

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les différents organismes qui nous ont apporté un soutien pour la tenue de ces Journées sur les plans scientifique, financier et logistique :

Université de Caen (France)

IUFM de l'Université de Caen (France)

Laboratoire de recherche : EA 965 - Centre d'études et de recherches en sciences de l'éducation (France)

Université Lumière Lyon2 (Lyon France)

Laboratoire de recherche : Unité Mixte de Recherche UMR 5191 – ICAR (Lyon France)

Association pour la Recherche en Didactique des Mathématiques (ARDM France),

Association Extraction et Gestion des Connaissances (EGC) (France),

École Polytechnique de l'Université de Nantes (France),

Laboratoire d'Informatique de Nantes (LINA France),

Société PerformanSe (Phare des Alizés - 4 rue Marcel Paul - 44 000 Nantes - France)

ou leur parrainage scientifique :

Société française de Statistique (SFdS France),

Société Francophone de Classification (SFC France),

*G.R.I.M. (Gruppo di Ricerca sull'Insegnamento delle Matematiche),
Dipartimento di Matematica, Università di Palermo (Italie)*

Revue des Sciences de l'éducation (Montréal Québec Canada)

Président du comité scientifique : Jean-Claude Régnier

Président d'honneur : Régis Gras

**Président du comité d'organisation et vice-président du comité scientifique :
Marc Bailleul**

INTRODUCTION DE L'OUVRAGE

L'ANALYSE STATISTIQUE IMPLICATIVE : DE L'EXPLORATOIRE AU CONFIRMATOIRE

Jean-Claude Régnier¹, Régis Gras² et Marc Bailleul³

A.S.I. – Analyse statistique implicative : une fois encore, de quoi s'agit-il ?

Il nous semble, comme nous avons eu l'occasion de dire et écrire à maintes reprises, qu'une manière simplifiée de situer l'objet de l'Analyse Statistique Implicative, est de la comprendre comme « ... un champ théorique centré sur le concept d'implication statistique ou plus précisément sur le concept de quasi-implication pour le distinguer de celui d'implication logique des domaines de la logique et des mathématiques. L'étude de ce concept de quasi-implication en tant qu'objet mathématique, dans les champs des probabilités et de la statistique, a permis de construire des outils théoriques qui instrumentent une méthode d'analyse de données. »⁴ (Gras, Régnier, 2009 p.12).

Le présent ouvrage est constitué des articles issus d'un appel à contributions lancé dans le cadre du sixième colloque sur l'Analyse Statistique Implicative - ASI6 organisé à Caen en novembre 2012. Ces articles ont été soumis à la lecture critique⁵ des membres du comité international scientifique qui en ont assuré la qualité scientifique.

Nous rapportons ici la liste en leur adressant nos remerciements les plus chaleureux pour leur diligence.

- Nadja Acioly-Régnier, EAM 4128 SIS - Université Lyon 1 (France)
- Saddo Ag Almouloud, PEPG Educação Matematica - Pontificia universidade Católica de São Paulo (Brésil)
- Julien Blanchard, Équipe COD du LINA (UMR 6241) Polytech'Nantes – Université de Nantes (France)
- Antoine Bodin, CEDEC - Ecole de la deuxième chance de Marseille (France)
- Guy Brousseau, DAEST - Université Bordeaux 2 (France)
- Raphaël Couturier, FEMTO-ST département DISC Université de Franche-Comté (France)

¹ Président du comité scientifique de ASI6 - UMR 5191 ICAR, Université de Lyon - Lyon 2 (France)

² Président d'honneur du comité scientifique de ASI6 - LINA, Université de Nantes (France)

³ Vice-président du comité scientifique de ASI6 - EA 965 CERSE, Université de Caen (France)

⁴ Gras R., Régnier J.-C., Guillet F. (Eds) (2009) *Analyse Statistique Implicative. Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités*. RNTI-E-16 Toulouse Cépaduès Editions

⁵ Chaque contribution a été anonymement soumise à trois relecteurs dont les évaluations ont été retournées anonymement aux auteurs.

