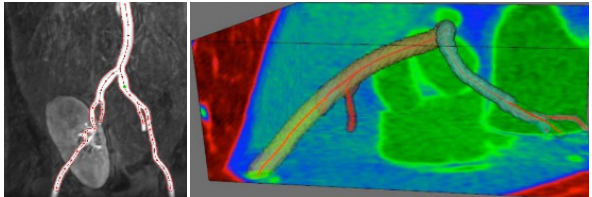
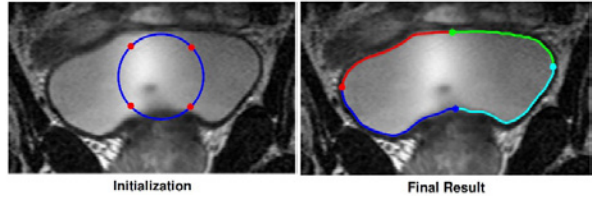


Figure 8
Contour actif région à l'aide de géodésiques pour une métrique de Finsler



⁴ Caselles, Kimmel, and Sapiro, Geodesic active contours, Int. J. Comput. Vision, 1997.

⁵ L. D. Cohen. Avoiding local minima for deformable curves in image analysis. In Curves and Surfaces with Applications in CAGD, 1997.

⁶ L. D. Cohen. Minimal Paths and Fast Marching Methods for Image Analysis. In Mathematical Models in Computer Vision: The Handbook, Springer 2005

⁷ T.Deschamps and L.D. Cohen. Fast extraction of minimal paths in 3D images and application to virtual endoscopy. Medical Image Analysis, 2001

⁸ G. Peyre, M.Pechaud, R. Keriven and L.D. Cohen. Geodesic Methods in Computer Vision and Graphics. Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision, 2010, book of 200 pages.

Deux miracles
au CEREMADE !

Two miracles
at CEREMADE!

This article tells the story of two miracles that happened at CEREMADE between 1986 and 1990. The discovery of the div-curl lemma and the arrival of Vladimir Arnold. In both cases, Yves Meyer is not for nothing...

↓ Le premier miracle eut lieu en 1986. Je venais d'être nommé professeur à l'Université de Paris-Dauphine. Je devais cette nomination à Jean-Pierre Aubin qui découvrit que la chaire de la Ville de Paris, la «chaire Chirac», était vacante et que je pouvais y candidater. Je le fis et me voici donc à Dauphine. Quelques semaines après mon installation au CEREMADE, Pierre-Louis Lions débarqua dans mon bureau et me dit; «Yves, je crois que ce que je vais te raconter est vrai...». Et il me décrivit quelque chose de si beau, de si bouleversant, que cela me sembla incroyable. Il s'agissait d'une version «améliorée» du lemme «div-curl» de compacité par compensation. La version «simple» du lemme avait été découverte en 1978 par François Murat et Luc Tartar. Je ne pus croire en un résultat aussi beau et, avec quelque suffisance, je répondis à Pierre-Louis: «si c'était vrai je le saurais, mais je vais y réfléchir cette nuit et demain je te le dirai». A l'époque je pouvais travailler toute une nuit. Bien entendu Pierre-Louis avait raison, car le lendemain matin j'avais une première démonstration à lui proposer. Beaucoup d'autres preuves ont été trouvées par la suite. Pierre-Louis m'a beaucoup donné. Il m'a fait connaître Ron di Perna. Il m'a ouvert les yeux sur des problèmes mathématiques passionnants. Tout cela je le dois à Pierre-Louis et à l'atmosphère magique du CEREMADE.

Un autre miracle fut la venue de Vladimir Arnold au CEREMADE. J'obtins en 1990 un détachement à l'IUF et, dans ces merveilleuses années, l'Université de rattachement du lauréat se voyait attribuer un poste supplémentaire pour compenser son détachement à l'IUF. Grâce à cette disposition nous avons pu recruter Arnold. Pour le taquiner je lui disais qu'il était assis sur mes genoux. Arnold et moi passions des heures à discuter du personnage de Victor Pavlovitch dans «Vie et Destin» de Vassili Grossman.

Vous voyez donc que les chercheurs travaillant au CEREMADE étaient un groupe d'amis s'aventurant avec joie dans la forêt, hors des chemins battus.



↓ Des chercheurs venant d'horizons variés (économistes, mathématiciens, philosophes, chercheurs opérationnels, informaticiens, psychologues, etc.) ont abordé le thème de la modélisation des préférences. On ne s'en étonnera pas. Dès lors que l'on accepte l'idée que des décisions sont prises et que ces décisions ne sont pas indépendantes de goûts ou valeurs particuliers, s'intéresser à la modélisation des préférences semble inévitable. C'est l'un des domaines phare du LAMSADE.

Selon les disciplines, cette question sera abordée sous divers angles. Ainsi, un psychologue étudie le processus conduisant à la formation d'un jugement de préférence et les facteurs pouvant l'influencer. Un économiste s'intéresse à des modèles de préférence pour des participants à un marché permettant d'obtenir des résultats d'équilibre ou de statique comparative. Un philosophe englobe l'étude des préférences dans une interrogation plus générale sur la question de la rationalité. Un chercheur opérationnel développe des outils permettant, dans un contexte donné, d'aider un individu ou un groupe d'individus à prendre une décision et à l'argumenter. Cette perspective prescriptive est celle des travaux menés au LAMSADE. Il convient de la distinguer clairement de deux autres perspectives fréquemment rencontrées dans la littérature, même si ces diverses approches ont en commun divers concepts et outils : une perspective normative, souvent adoptée en économie, dans laquelle la question centrale est de savoir ce que signifie «agir rationnellement» dans un contexte donné et quels sont les modèles de préférence permettant d'atteindre cet objectif, une perspective descriptive, souvent adoptée en psychologie, plaçant au cœur de son analyse l'étude empirique de préférences observées au cours d'expériences et des phénomènes pouvant les influencer.

