



Michel Waldschmidt

Institut de Mathématiques de Jussieu

Paris, le 11 Décembre 2010

«Théorie des Nombres », Case courrier 247

Université Pierre et Marie Curie (Paris 6)

4, Place Jussieu

F-75252 PARIS Cedex 05

**Rapport sur l'école de recherche
CIMPA – UNESCO – MICINN – MALI
Théorie des Nombres et Algorithmique
à Bamako, Mali, du 15 au 26 novembre 2010**

Le responsable du comité scientifique, Maurice Mignotte, avait mis au point le programme en mettant l'accent sur l'aspect concret du sujet. Les premiers cours de cette école reprenaient les bases d'algèbre et théorie des nombres qui sont normalement enseignés en première année de Master: représentation des entiers dans une base, ordre lexicographique, division euclidienne, sous-groupe de \mathbf{Z} , polynômes. Les réactions de l'auditoire ont montré que c'était exactement ce qui convenait; en particulier, les fondements indispensables pour comprendre la théorie des nombres sont mal maîtrisés par bon nombre de participants, et il était indispensable de les préciser pour pouvoir progresser efficacement à partir d'une base solide. Cela n'a pas empêché les intervenants d'inclure dans leurs présentations des problèmes de recherche. Les cours de Maurice Mignotte et Yann Bugeaud étaient coordonnés, ils se sont partagé la tâche de rappeler les fondements d'arithmétique, en développant l'aspect algorithmique, sans oublier, par exemple, l'estimation du coût des algorithmes (complexité). Les notes qu'ils ont distribuées ont joué un rôle très utile, même si elles n'ont été diffusées que le jeudi alors que l'école avait commencé le lundi. Les autres notes de cours ont été photocopiées et distribuées beaucoup plus rapidement ensuite, et c'était précieux pour les participants. Le cours de Pietro Corvaja concernait un thème original, les suites récurrentes linéaires, qui offre l'avantage de pouvoir être décliné sur des modes très différents, ce que Pietro n'a pas manqué de faire. Son dernier exposé était à la pointe de la recherche.

Il est vraiment regrettable que Sami Omar n'ait pas pu venir donner les deux cours qui étaient programmés, et qu'il n'ait pas fourni de documentation sur les enseignements qu'il devait donner. Maurice Mignotte a repris

celui sur les tests de primalité, j'ai donné une introduction élémentaire à la cryptographie, tandis que Francesco Pappalardi a donné le cours sur les tests de factorisation, en plus des tutorats qui étaient prévus.

Christophe Delaunay a présenté une initiation à Pari-GP, dont j'ai bénéficié moi-même, avec un premier cours théorique suivi de séances avec ordinateur. Depuis le temps que je voulais m'initier, j'ai enfin comblé cette lacune.

Jorge Jimenez-Urroz a donné un cours sur les formes quadratiques. Je lui avais demandé de le donner à un niveau beaucoup plus élémentaire que celui qu'il avait donné à Kathmandu sur les courbes elliptiques, il a remarquablement réussi. Paradoxalement, il a été aidé par la difficulté qu'il rencontrait à s'exprimer en français, cela l'a forcé à ralentir le rythme et c'était nettement mieux.

J'ai donné un cours sur l'équation de Pell-Fermat, qui avait des liens avec plusieurs des cours donnés avant le mien. Mon premier exposé sur ce sujet (comme celui d'introduction à la cryptographie) était une présentation d'un fichier préparé sur ordinateur, les deux suivants étaient donnés au tableau.

Le mercredi de la première semaine était le jour de la fête du mouton (Tabaski = Aïd El Kebir). Les dates de l'école avaient été choisies par les organisateurs locaux en considérant que ces congés permettraient à un plus grand nombre de participants de se libérer. Ce n'est pas évident que l'effet ait été celui qui était attendu, mais cela a permis aux participants d'avoir une journée libre. Il y a eu trois autres demi-journées libres, les après-midis du samedi et du dimanche au milieu de l'école, ainsi que celle du mardi de la deuxième semaine, où une visite du musée national a été organisée. Les matins du samedi et du dimanche ont été consacrés à un atelier animé par Anders Wandahl sur l'accès à la documentation numérique. C'était la seule activité qui ne soit pas en français, Anders parlait en anglais, et je traduisais. Pietro Corvaja m'a ainsi appris que "cutting edge" se traduisait par "à la pointe de" et "efficiently and effectively" par "de façon complète et efficace". Cet atelier a été programmé par le comité pour les pays en développement de la société mathématique européenne, dont Anders et moi faisons partie, il était financé par l'IMU (International Mathematical Union). Il a eu beaucoup de succès. Anders l'avait déjà donné à **Addis Abeba** (Ethiopie) du 19 au 21 octobre 2010, mais sur une durée plus longue, avec des séances de genre tutorat plus élaborées. Malgré sa brièveté, je pense que cet atelier a eu un impact important, à tel point que j'envisage de le renouveler moi-même lors d'une autre école du CIMPA (celle de Kinshasa **Systèmes**