- Benedetto Di Paola, Département de mathématiques - Università di Palermo (Italie)
- Iliada Elia, Département de Sciences de l'Éducation - University of Cyprus (Chypre)
- Athanasios Gagatsis, Département de Sciences de l'Éducation - University of Cyprus (Chypre)
- Robin Gras, University de Windsor - Departement d'informatique, Ontario (Canada)
- Pablo Gregori, IMAC - Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (Espagne)
- Fabrice Guillet, LINA CNRS 6241, Equipe COD - École Polytechnique de l'Université de Nantes (France)
- Pascale Kuntz, LINA CNRS 6241, Equipe COD - École Polytechnique de l'Université de Nantes (France)
- Alain Kuzniak, LDAR - Université Paris Diderot (France)
- Dominique Lahanier-Reuter, Equipe Théodile CIREL - Université Lille 3 (France)
- Ludovic Lebart, CNRS - Telecom Paris Tech (France)
- Philippe Lenca, DECIDE CID UMR 6285 Lab-STICC - Telecom Bretagne - (France)
- Jean-Claude Oriol, CERRAL - IUT Lumière, Université Lyon2 (France)
- Jean-Louis Piednoir, M.E.N. (France)
- Maria del Pilar Orus Báguena, IMAC - Universitat Jaume I de Castellón de la Plana (Espagne)
- Gilbert Ritschard, Institut d'études démographiques et des parcours de vie - Pôle de recherche national LIVES - Université de Genève (Suisse)
- Gilbert Saporta, Laboratoire CEDRIC - CNAM, Paris (France)
- Gérard Vergnaud, CNRS, Université Paris VIII (France)
- Miguel R. Wilhelmi, Departamento de matemáticas, Universidad Pública de Navarra (Espagne)
- Djamel Abdelkader Zighed, Laboratoire ERIC - Université Lyon2 (France)

Le sixième colloque sur l'Analyse Statistique Implicative – ASI6 s'est déroulé en 2012 à Caen et a constitué le cadre dans lequel se sont déroulés les communications et les débats qu'elles ont suscités. Le développement de l'analyse statistique implicative s'initie par des travaux conduits, dirigés ou impulsés par Régis Gras dès les années 70. Il fut ensuite largement soutenu par les rencontres internationales qui se sont tenues successivement à l'IUFM de Caen (France) en 2000, à l'Université PUC à Sao Paulo (Brésil) en 2003, à l'Université de Palerme (Italie) en 2005 et en 2010, et à l'Université

de Castellón (Espagne) en 2007. Cette sixième édition s'est inscrite dans la continuité des précédentes et l'ensemble des publications produites depuis ASI1 en 2000 permet de rendre compte des apports théoriques successifs qui ont pu être capitalisés.

Durant ce colloque ASI6, une place a été donnée à une approche basée sur l'utilisation de l'outil fondamental : le logiciel CHIC qui de ce fait même reste soumis à de permanentes évolutions. Un atelier a été dirigé par Raphael Couturier et Saddo Ag Almouloud portant sur la « Formation à l'A.S.I. par l'usage du logiciel CHIC : prise en main et nouvelles fonctionnalités » et une conférence-démonstration a été réalisée par Marc Bailleul sur le thème : « Pour un parcours complet des étapes d'une recherche par une analyse de données sous ASI avec le logiciel CHIC : du questionnement aux résultats, en passant par le questionnaire et les graphes ». Ce logiciel dont la dénomination CHIC est l'acronyme de Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive, fut développé au début des années 90 par Saddo Ag Almouloud, puis Harrisson Ratsimba-Rajohn, et maintenant par Raphaël Couturier. Des informations sont accessibles à l'URL :

<http://www.ardm.eu/contenu/logiciel-d-analyse-de-donnees-chic/>

Il est à ce jour dans sa **version 6.d** utilisable dans six langues : anglais, espagnol, français, italien, portugais et slovaque, et permet :

- de traiter différents types de variables (binaires, modales, fréquentielles, intervalles, floues),
- de quantifier la significativité des valeurs attribuées à la qualité, la consistance de la règle associée à la relation implicative entre variables, entre classes ordonnées de règles, à la typicalité et la contribution des sujets ou de catégories de sujets à certaines règles,
- de représenter, par un graphe, pour un seuil de qualité choisi, des chemins de règles et, par une hiérarchie, des règles entre règles (que l'on appelle aussi règles généralisées),
- de supprimer, d'ajouter, de conjoindre des variables.
- de représenter par une hiérarchie ascendante les classes de similarité des variables.