LA THÉORIE CLASSIQUE

Une série d'ouvrages fondamentaux publiés dans les années 1970 a consolidé un vaste ensemble de travaux menés dans l'après-guerre. Elle a donné corps à ce que l'on peut appeler la théorie classique de la modélisation des préférences. Cette théorie peut être schématiquement caractérisée par l'utilisation d'un langage particulier accompagné d'une syntaxe spécifique. On examine ci-après chacun de ces deux points.

LE LANGAGE

La plupart des travaux en modélisation des préférences prennent pour point de départ un ensemble X d'objets à comparer ou à évaluer (selon le contexte, cet ensemble pourra être fini, un ensemble de candidats postulant à un emploi, ou infini, un ensemble de paniers de biens supposés parfaitement divisibles). Considérons un couple (x, y) d'objets. Dans la théorie classique, on suppose qu'il ne peut y avoir que deux réponses possibles à la question l'objet x est-il au moins aussi bon que l'objet y ? : oui ou non, ces deux réponses étant exclusives.



Modélisation des
préférences : la base
de la prise de décision

Modeling preferences:
the basis of decision-
making

We review the main directions of research explored by the members of LAMSADE on preference modelling. The aim is to develop tools allowing building convincing preference structures to be used in decision aiding contexts. These works include: the study of preference structures allowing for non-transitive indifference using one or several thresholds (semi-orders and their extensions), the study of preference structures allowing for hesitation (pseudo-orders and extensions), the study of valued preference structures and their properties, the study of preference structures explicitly modelling positive and negative arguments relative to a preference judgment (four-valued logic applied to preference modelling), the experimental study of preference structures with incomparability, the development of a theory of non-transitive conjoint measurement which gives a basis for the study of many ordinal aggregation methods.



50 ANS DE RECHERCHE : IER, AUJOURD'HUI ET DEMAIN

25

PARIS-DAUPHINE

La recherche dauphinoise
de demain
The researchdauphinoise
of tomorrow



26



Cas particuliers
pour les schémas très longs

Les Versions de Bases de Données

Les Versions de Bases de Données

In 1990, W. Cellary and G. Jomier proposed the Database Version (DBV) approach, which allows to manage multi-version databases - those in which several versions of a set of data items coexist. Ever since, its model, theory and algorithms have been adopted in a multitude of research initiatives and publications, and been applied to a variety of applications, in particular those in which there is a need for keeping track of parallel or (spatio)-temporal evolution of states of the world. This article presents an overview of the DBV approach, and some of the associated research initiatives throughout three decades, pointing out new potential directions. It has been written in tribute to Geneviève Jomier, Prof. Emeritus of The Université Paris-Dauphine, who left us in March 2018.

↓ Cet article décrit une partie des travaux de recherche de Geneviève Jomier, Professeur Emérite de l'Université Paris-Dauphine. Il aurait dû être écrit par Geneviève. Mais la vie en ayant décidé autrement, nous l'avons rédigé pour elle.

En 1990, W. Cellary et G. Jomier proposaient un modèle novateur en informatique, le modèle des Versions de Bases de Données (VBD).

Une base de données est une collection de données, organisées pour être accessibles et modifiables, ayant des liens de cohérence entre elles. Par exemple, une base de données d'une agence bancaire stocke des données sur les clients (leurs coordonnées) et leurs comptes en banque (les types de comptes, leur solde et les opérations effectuées sur ces comptes). Classiquement, une base de données est monoversion : elle ne représente qu'un état de l'univers modélisé ; chaque donnée y a une seule valeur.

Dans l'approche des VBD, une base de données multiversion regroupe plusieurs états du monde, ces états pouvant être des variantes, ou des évolutions dans le temps de l'univers modélisé. Chaque donnée a, dans ce cas, plusieurs versions, la valeur de la donnée changeant d'une version à une autre. Chaque Version de Base de Données représente un état cohérent du monde modélisé ou une configuration.