Dynamiques dans des Variétés et Applications en République Démocratique du Congo fin juillet 2011).

Des formulaires ont été distribués aux participants qui souhaitent faire appel aux services soit de Bordeauxthèque, soit de l'eJDS de l'ICTP, ils seront transmis par Anders aux services en question pour que les comptes soient ouverts. Les scientifiques des pays en développement ont accès à énormément d'information sur internet, ils doivent se fatiguer un peu plus que leurs collègues des pays développés pour en bénéficier, mais, contrairement à ce qu'ils croient le plus souvent, ils peuvent obtenir la plus grande partie de ce dont ils ont besoin sans avoir à dépenser de l'argent, sans disposer de carte bancaire et sans avoir d'abonnement payant. Les informations collectées par Anders et présentées lors de ces deux matinées illustrent ce phénomène de façon lumineuse. Le CIMPA remplit ainsi une des missions qui lui ont été confiées par l'UNESCO lors de sa création, selon le premier article de ses statuts: *le CIMPA a pour but la formation de mathématiciens venant en priorité des pays en développement, au moyen de stages au cours de l'année universitaire et d'écoles d'été, et grâce au développement de moyens de documentation.*

Dès le premier jour, nous avons craint que l'assiduité aux cours ne soit pas satisfaisante; une feuille de présence a alors été systématiquement distribuée, et finalement l'audience a été régulière. Deux participants n'ayant pas été suffisamment assidus (l'un est arrivé avec une semaine de retard sans avoir prévenu, l'autre s'est absenté quatre jours en plein milieu de l'école) n'ont pas reçu de certificat de participation à la fin.

Les pays représentés étaient

- la France (4), l'Italie (2), l'Espagne et la Suède pour les intervenants,
- le Mali (9), le Sénégal (3), le Niger (2), le Burkina Faso (2), la France (2), la Roumanie, la Mauritanie, le Congo, le Soudan, le Nigeria, l'Algérie, la Côte d'Ivoire, le Bénin, la Guinée pour les participants.

Il y a eu beaucoup de désistements, dont ceux de 4 candidats auxquels le CIMPA avait offert un soutien financier. Un nombre plus important de participants était attendu, mais le résultat final est cependant satisfaisant, avec une large diversité géographique. On peut cependant regretter qu'il y ait eu trop peu de participantes, malgré l'attention portée à cet aspect de la question lors de la sélection.

Nous étions logés au CRES (Centre Régional d'Énergie Solaire) sur la colline de Badalabougou, qui dispose d'une résidence hôtelière confortable. Lors des échanges que nous avons eus sur cette question pour la préparation de cette école, nous avons eu des inquiétudes sur le tarif qui serait appliqué,

nous avons finalement bénéficié du tarif normal de 2000 F CFA pour les repas du soir, 3000 F CFA pour ceux de midi, et 15 000 F CFA pour la nuit en chambre climatisée avec petit déjeuner. Nous avons demandé au bout de quelques jours que les repas soient diversifiés. Nous avons eu satisfaction, des plats locaux comme attieke, ignames, allocos, patates douces, ainsi que des boissons de la région (bissap, gingembre) nous ont ensuite été servis. Cet hôtel est bien tenu et les conditions pour y tenir une telle manifestation sont relativement bonnes. La connexion wi-fi marchait raisonnablement bien, l'atelier d'Anders Wandahl a ainsi pu se dérouler de façon satisfaisante. Cependant le tableau blanc était un peu trop petit, les feutres ne s'effaçaient pas toujours aisément, et le dernier jour aucun des feutres (autres que les rouges et verts, illisibles) ne fonctionnait de façon satisfaisante.