Une nouvelle fonctionnalité : *Réduction*, a été introduite dans cette dernière version qui s'inscrit pleinement dans le cadre de la théorie de l'implication statistique (A.S.I.) de R. Gras. Ce sous-programme de CHIC permet de ramener un ensemble de variables, qui peut être très volumineux, à un sous-ensemble plus réduit dont l'utilisateur a la maîtrise du seuil de réduction tout en tentant de minimiser l'information occultée.

A.S.I. – Analyse statistique implicative : pour mémoire, quelques-uns de ses lieux de débats et de construction.

Pour mémoire, le premier colloque ASI1 qui s'était tenu à l'Institut de Formation des Maîtres de Caen (France) les 23-24 Juin 2000 à Caen et avait été organisé par Marc Bailleul et Régis Gras, avait une thématique générale centrée sur « La fouille dans les données par la Méthode Statistique Implicative ». Ce choix correspondait à une orientation prometteuse quand on considère le développement et les activités de

l'association EGC (**Ex**traction et **G**estion des **C**onnaissances). Rappelons que la « fouille dans des données » (encore appelée **Knowledge Discovery in Databases** ou encore "Data Mining" dans la littérature anglo-saxonne) part, en général, du croisement de sujets (ou objets) et de variables (propriétés ou attributs) binaires, ordinales ou numériques. Son objectif majeur consiste à conjecturer des modèles basés sur des relations quantitatives ou qualitatives et des structures induites à partir des données. Différentes méthodes, comme l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.), la Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H.), sont communément utilisées pour de telles fouilles dans des données. Parmi elles, l'Analyse Statistique Implicative (A.S.I.) vise l'extraction de connaissances, d'invariants, de règles inductives non symétriques constantes, et accorde une mesure à des propositions du type « quand a est choisi, on a tendance à choisir b ».

Le deuxième colloque ASI2 a été organisé à l'Université PUC de São Paulo (Brésil) les 9-11 Juillet 2003, par Saddo Ag Almouloud sur la thématique globale « O metodo estatístico implicativo utilizado em estudos qualitativos de Régis Gras de associação. Contribuição à pesquisa em Educação »

Le troisième colloque ASI3 a été organisé par Filippo Spagnolo de l'Université de Palerme à Palerme (Italie) les 6-8 octobre 2005.

Le quatrième colloque ASI4 s'est tenu à l'Université Jaume I de Castellón de la Plana (Espagne) du 18 au 21 octobre 2007 et fut organisé par Pilar Orus et Pablo Gregori.

Le cinquième colloque ASI5 s'était tenu à Palerme les 5-7 novembre 2010, et a été l'occasion d'entendre près de 30 communications qui avaient été retenues par le comité scientifique parmi celles qui avaient été soumises, et ainsi de poursuivre le débat. Il est possible d'accéder aux publications :

Sur la site ASI 5 - <https://sites.univ-lyon2.fr/asi5/?page=15>

Sur le site de la Revue QRDM - "QUADERNI DI RICERCA IN DIDATTICA" - G.R.I.M. http://math.unipa.it/~grim/QRDM_20_Suppl_1.htm

Rappelons qu'en 2009, une publication majeure francophone a été réalisée avec l'ouvrage *Analyse Statistique Implicative. Une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités*, diffusé par Cépaduès Editions (Toulouse France) qui a permis de faire un point global constituant une actualisation significative de l'ouvrage de 1996, *L'implication statistique*, édité par La Pensée Sauvage Editeur (Grenoble France). Une deuxième publication majeure anglophone a été réalisée avec l'ouvrage⁶ de 2008, *Statistical Implicative Analysis* diffusé par Springer-Verlag, (Berlin-Heidelberg, Allemagne). Enfin une troisième en espagnol a aussi été produite avec l'ouvrage⁷ de 2009 *Teoria y Aplicaciones del Analisis Estadístico Implicativo*, diffusé par Universitat Jaume-1, (Castellon Espagne).