F.1

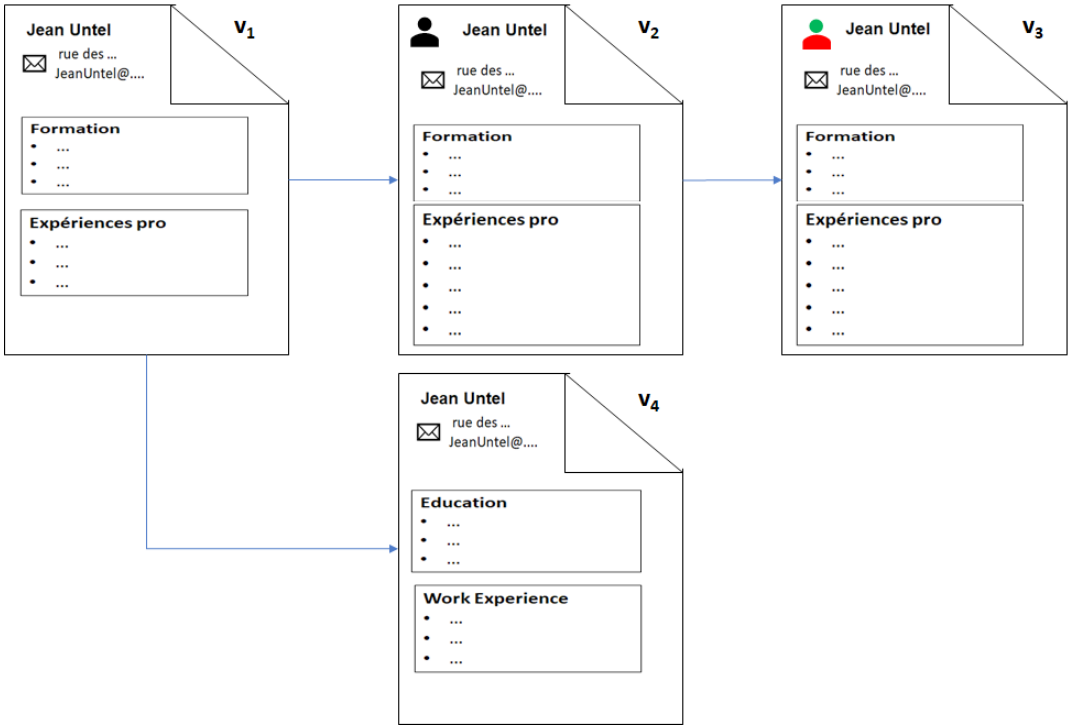
La Figure 1 donne un exemple simplifié d'une base de données multiversion dont les données (la photo, les coordonnées, les paragraphes décrivant la formation et les expériences professionnelles) modélisent le contenu d'un Curriculum Vitae (CV). La base contient 4 VBD, identifiées de v1 à v4, chacune correspondant à une version du CV. La VBD v2 a été créée à partir de v1, en ajoutant une photo N&B et en étoffant la partie expériences professionnelles ; elle correspond à la version longue du CV, la VBD v1 correspondant à la version courte. La VBD v3 a été créée à partir de v2, en modifiant la photo N&B en couleur. La VBD v4, créée à partir de v1, correspond à la version anglaise du CV.

Une VBD est identifiée par un identificateur nommé v. Une donnée multiversion est associée à un identificateur immuable, d, permettant d'identifier de manière unique la donnée. Une VBD contient exactement une version logique de chaque donnée multiversion. Une version logique possède un identificateur et une valeur. L'identificateur de la version logique de la donnée dj dans une VBD vi est le couple (dj, vi).

Une VBD est créée par dérivation d'une VBD existante, i.e. par copie logique. Après dérivation il est possible de mettre à jour la valeur d'une donnée dans une VBD. Les liens de dérivation entre les VBD sont enregistrés dans un arbre de dérivation.

On peut distinguer deux niveaux d'une base de données multiversion : le niveau logique (ce que voit l'utilisateur) et le niveau physique (ce qui est réellement stocké). Au niveau physique, les versions logiques, qui partagent la même valeur val dans plusieurs VBD, partagent la

Figure 1
Un exemple de curriculum vitae multiversion



même version physique, contenant la valeur val. Une table d'association fait le lien entre chaque version logique (d,v) et la version physique p associée qui contient la valeur val. Lorsqu'une donnée n'existe pas dans une VBD, sa valeur est , signifiant « n'existe pas »

F.2

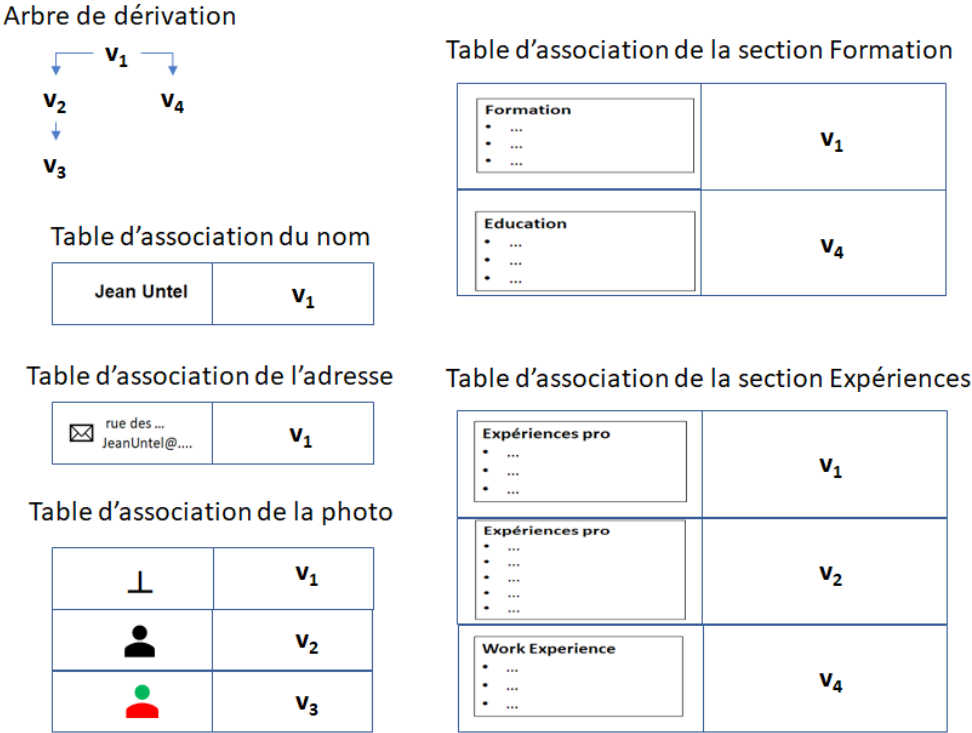
La Figure 2 représente le niveau physique de la base multiversion de la Figure 1. La table d'association de la « section Formation » indique que la version physique, explicitement associée à la VBD v1, est implicitement partagée par les VBD v2 et v3. La version anglaise est en revanche explicitement associée à v4. La table d'association de la photo montre que celle-ci n'existait pas dans la VBD v1 (sa valeur est), et donc implicitement dans la VBD v4, puis qu'elle est apparue en N&B dans la VBD v2, et est devenue en couleur dans la VBD v3.