Une participante n'a pas eu de chance à son arrivée: d'abord sa valise n'était pas là, elle a dû retourner à l'aéroport deux jours plus tard pour la récupérer. Ensuite elle n'était pas attendue, il y avait eu un problème de communications, et elle s'est laissée conduire dans un des hôtels les plus chers de la ville. Pour compléter le tableau, quand elle a récupéré sa valise, elle s'est rendu compte que son ordinateur n'y était plus. Heureusement, quelques jours plus tard, quand Anders Wandahl est arrivé, il apportait deux ordinateurs portables destinés à vivre une nouvelle vie en Afrique, et cette participante a pu prendre l'un des deux, l'autre étant remis aux organisateurs locaux. Ce genre de cadeaux est très apprécié et j'encourage les collègues qui vont en Afrique à y emporter des ordinateurs portables en bon état qui pourront encore rendre des services.

Site internet et suivi de l'école

Le site local de l'école est hébergé par la FAST et maintenu par le webmaster du Campus Numérique, avec l'inconvénient que toute modification doit suivre une voie longue et compliquée. Il a été mis en place fin mars 2010, j'ai immédiatement demandé que des modifications y soient apportées, cela n'a été fait que mi-septembre 2010 (la réponse début juillet était que le webmaster était en vacances), et cela a été l'unique mise à jour entre sa mise en ligne de ce site et maintenant. Les modifications que j'ai demandées dès le 18 septembre et de nombreuses fois depuis n'ont jamais été faites. Les informations qui y figurent aujourd'hui sont obsolètes. Le workshop du week-end par Anders Wandahl n'a pas été annoncé, les cours programmés par Sami Omar y figurent encore, malgré son désistement. Les organisateurs ont remis le programme, tel qu'il se trouve actuellement sur le site, aux gestionnaires de l'hôtel où nous étions hébergés, ceux-ci en ont déduit qu'il n'y avait pas d'activité le week-end - cela a créé quelques problèmes logistiques,

le repas de samedi midi a été servi en deux temps, avec un premier service à 15h et le second à 16h.

Pour remédier à cet état de fait et assurer le suivi de cette école, j'ai créé une page sur mon site internet dédiée à cette école de recherche. L'adresse URL est

<http://www.math.jussieu.fr/~miw/BamakoCIMPA2010.html>

Chaque intervenant est invité à y mettre les informations sur les cours qu'il a donnés, si possible avec des liens sur internet. L'adresse sera envoyée à tous les participants une fois que la page en question sera suffisamment étoffée. J'espère que ce lien pourra remplacer les fichiers obsolètes encore présents sur le site local de l'école.

Début décembre 2010, juste après la tenue de l'école, Lionel Schwartz effectue une mission à Bamako au cours de laquelle il va discuter avec les mathématiciens de la FAST de l'organisation éventuelle d'ateliers réunissant quelques enseignants extérieurs qui animeront des séminaires sur les sujets qui ont été traités, de façon à progresser et à déboucher vers des questions de recherche.

Merci

Les organisateurs locaux ont réussi leur pari malgré les conditions difficiles - ce n'était pas gagné d'avance. L'énergie nécessaire pour réussir une telle entreprise est certainement nettement supérieure dans un environnement comme celui du Mali à ce qu'elle peut être ailleurs. Quand on entreprend une telle opération, il faut prendre le risque de la réaliser sans avoir reçu de subvention locale, en se contentant de promesses orales dont on ne sait pas, même plusieurs semaines après la clôture, si elles seront tenues ou non. La souplesse du CIMPA dans ces circonstances est essentielle; quand les subventions arriveront, les sommes avancées par le CIMPA lui seront remboursées. Le principal responsable de l'organisation locale était Fana Tangara; bien qu'il n'ait pas été à l'origine de cette initiative, il a accepté de prendre le relais quand cela a été indispensable pour que l'école ne soit pas annulée. Il a alors assumé cette tâche avec un remarquable dévouement. Il a été aidé par le directeur du département de mathématiques, Ouaténi Diallo, qui a joué un rôle clé malgré les nombreuses autres charges qu'il assume. Karim Samaké a aussi été très présent pendant toute la durée de l'école, et a contribué aussi efficacement qu'il le pouvait à l'organisation matérielle; pendant ces deux semaines, c'est lui qui était sollicité au moindre problème logistique. Un bon nombre d'autres mathématiciens de la FAST ont rendu de multiples services, notamment pour transporter les intervenants et les participants au début et à la fin de l'école.