⁶ Gras R., Suzuki E., Guillet F., Spagnolo F. (Eds) (2008) *Statistical Implicative Analysis*, Berlin-Heidelberg : Springer-Verlag, ISBN : 978-3-540-78982-6

⁷ Orus P., Zemora L., Gregori P. (Eds) (2009) *Teoria y Aplicaciones del Analisis Estadístico Implicativo*, Castellon : Universitat Jaume-1, ISBN : 978-84-692-3925-4

Dans ce sixième colloque ASI6 de 2012 à Caen, la dimension internationale, initiée dans ASI5 par l'introduction de cinq idiomes de travail : anglais, espagnol, français, italien et portugais, a été maintenue comme on peut le constater avec le site ASI6.

Les thèmes privilégiés qui avaient été proposés dans l'appel à contributions, étaient :

- Concepts fondamentaux en ASI : modèles statistiques, types de variables, variables principales et supplémentaires
- Avancées nouvelles en cours, stabilité des indices, intensité d'implication entropique ; extension à de nouveaux types de variables, espace des sujets continu ; règles d'exception; dualité espace des sujets - espace des règles, structure métrique et topologie de l'espace des sujets induites par leur contribution ou leur typicalité, analyse vectorielle ;
- Comparaison critique des démarches, des modèles, des représentations et des résultats de l'ASI avec ceux d'autres méthodes d'analyse de données (treillis de Galois, réseaux bayésiens, arbres d'induction, analyses factorielles, etc.)
- Pratique du logiciel CHIC, les développements actuels et attendus
- Applications traitées par l'ASI et comparativement avec d'autres méthodes, dans les domaines de la didactique, des sciences de l'éducation, de la psychologie, de la sociologie, de l'économie, de l'histoire de l'art, de la biologie, de la médecine, de l'archéologie, etc.
- Présentations graphiques et numériques des résultats applicatifs, aides à l'interprétation de ces résultats, rôles respectifs et critiques des types de variables, des variables principales et supplémentaires choisies
- Spécificités de la formation à l'ASI : usage du logiciel CHIC, interprétation des représentations graphiques (graphe implicatif ; arbre de la hiérarchie cohésitive)
- Problématiques de didactique de l'ASI

Pour ce qui est resté résolument dans la continuité, le programme de ce colloque ASI6 s'est organisé autour d'une alternance équilibrée entre des communications portant sur des approches théoriques ou sur des mises en application, et des travaux pratiques sur le logiciel CHIC

A.S.I. – Analyse statistique implicative : de l'exploratoire au confirmatoire

Le présent ouvrage s'inscrit dans la logique constructive évoquée tout au long des propos précédents. Il rassemble les soumissions acceptées par le comité scientifique et modifiées par les auteurs à la suite des remarques critiques et des suggestions faites par les relecteurs. Globalement il est organisé selon deux grandes catégories selon lesquelles nous avons ainsi ordonné les articles en chapitres tels qu'ils apparaissent dans l'ouvrage.

Contributions aux fondements et développements théoriques de l'A.S.I.

- Dualité entre espace des variables et espace des sujets en analyse statistique implicative - Régis GRAS et Dominique LAHANIER-REUTER
- Implication entropique et causalité - Régis GRAS et Raphaël COUTURIER

- Extension de l'analyse statistique implicative au cas continu de l'espace des sujets - Régis GRAS et Jean-Claude RÉGNIER
- extension de l'analyse statistique implicative aux variables continues : le cas des variables aléatoires continues à valeurs sur $[0; 1]$ de loi uniforme. Première approche - Jean-Claude RÉGNIER et Régis GRAS

Applications de l'A.S.I. à divers domaines et usages du logiciel C.H.I.C.