Le modèle des VBD permet de gérer des mises à jour conflictuelles, effectués en simultanée par différents utilisateurs, ainsi que la cohérence des données, i.e. la satisfaction par les données de contraintes non contradictoires. Dans le cadre de thèses de doctorats, encadrées par G. Jomier, en particulier à l'Université Paris-Dauphine, ce modèle a donné lieu à plusieurs généralisations : une formalisation et des outils de manipulation, un langage d'interrogation (pour sélectionner des données ou des versions vérifiant certains critères de

... recherche), ainsi que des mécanismes d'indexation (pour accélérer les recherches) et des stratégies de stockage (pour éviter la redondance due au versionnement). Le modèle des VBD est générique et a été appliqué à plusieurs types de données, qu'il s'agisse d'images, de documents ou de données spatio-temporelles. Dans le cadre d'une coopération internationale avec l'équipe de C. Medeiros de l'Université de Campinas (Unicamp) au Brésil, le modèle des VBD a été utilisé pour gérer des données spatio-temporelles. Pour ce type de données, il est nécessaire de proposer des mécanismes de gestion multi-échelle, un objet pouvant apparaître ou disparaître, être agrégé ou non, selon l'échelle (spatiale ou temporelle) des données. La gestion du changement climatique nécessite par exemple la collaboration de scientifiques qui étudient le monde à de multiples échelles spatiales et temporelles, et à partir de différentes perspectives. Les études (et l'objectif de la recherche) varient du grand (climat mondial) au petit (microclimat) au plus petit (par exemple, effets des micro-organismes sur l'environnement). Ceci, à son tour, se traduit par un scénario de recherche très hétérogène qui doit faire face à une grande variété de sources de données, de dispositifs de collecte, des méthodologies, des modèles et des besoins de visualisation, et donc d'énormes défis d'interopérabilité. Le modèle des VBD permet de construire un environnement de recherche collaborative, dans lequel des groupes de scientifiques peuvent travailler sur des aspects distincts d'un scénario donné.

Dans le cadre d'une coopération internationale avec l'équipe de M. Rukoz de l'Université Centrale du Venezuela, le modèle été adapté à la gestion d'images issues du traitement d'images. Le traitement d'image est un processus itératif d'essais et d'erreurs : pour améliorer la qualité d'image ou la détection des informations contenues dans une image, plusieurs opérations ou séries d'opérations peuvent être appliquées à l'image entière ou à des parties bien choisies, créant des nouvelles images résultat. Tout au long du processus, les images créées doivent être sauvegardées, permettant ainsi de démarrer une nouvelle séquence d'opérations, à partir d'une image intermédiaire. Pour minimiser l'espace mémoire occupé par l'ensemble d'images et accélérer les opérations de traitement d'image, une structure basée sur l'approche VBD a été proposée, une image correspondant dans ce cas à un VBD et, les parties traitées de l'image, aux données versionnées. Plus qu'une simple structure de stockage, cette structure permet aux utilisateurs d'extraire facilement une ou plusieurs images et de travailler dessus, de supprimer ou d'insérer de nouvelles images, de les comparer, de construire des séquences d'images et de faire de recherche d'images basée sur leur contenu. Dans des domaines tels que l'ingénierie et l'édition collaborative, le contrôle de version a toujours été considéré comme une tâche cruciale permettant de conserver les différentes versions d'un objet partagé (par exemple un module logiciel ou un rapport de projet) et l'historique des modifications. Cela permet et facilite la résolution des bogues, l'interrogation des versions antérieures et l'intégration du contenu de différents contributeurs.