Merci aussi aux intervenants, pour les cours qu'ils ont donnés, pour les multiples discussions qu'ils ont eues avec les participants, pour l'ambiance à la fois studieuse et détendue qu'ils ont su créer, et aussi pour avoir trouvé un financement extérieur pour leur voyage. Cela a permis de réaliser cette école de recherche à un coût assez modeste pour le CIMPA. Des soutiens financiers de l'ICTP, de l'IMU, de l'UNESCO, ainsi que ceux qui doivent venir du Rectorat de Bamako et du Ministère de la Recherche du Mali, ont permis d'équilibrer le budget. Les soutiens espérés de l'AUF et de l'Ambassade n'ont pas été obtenus, mais nous espérons qu'ils viendront ultérieurement contribuer au financement du suivi de cette école. La multiplicité des sources de financements est due à l'action efficace et énergique des organisateurs locaux. L'intérêt des autorités locales pour cette manifestation s'est traduit par la présence de nombreuses personnalités lors des cérémonies d'inauguration et de clôture, ainsi que par la couverture médiatique avec des émissions à la radio et à la télévision sur cet événement. La Ministre de l'Éducation était présente à l'inauguration, ainsi que les recteurs des Universités de Bamako et Ségou, le doyen de la FAST, un représentant de l'UNESCO, le représentant de l'AUF. Tous les bailleurs de fonds avaient été invités, ainsi que l'Ambassade de France, celle d'Espagne et le Consulat d'Italie. Cette cérémonie d'inauguration a été une surprise pour tout le monde (sauf les organisateurs locaux) car nous n'étions pas prévenus, mais cela ne m'a pas empêché de souhaiter la bienvenue à tous au nom du directeur du CIMPA, Claude Cibils, et de la responsable scientifique régionale du CIMPA pour l'Afrique Sub-Saharienne, Marie-Françoise Roy, que je représentais.

Cette école n'est pas la première manifestation de ce genre à Bamako, mais elle représente sans doute un élément important dans le développement de la recherche à la FAST et dans l'activité du réseau régional dont Bamako est un nœud important. J'ai confiance que l'impact de cette école de recherche sera durable.

Le 18 novembre, pendant l'école, nous avons appris le décès du Professeur Akry Koulibaly, qui a joué un rôle de premier plan dans la région, en étant notamment président du conseil scientifique du **RAGAAD** (Réseau Africain de Géométrie et Algèbre Appliquées au Développement). Je l'avais rencontré quand j'étais venu pour la première fois à Bamako pour une réunion du RAGAAD en 2005, sa disparition nous a tous attristés. Les multiples témoignages de sympathie qui ont été envoyés après son décès reflètent le prestige qu'il avait et l'influence qu'il a exercée.

Sites internet:

Page de l'école sur le site du CIMPA

<http://www.cimpa-icpam.org/spip.php?article236>

Page de l'école sur le site de la FAST

<http://www.ml.refer.org/ecole-cimpa-bko2010/index.html>

Page dédiée au suivi de l'école

<http://www.math.jussieu.fr/~miw/BamakoCIMPA2010.html>

Programme scientifique

Fondements de l'arithmétique, Yann Bugeaud, Strasbourg

Arithmétique des grands entiers, Maurice Mignotte, Strasbourg

Introduction élémentaire à la cryptographie, Michel Waldschmidt, Paris

Équations de Pell–Fermat, Michel Waldschmidt, Paris

Tests de primalité, Maurice Mignotte, Strasbourg

Algorithmes de factorisation, Francesco Pappalardi, Rome

Suites récurrentes linéaires, Pietro Corvaja, Udine

Formes quadratiques, Jorge Jimenez, Madrid

Initiation au système de calcul pari-gp et illustrations concrètes des cours,

Christophe Delaunay, Lyon

Séances de tutorats, Francesco Pappalardi, Rome

Atelier sur l'accès à la documentation mathématique par internet, Anders

Wandahl, Stockholm

Référence URL de ce document:

<http://www.math.jussieu.fr/~miw/CimpaBamako2010.pdf>