- Analyse statistique implicative, analyse d'entretiens : deux approches complémentaires - Laurence LEROYER
- De l'observation de données à leur traitement par l'analyse statistique implicative : quelques constats - Christian PELLOIS
- Evaluation of geometric problem by applying the statistical implicative analysis /évaluation d'un problème géométrique par application de l'analyse statistique implicative - Lucia RUMANOVÁ and Dušan VALLO
- Étude des significations données par des élèves de terminale s à la multiplication des nombres réels et complexes dans un contexte de géométrisation - Raquel BARRERA et Alain KUZNIAK
- Italian primary school prospective teachers beliefs about knowledge construction: a case study about models /croyances des futures enseignants de l'école primaire italienne au sujet de la construction de la connaissance: une étude de cas au sujet de la modélisation - Benedetto DI PAOLA and Claudio FAZIO
- Importance of studying the individuals' contributions and the supplementary variables in SIA: profiles of learning attitudes on sciences related subjects in french adolescents attending school / Apports de l'étude des contributions des individus et des variables supplémentaires dans le cadre de l'ASI : profils d'attitudes d'apprentissage à l'égard d'objets relatifs aux sciences chez des adolescents français scolarisés - Pascale MONTPIED, Florence Le HEBEL et Valérie FONTANIEU
- Mejorando la validez y fiabilidad de instrumentos de evaluación mediante el análisis estadístico implicativo - Silvia MAYÉN y Carmen DÍAZ
- Actividad lógica y relacional en educación infantil - Eduardo LACASTA, Aitzol LASA y Miguel R. WILHELMI
- Los recursos del "centre pour l'observation et la recherche en didactique des mathématiques" (corem), posible cantera de datos para el asi. Un ejemplo: la enseñanza de la división en la escuela primaria - Guy BROUSSEAU , Pilar ORÚS, Dilma FREGONA et Pablo GREGORI
- Approche implicative d'un processus d'apprentissage : le cas du tede6 - Daniel PASQUIER
- L'analyse statistique implicative et son utilisation en sciences humaines : apports à la recherche en psychologie interculturelle - Gimena PEREZ-CARABALLO, Nadja Maria ACIOLY-REGNIER et Jean-Claude REGNIER

- Analyse exploratoire a priori et analyse confirmatoire a posteriori : paradigme pour la comparaison de deux structures en analyse statistique implicative.- Daniel PASQUIER et Régis GRAS
- Changements socio-historiques et nouvelles formes d'activités dans des situations de formation universitaire : approche A.S.I. pour l'étude d'un dispositif pédagogique basé sur la construction de Bandes Dessinées à l'aide d'un logiciel - Nadja Maria ACIOLY-RÉGNIER, Vladimir LIRA VERAS XAVIER DE ANDRADE et Jean-Claude RÉGNIER
- Malnutrition protéino-énergétique et enseignement de la nutrition et de l'alimentation au Gabon - Laurence NDONG
- Démêler les actions des articulatoires en jeu lors de la production de parole avec le logiciel C.H.I.C. : Analyse de séquences de radiographies de la tête. - Julie BUSSET et Martine CADOT

En ouverture à cet ouvrage, nous présentons le texte de la conférence de Guy Brousseau associé à un hommage que nous souhaitons rendre à notre collègue et ami Filippo Spagnolo qui, en tant que Président du comité d'organisation, avait organisé le précédent colloque ASI5 à Palerme en 2010. Il s'était alors réjoui de la décision de contribuer à ASI6 à Caen en 2012, projetant déjà sa participation active. Mais il nous a quittés brutalement en début 2011. Nous reprenons ici ce que nous avons écrit dans la préface de l'ouvrage⁸ issu du colloque ASI5 :

Combien il est difficile de parvenir à réaliser que la joie de voir la publication de cet ouvrage qui devait être partagée, s'est brutalement transformée en tristesse que vient exprimer cet hommage à notre collègue, collaborateur et surtout ami Filippo. Alors que nous avons pu préparer avec toute l'énergie que cela requiert, notre colloque ASI à l'Université de Palerme, qui fut un succès grâce à sa compétence, et dont le prolongement logique était la publication des travaux faisant suite aux communications, il nous faut accepter la cruauté de la vie. Cruauté qui fait que, par des circonstances malheureuses, elle peut nous être enlevée subrepticement.

En ce début d'année 2011, Filippo s'en est ainsi allé à la grande stupéfaction de nous tous.

Filippo nous manque ! Filippo va nous manquer !

⁸ Régnier J-C., Gras R., Spagnolo F. et Di Paola B. (Eds) (2011) *Analyse Statistique Implicative. Objet de recherche et de formation en analyse des données, outil pour la recherche multidisciplinaire. Prolongement des débats.* Quaderni di Ricerca in Didattica Matematica Sup. n.1, N. 20, 2010 - ISSN on-line 1592-4424