Figure 2
Le niveau physique de la base multiversion de la Figure 1



Le modèle des VBD a notamment été utilisé pour permettre la traçabilité du processus de construction de logiciel et a donné naissance à MyDraft, développée par l'entreprise Karmicsoft, issue du laboratoire LAMSADE. Cette plate-forme Web 2.0 de prototypage rapide d'applications Web Riches orientées données offre des fonctionnalités de traçabilité avancées telles que l'historisation automatique, l'annulation ou la restitution à la volée de tout état antérieur du système : données, structure et applications. A l'Institut Mines-Télécom, l'équipe de T. Abdessalem s'est inspirée du modèle des VBD pour proposer un mécanisme de gestion de versions de documents XML probabilistes. Ce mécanisme est particulièrement adapté aux environnements collaboratifs ouverts (ex., plateformes d'édition sur le web) où les contributeurs et leurs niveaux d'expertise ne sont pas connus d'avance. Le modèle des VBD offre donc des mécanismes puissants de gestion de bases de données multiversion. La puissance du modèle VBD réside dans sa simplicité et sa généralité, s'appliquant à des situations où on veut traiter l'évolution du monde (changement climatique, migrations, santé). Il existe encore de nombreux problèmes ouverts de recherche qui peuvent bénéficier de son utilisation pour maintenir la cohérence entre plusieurs versions du monde, en particulier dans le contexte des bases de données orientées graphe, utilisées aujourd'hui dans la modélisation des réseaux sociaux.

La quête du Graal en informatique théorique et le chemin tortueux de la complexité paramétrée y menant

La quête du Graal en informatique théorique et le chemin tortueux de la complexité paramétrée y menant

Algorithms are an integral part of modern technology. An algorithm is a procedure which solves a problem. Ideally, we want an algorithm which computes an optimal solution efficiently. However, most realistic computational problems are 'hard' in the sense that an algorithm achieving both optimality and efficiency is 'unlikely' to exist. It is one of major open question in mathematics whether these problems do not allow such an ideal algorithm 'for sure'. For those problems, computer scientists have developed ways to cope with this hardness by relaxing the two requirements for an ideal algorithm. By approximation algorithm, we do not expect to compute an optimal solution but a solution close to optimal is satisfactory. Parameterized complexity relaxes the efficiency criteria, and aims for efficiency with respect to 'fine-grained' analysis. Members of LAMSADE have been active contributors in both areas, but this article focuses on the second one. Emeritus of The Université Paris-Dauphine, who left us in March 2018.

Les algorithmes sont omniprésents et fondamentaux

Un algorithme est une séquence d'instructions indiquant comment résoudre un problème. La méthode d'Euclide permettant de trouver le plus grand diviseur commun entre deux entiers est un algorithme. Une recette peut être considérée comme un algorithme: il s'agit d'une série d'instructions appliquée à des ingrédients (l'entrée de l'algorithme) permettant de produire des spaghettis bolognaise (la sortie de l'algorithme). La manière dont votre fil d'actualité Facebook est constitué est le fruit de leurs algorithmes mystérieux. De l'ordonnancement de chaînes de production/d'avions/de trains à la création de microprocesseurs, du séquençage du génome à de nouvelles médecines, ce sont des algorithmes qui sont au coeur des avancées technologiques.

Le Graal: faire d'une pierre deux coups (ou son impossibilité) Mais, qu'est-ce qu'un bon algorithme ? Existe t-il des critères permettant de déterminer la qualité d'un algorithme ? Premièrement, un bon algorithme doit produire une solution optimale, ou une solution proche de l'optimale (on veut faire des spaghettis bolognaise les meilleures possible). Deuxièmement, un bon algorithme doit être rapide à exécuter (on ne veut pas faire mijoter la sauce tomate pendant 12 heures). Comme on peut l'imaginer, ces deux aspects sont parfois incompatibles et un compromis doit parfois être réalisé (certains italiens pensent que la "vraie sauce tomate doit être mijotée pendant très très longtemps", un temps que la plupart des non-italiens ne sont pas prêts à attendre).

Un thème central de l'informatique théorique consiste à explorer les limites où la qualité de la solution et l'efficacité de l'algorithme peuvent être atteints simultanément (faire d'une pierre deux coups). D'un autre côté, une longue liste de problèmes existe pour lesquels des centaines d'informaticiens ont échoué depuis des dizaines d'années à atteindre ces deux objectifs simultanément. Ces problèmes sont dits NP-difficiles. Les informaticiens ont découvert qu'un seul algorithme rapide et optimal pour un de ces problèmes NP-difficile aurait un effet domino : ces centaines de problèmes auraient tous immédiatement un algorithme idéal. Peu d'experts pensent que cela arrivera mais pour autant personne n'a réussi à prouver que cela est impossible. Y répondre serait répondre à la question dite "P vs NP". Elle fait partie des 7 problèmes du millénaire listés par le Clay Mathematics Institute avec une récompense d'1 million de dollars à la clé pour sa résolution.

Des algorithmes désirables

Malheureusement, la plupart des problèmes importants sont NP-difficiles. Que faire si on vous demande de concevoir un algorithme pour un tel problème alors que les plus grands experts en informatique théorique ont échoué ? Peut-être qu'au lieu d'un algorithme idéal vous pourriez proposer un algorithme "désirable" ? Prenons un exemple. Au sein d'un laboratoire d'une contrée lointaine, son directeur cherche à organiser une réunion. Il sait que certaines personnes ont développé

des inimitiés et que leur présence simultanée à une réunion empêcherait toute décision. Par conséquent, le directeur du laboratoire cherche à faire venir le maximum de personnes sous la condition qu'aucune personne présente n'ait une incompatibilité avec une autre personne présente dans la salle. Le directeur étant à son poste depuis de nombreuses années, il dispose d'une connaissance sur les inimitiés entre chaque paire de personnes et peut construire un graphe des incompatibilités (comme sur la Figure X). Dans ce graphe, chaque membre du laboratoire est représenté par un sommet (un cercle) et une arête existe entre deux sommets s'il y a une incompatibilité entre ces deux personnes.

Malheureusement, le problème que cherche à résoudre ce directeur est un problème NP-difficile, impliquant l'impossibilité de le résoudre de manière exacte et efficace. Sachant qu'il y a 250 membres dans ce laboratoire, si le directeur cherche à tester toutes les possibilités de compositions de cette réunion pour choisir celle permettant de faire intervenir le plus de personnes, il devra tester possibilités (c'est à dire un 1 avec 75 zéros ensuite). Le nombre d'opérations est tellement grand qu'il nécessiterait plus de temps que celui écoulé depuis le Big Bang. Alors, le directeur doit-il se résigner à faire une réunion qui se passera mal ? Heureusement, le directeur sait que la réunion n'aura pas de légitimité si plus de 10 personnes n'y participent pas. Il pourrait choisir de repérer les membres perturbateurs de son laboratoire devant être exclus dans tous les cas. Par exemple, une personne en conflit avec 11 personnes ou plus devra être refusée. En effet, si elle n'est pas refusée, il faudrait refuser ses 11 "ennemis", ce qui est impossible (dans la Figure X, c'est le cas d'Eunjung si on ne peut pas refuser plus de 3 personnes dans cette réunion). Lorsque plus aucune personne peut être refusée de cette manière, on sait que chaque personne est maintenant en conflit avec au plus 10 personnes. Avec quelques étapes de raisonnements simples supplémentaires, on peut diminuer le nombre d'opérations à , un nombre plus raisonnable mais encore un peu trop élevé pour que le directeur puisse utiliser son ordinateur portable et avoir une réponse dans la journée.

Une observation cruciale est que pour chaque conflit entre deux personnes, le directeur devra forcément refuser une des deux personnes impliquées, et ceci tant qu'il reste des conflits (cf Figure Y). En testant pour chaque conflit s'il enlève l'un ou l'autre, le nombre d'opérations est maintenant de l'ordre de , ce qui est un calcul réalisable en moins d'une seconde même avec un smartphone.

Nous sommes donc passés d'un algorithme infaisable à quelque chose de parfaitement réalisable grâce à quelques raisonnements simples. Le point critique aura été d'isoler un paramètre qu'on l'on sait petit en pratique (le nombre de personnes à refuser) et de faire en sorte que la partie exponentielle du nombre d'opérations dépende uniquement de ce paramètre et non du nombre total de personnes. C'est le principe fondateur de la complexité paramétrée, initiée dans les 90 par Downey et

...

Fellows, et dont l'essor a été rapide (5 livres sur le sujet, des centaines d'articles, une conférence dédiée etc) voir <http://fpt.wikidot.com>. Cet engouement vient du fait que dans beaucoup de domaines d'application, les problèmes possèdent des paramètres petits et intéressants (Intelligence Artificielle, choix social, bioinformatique...). Le LAMSADE participe activement à ce domaine de recherche depuis de nombreuses années.

Des problèmes très, très difficiles

Parfois, même un algorithme désirable est impossible à obtenir. Dans l'exemple précédent, supposons que le directeur souhaite que chacun des 250 membres du laboratoire puisse s'exprimer sans que la réunion dégénère à cause d'ennemis présents en même temps. Comme organiser une seule réunion est impossible, il décide d'organiser plusieurs réunions (mais le moins possible) où tout le monde pourra participer. Comment peut-il savoir si un certain nombre k de réunions est suffisant ? Ce problème est également NP-difficile, et même si k=3, car cela revient à faire de la coloration de graphe ! Eh oui, organiser des réunions évitant tout conflit est une tâche presque impossible, comme nous l'avons appris d'expérience...

Exploiter des propriétés des instances

Mais alors, que faire ? D'autres angles d'attaque sont envisageables. Supposons qu'il existe dans le laboratoire seulement un petit nombre de personnes, disons 3, étant la "source de tout conflit", c'est-à-dire que tous les conflits du laboratoire impliquent une de ces 3 personnes (dans la Figure X, Alexis, Benjamin et Eunjung sont de telles personnes). Alors, on peut essayer toutes les possibilités d'affectation de ces personnes à des réunions, ce qui est un nombre beaucoup plus petit que le nombre total d'affectation pour les 250 membres du laboratoire. Dans ce cas, on dit que le graphe "ressemble" à une étoile: les membres perturbateurs sont au centre de cette étoile, et tous les autres membres sont les pointes de l'étoile, accrochés à un des centres. Si le graphe est de ce type, alors on peut répondre facilement au problème. La même idée peut être utilisée si le graphe "ressemble" à un arbre (c'est à dire qu'il n'y a pas de cycle de conflits). Plus généralement, lorsque l'instance (tel que le graphe ici) possède de bonnes propriétés sur sa structure, celles-ci peuvent être exploitées pour concevoir des algorithmes plus efficaces. C'est également une orientation de recherche activement suivie par le LAMSADE.

Être moins exigeant

Récemment, la notion de complexité paramétrée a été liée à celle de l'approximation, une approche permettant d'obtenir rapidement un résultat non exact mais proche de l'optimal. L'alliance de ces deux mondes permet d'obtenir des résultats encore plus proche de l'optimal au prix d'un nombre d'opérations un peu plus important ou des résultats positifs pour des problèmes où l'approche exacte échoue et où il n'est pas possible d'obtenir rapidement un résultat, même non exact. Cette approche novatrice et prometteuse est activement suivie par le LAMSADE.

✗

Figure X
Exemple fictif des membres d'un laboratoire avec leur relation d'inimitié (arrête entre leur nom). Dans cet exemple, il faut retirer 3 personnes (ici en gris) pour que la réunion se passe bien.

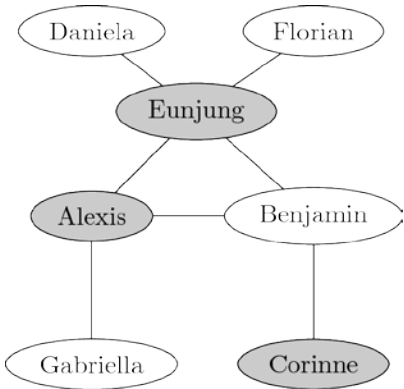
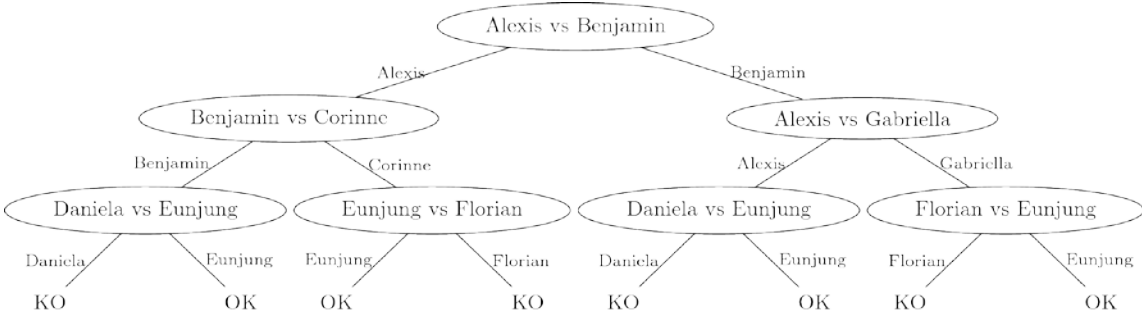


Figure Y
Arbre de recherche pour déterminer les personnes à exclure de la réunion sachant qu'on ne peut exclure qu'au plus 3 personnes. Chaque cercle correspond à un conflit restant dans le graphe original, le nom de la personne sur l'arrête dans cet arbre de recherche est la personne exclue de la réunion. Après trois étapes, s'il reste des conflits, c'est un échec (indiqué par KO), s'il n'y a plus de conflit, c'est un succès (indiqué par OK). Par exemple, après avoir retiré Alexis, Benjamin et Daniela, il reste encore un conflit entre Eunjung et Florian: KO. Cependant, après avoir retiré Alexis, Benjamin et Eunjung il n'y a plus de conflits.



Double pages
de respiration photo





JOUR D'HUI ET DEMAIN

25

26

PARIS-DAUPHINE



50 ANS DE RECHERCHE : IER, AUJOURD'HUI ET DEMAIN

25

PARIS-DAUPHINE

Les centres de recherche de dauphine

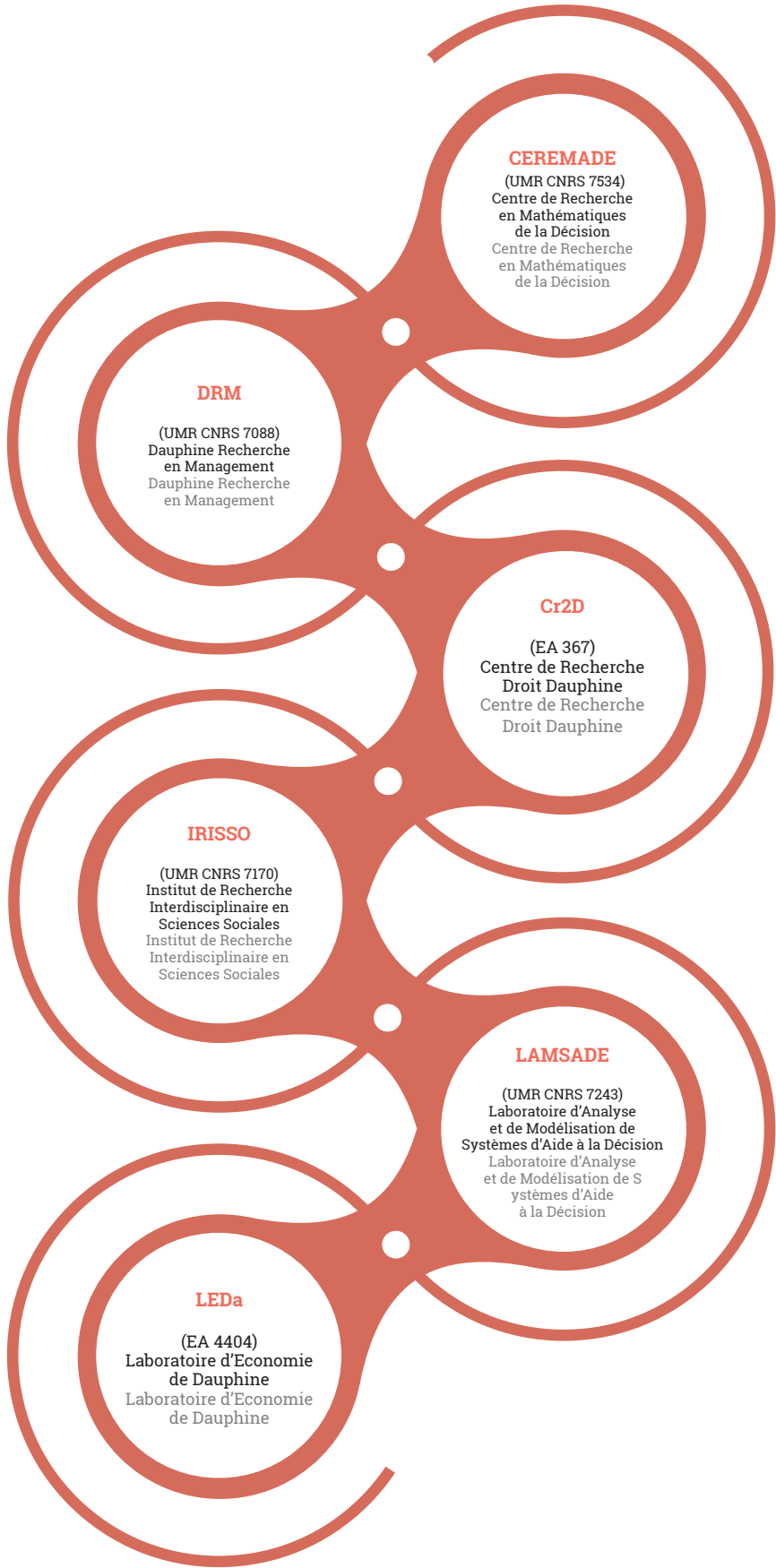
The centers of research
of dauphine

26



6 grands domaines de recherche

6 grands domaines de recherche



CEREMADE

Le Ceremade, unité mixte de recherche avec le CNRS, est reconnu pour ses travaux en analyse non-linéaire, en finance et économie, et en probabilités et statistique. Le centre de recherche étudie les applications mathématiques dans des domaines aussi divers que l'économie, la finance, les sciences sociales, l'astronomie, la physique mathématique, la mécanique, la chimie quantique, l'imagerie, l'analyse des données, l'apprentissage statistique, les neurosciences, la biologie ou la linguistique. Les chercheurs du Ceremade sont ainsi en interaction directe avec le monde socio-économique.

CR2D

Le Centre de recherche Droit Dauphine (Cr2D), l'une des deux composantes de l'Institut Droit Dauphine, réunit des juristes privatistes et publicistes. Cette particularité permet de mener des recherches juridiques transversales, lesquelles s'inscrivent naturellement dans la démarche pluridisciplinaire de l'Université Paris-Dauphine. Ainsi, les recherches menées au sein du Cr2D peuvent aisément associer des économistes, des gestionnaires, des politistes et des sociologues.

DRM

DRM constitue l'un des plus importants centres français de recherche en sciences de gestion. Laboratoire de recherche généraliste, il est fondé sur la diversité, tant par ses ancrages théoriques, ses thématiques que par ses méthodes. Ses domaines de compétences couvrent le marketing, la stratégie, la finance, la théorie des organisations, la gestion des ressources humaines, les systèmes d'information, ainsi que la comptabilité et le contrôle. L'unité s'organise autour de trois pôles: Finance, Marketing, et Organisation, regroupant cinq équipes.

IRISSO

L'Institut de Recherche Interdisciplinaire en Sciences Sociales (Irisso) est une unité mixte de recherche du CNRS, de l'INRA et de l'Université Paris-Dauphine, qui rassemble des sociologues, des politistes et des économistes. En 2015, le Laboratoire Communication et Politique (LCP), jusqu'alors unité propre du CNRS, a rejoint l'Irisso, où il poursuit ses recherches sur les médias et leur rôle dans l'espace public. En 2017, l'unité RITME de l'INRA intègre l'IRISSO. Structurés autour de cinq axes, les travaux de l'Irisso accordent une importance centrale aux méthodes mobilisées dans leurs recherches, à la dimension internationale et à la question du genre.

LAMSADE

Fondé en 1974, le LAMSADE est un des rares laboratoires en France et en Europe qui développe une vision spécifique de l'informatique : les sciences et technologies de la décision. Son originalité consiste dans le fait d'aborder la thématique de l'aide à la décision de manière large : de l'analyse du concept de processus de décision à la prise en compte des préférences incertaines et/ou conflictuelles, de l'algorithme de l'optimisation au traitement des grandes masses de données, de la formalisation du raisonnement aux représentations des connaissances. La recherche est appliquée à de nombreux domaines très différents de la planification des transports à l'évaluation des appels d'offres, du confort dans les voitures des trains aux réseaux des télécommunications de l'évaluation des services de santé aux réseaux de capteurs ou encore la bio-informatique.

LEDa

Le Laboratoire d'Économie de Dauphine (LEDa) fédère l'ensemble des équipes d'économie dauphinoises autour de travaux théoriques et appliqués. L'ambition est de réunir des orientations complémentaires (micro-économiques, sectorielles, macro-économiques), de mettre en commun des outils (économétrie mathématiques financières, théorie des jeux, etc.) ainsi que des réseaux internationaux. Une de ses équipes forme une unité mixte de recherche avec l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD).