



**RÉSEAU DES INSTITUTS DE
RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT
DES MATHÉMATIQUES**

Commission inter-IREM
d'épistémologie et histoire
des mathématiques

Compte-rendu de la réunion de la CIIÉHM du 28 septembre 2019

Étaient présent(e)s :

Pierre Ageron, Didier Trotoux (IREM de Caen Normandie)
Frédéric Laurent, Cédric Rouer (IREM de Clermont-Ferrand)
Agnès Gateau (IREM de Dijon)
Hombeline Languereau (IREM de Franche-Comté)
Catherine Farjot, François Goichot (IREM de Lille)
Évelyne Barbin, Anne Boyé, Xavier Lefort (IREM des Pays de la Loire)
René Guitart
Martine Bühler, Renaud Chorlay, Michèle Lacombe (IREM de Paris Diderot)
Alain Bernard (IREM de Paris-Nord)
Nathalie Chevalarias, Jean-Paul Guichard, Jacqueline Guichard (IREM&S de Poitiers)
Dominique Tournès (IREM de la Réunion)
Rossana Tazzioli (IREM de Lille)
Marc Moyon (IREM de Limoges)
Élisabeth Hébert, Christian Vassard (ASSP, IREM de Rouen)
Alice Ernoult (APMEP, IREM de Rouen)
Marie-Cécile Kasprzyk-Istin (Dinard)
Jean-Michel Delire (HE2B, Bruxelles), Béatrice Lemaître

Étaient excusé(e)s :

Guillaume Loizelet, Olivier Keller (IRES de Toulouse)
Patrick Guyot, Frédéric Métin (IREM de Dijon)
Frédérique Plantevin (IREM de Brest)
Gérard Hamon (IREM de Rennes)
Sandra Bella (IREM de Montpellier)
Thérèse Gilbert (GEM, Louvain-la-Neuve)

Annonce de décès

Michel Guillemot (IREM de Toulouse) nous a fait part par courriel du décès de Maurice Caveing (9 juin 1923 – 6 septembre 2019), philosophe et historien des sciences, dont il rappelle qu'il a fortement marqué et aidé la CIIÉHM.

Bilan du XXIII^e colloque de la CII

Le colloque s'est déroulé à Poitiers (site du Futuroscope) du 23 au 25 mai 2019. Cent-soixante personnes, dont la moitié environ étaient inscrites au titre du PNF, ont participé au colloque, même si toutes n'ont pas été présentes pendant les trois jours. Dans certains cas, le colloque a été l'occasion de consolider les liens avec les membres des corps d'inspection.

Le bilan financier est équilibré, la subvention de l'ADERHEM n'ayant été dépensée qu'à 40%.

La formule sur trois jours, du jeudi midi au samedi midi, paraît satisfaisante. Certains ont regretté que deux activités soient proposées en parallèle le vendredi soir.

Actes du XXIII^e colloque de la CII

Les actes seront édités par l'IREM&S de Poitiers, avec le soutien de l'ADERHEM, à la fois sous forme papier et sous forme électronique. Concernant cette dernière, la question se pose de savoir s'il faudra mettre en ligne chaque contribution de manière indépendante et comment il serait néanmoins possible, dans cette hypothèse, de souligner l'unité du volume. Certaines propositions sont faites, qui seront étudiées par l'IREM&S de Poitiers.

On s'accorde sur le fait que les articles devront, plus qu'à l'habitude, éviter l'érudition et être accessibles au plus grand nombre. Il est prévu que chacun soit relu par deux personnes, l'une étant spécialiste du sujet et l'autre non-spécialiste (un bon profil de « non-spécialiste » serait celui d'un animateur IREM actif dans un autre groupe qu'un groupe d'histoire des mathématiques).

Prochain colloque de la CII

Lors du colloque de Poitiers, Guillaume Loizelet avait proposé que le XXIV^e colloque ait lieu à Toulouse en 2021. Excusé lors de la réunion, Guillaume nous a confirmé cette proposition quelques jours après, indiquant que le bureau de l'IREM de Toulouse lui a donné son accord de principe le 4 octobre 2019.

Prochaines réunions plénières de la CII

Samedi 21 mars 2020 (thème : mathématiques et musique).

Samedi 16 mai 2020 (thème : les algorithmes, séance en hommage à Jacques Borowczyk).

Pours ces deux journées, plusieurs noms de conférenciers potentiels sont suggérés ; Pierre Ageron et Nathalie Chevalarias se chargeront de les contacter.

Colloques divers, passés et futurs

Le colloque du cinquantenaire des IREM s'est tenu à Besançon les 9, 10 et 11 mai 2019. Il s'intitulait « Enseignement des mathématiques et des sciences : chercher, former, diffuser ». Évelyne Barbin note que la CIIÉHM n'y a pas présenté de conférence ou d'atelier, ce qui est à l'évidence très regrettable. Nathalie Chevalarias et Pierre Ageron reconnaissent leur possible manque de vigilance concernant ce colloque, celui de Poitiers ayant mobilisé leur attention. Ils n'ont cependant pas été contactés individuellement par les organisateurs, et la liste COMIREM des responsables de CII n'a pas relayé l'appel à communication. Ils écriront à Anne Cortella, présidente de l'ADIREM, pour lui demander si ce raté pourra être réparé à l'occasion de la parution des actes. Évelyne Barbin lui écrira dans le même sens.

Le colloque **ICHME 6** (Sixième colloque international sur l'histoire de l'enseignement des mathématiques) s'est tenu au CIRM (Marseille) du 16 au 20 septembre 2019. Quatre membres de la CIIÉHM y ont présenté des exposés : Évelyne Barbin (qui était aussi l'organisatrice du colloque), Dominique Tournès, Pierre Ageron (exposé à deux voix avec Mahdi Abdeljaouad), Carène Guillet.

Le prochain colloque **HPM** (History and Pedagogy of mathematics) aura lieu à Macao (Chine) du 21 au 25 juillet 2020. La date limite pour l'appel à contribution (en anglais et/ou chinois) est fixée au 31 octobre. C'est une rencontre satellite du colloque ICME 14 qui aura lieu à Shanghaï la semaine précédente. La CFEM (Commission française pour l'enseignement des mathématiques) prendra en charge un certain nombre de déplacements à Shanghaï, Anne Boyé, qui est membre de la CFEM, posera la question de savoir s'il y a possibilité d'extension de la prise en charge pour Macao. Il serait dommage que la CIIÉHM soit trop faiblement représentée à ce colloque dont l'édition précédente avait eu lieu en France (Montpellier).

On rappelle aussi les colloques suivants, déjà annoncés lors de la réunion précédente :

CERME 12 à Bolzano (Italie) du 3 au 7 février 2021

EMF 8 à Cotonou (Bénin) du 11 au 17 décembre 2021

ESU 9 à Salerne (Italie) dans l'été 2022

Année des mathématiques

Elle sera lancée le mercredi 02 octobre 2019. Elle vise à « montrer au grand public le visage vivant des mathématiques et renforcer le lien entre le monde de la recherche et les enseignants du secondaire ».

Publications diverses

Évelyne Barbin, *Faire des mathématiques avec l'histoire au lycée*, Paris, Ellipses, 18 € (80 courtes leçons d'histoire des mathématiques correspondant à des contenus enseignés au lycée, avec des extraits de textes.)

Jean-Michel Delire, *Mathématiques multiculturelles*, tome 1, Bruxelles, HE2B, 25 € (Un cours d'arithmétique, algèbre et géométrie élémentaire pour les (futurs) enseignants s'appuyant sur l'histoire.)

Carole Trébor, *Combien de pas jusqu'à la Lune ?*, Paris, Albin Michel, 2019, 15,90 € (La biographie romancée de Katherine Johnson, mathématicienne noire américaine ayant travaillé à la NASA.)

Jacques Faisant, Denis Lanier, Jean Lejeune, Rémy Morello, Didier Trotoux, « De l'épidémiologie à la sociologie de l'éducation : comparaison de proportions et *odds ratios* », en ligne <https://irem.unicaen.fr/spip.php?article216>

(Cet article du groupe StatMed de l'IREM de Caen sur les *odds ratios*, rapports mesurant la force de l'association entre deux caractères qualitatifs, nous avait été annoncé par Jacques Faisant lors de son exposé à la CII du 23 mars 2019. Il est accompagné d'activités de divers niveaux.)

Projet de livre de la CII pour le lycée

La CII a décidé lors du colloque de Poitiers de mettre en chantier un ouvrage collectif proposant des ressources historiques destinées au lycée dans l'esprit des nouveaux programmes.

La question se pose de savoir s'il faut prévoir un gros livre unique pour le lycée ou trois ouvrages destinés respectivement à la Seconde, la Première et la Terminale. Elle n'est pas entièrement tranchée, car tout dépendra des propositions reçues. Cependant, le programme de Seconde s'adressant à un public d'élèves et de professeurs plus large, plusieurs membres de la commission conseillent de s'orienter dans un premier temps vers un ouvrage spécifique pour cette classe.

Chaque chapitre devra contenir une fiche « clefs en main » décrivant une activité fraîchement expérimentée centrée sur un matériau historique (texte ou instrument). Elle sera précédée d'un exposé en langage simple de l'apport historique minimum (environ 2 pages) et suivie de compléments issus de l'expérimentation de cette

activité : productions d'élèves, témoignages d'enseignants, possibilités de variantes ou d'ajustements de l'activité.

Pierre Ageron et Nathalie Chevalarias prendront des contacts pour recenser les idées et propositions. Certains groupes IREM émettent d'ores et déjà des propositions d'activités sur les sujets suivants : notion de fonction (Clermont-Ferrand), irrationnalité et extraction de racine carrée (Nantes), extraction approchée de racine carrée (Paris 7), géométrie de Descartes vue par Rabuel (Paris 7), logarithmes et exponentielles (Lille), systèmes de vote (Paris Nord)...

Une réunion se tiendra à Paris le samedi 14 décembre à partir de 11h pour tous ceux et toutes celles qui auront exprimé leur souhait de participer à l'ouvrage. À l'issue de cette réunion, le plan définitif de l'ouvrage sera arrêté. Sa rédaction devrait être finie pour la fin de l'été.

Liens avec le réseau IREM

Les co-responsables de la CII seront auditionnés par le comité scientifique des IREM le vendredi 13 décembre 2019. Le président du comité est Pierre Arnoux. Il est à noter que c'est une historienne (Christine Proust) qui lui succédera en 2020.

Le samedi 14 décembre sera la traditionnelle « journée des CII » : tous les membres de la CIIÉHM qui le peuvent sont invités à venir à la réunion commune de toutes les CII qui aura lieu de 8h30 à 11h (amphi 1A). Nous avons décidé lors de notre précédente réunion de ne pas tenir de réunion plénière ce jour-là, car elle serait nécessairement très écourtée. Néanmoins, le groupe de travail sur le projet de livre se réunira à partir de 11h (voir plus haut).

Renouvellement d'un responsable

Lors de la réunion du bureau, il a été rappelé que le mandat de trois ans de Nathalie Chevalarias comme co-responsable de la CII s'achèvera prochainement.

Comme il n'y aura pas de plénière en décembre, le bureau a pris la décision de repousser l'élection de son successeur au 21 mars 2020. Les candidat(e)s seront invité(e)s à faire connaître leur candidature à Pierre Ageron entre le 2 mars et le 20 mars compris. Nathalie sera candidate pour un second mandat. Ces différents points feront l'objet d'un rappel spécifique ultérieur.

Exposés de l'après-midi : mathématiques de la navigation

14h-14h30 intervention liminaire de Pierre Ageron (Caen)

J'ai d'abord présenté quelques ressources en ligne sur les mathématiques de la navigation :

- Robert Rolland (IREM de Marseille) « Quelques problèmes mathématiques liés à la navigation » (calcul des marées, cartographie de Mercator, routes orthodromiques, déviation du compas)

<http://numerisation.univ-irem.fr/MA/IMA10004/IMA10004.pdf>

- Xavier Lefort (IREM des Pays de la Loire), « Some Steps of Location in Open Sea –History and Mathematical Aspects from Astrolabe to GPS » (autour de quatre exercices sur des textes de Pierre de Médine, Simon Stevin, Étienne Bézout, Thomas Sumner)

<http://numerisation.univ-irem.fr/ACF/ACF15055/ACF15055.pdf>

(la version française intitulée « Petite histoire du repérage en haute mer » sera bientôt en ligne)

- les nombreuses ressources du site de l'Association Science en Seine et Patrimoine, issue de l'IREM de Rouen

assprouen.free.fr

J'ai ensuite présenté un travail en cours sur un étonnant manuscrit arabe des années 1780 conservé à Alger, visiblement destiné aux navigateurs et inspiré de traités de l'Europe chrétienne. J'en ai détaillé deux passages : le calcul du rhumb (ou angle de course) et le calcul de l'épacte (paramètre exprimant la différence entre les calendriers solaire et lunaire).

14h30-15h30 exposé d'Élisabeth Hébert et Christian Vassard (Rouen)

Les mathématiques des traités de navigation du XVIIe au XVIIIe siècles

Pour cet exposé, nous nous sommes appuyés pour l'essentiel sur deux manuscrits, sur lesquels nous avons travaillé et qui ont fait l'objet de deux publications : celui du Dieppois Jean- Baptiste Denonville, en 1760, écrit alors qu'il était prisonnier sur parole en Angleterre à York au cours de la guerre de Sept Ans et celui du Havrais Jacques Devaulx rédigé en 1583. Tous deux sont magnifiquement décorés par leurs auteurs et marquent deux époques importantes qui voient l'émergence d'un véritable art de naviguer.

Une des difficultés de cet art de naviguer consiste en l'application d'une discipline souvent bien délicate pour le non-initié : les trigonométries plane et sphérique, qui permettent de résoudre de nombreux problèmes liés au déplacement sur la mer.

Nous avons rappelé au tout début de notre exposé les quelques éléments d'astronomie indispensables au marin, notamment comment la hauteur méridienne du soleil, quand on connaît par ailleurs sa déclinaison, et la hauteur de l'étoile polaire sur l'horizon, permettent de calculer la latitude de l'endroit où l'on est.

Ceci suppose l'utilisation d'instruments dont la précision, grossière au début de la navigation, s'est peu à peu affinée au fil du temps : l'astrolabe nautique (précision de 1°, soit une centaine de kilomètres), l'arbalestrille, l'octant, puis le célèbre sextant (précision 20 secondes, soit 350 mètres).

Pour la longitude, la quête a duré très longtemps : fallait-il utiliser la méthode des distances lunaires ou celle des satellites de Jupiter, issues l'une et l'autre de la noble science astronomique, mais bien difficiles à mettre en œuvre sur un bateau ? Ou bien faire confiance aux horlogers, de « modestes » artisans, capables de construire une montre de marine gardant l'heure à quelques secondes près ? Contre toute attente, l'artisan l'a emporté face au scientifique : Harrison, horloger anglais, a pu dans

la deuxième moitié du XVIII^e siècle, construire des montres de marines d'une précision redoutable, autorisant un calcul précis de la longitude et facile à mettre en œuvre sur un bateau.

Nous avons ensuite développé la notion de triangle de navigation que l'on construit en se déplaçant d'un point A à un point B, déplacement qui peut se décomposer en déplacement N-S (qui donne la variation de latitude) et E-O (qui donne la variation de longitude). Ce qui suppose déjà, selon le cap suivi, l'utilisation de la trigonométrie plan pour un déplacement pas trop important.

Le déplacement N-S ne pose aucun problème, puisqu'il a lieu sur un grand cercle de la sphère terrestre : 1° correspondant systématiquement à 20 lieues, la conversion est immédiate. Pour le déplacement E-O, la conversion des lieues en degrés est plus délicate : un même nombre de lieues peut correspondre à une variation de longitude plus ou moins grande. On convient en général de se placer sur le moyen parallèle entre celui du point de départ A et du point d'arrivée B pour effectuer la conversion. C'est la réflexion sur ce qu'on appelle le triangle de réduction, qui lui aussi fait intervenir de la trigonométrie et est basé sur le fait que le rayon d'un parallèle de latitude φ est $R \cos \varphi$, où R désigne le rayon de la terre.

Plusieurs éléments sont essentiels dans la constitution du triangle de navigation : le cap, suivi à la boussole, la vitesse mesurée au loch, la latitude du point de départ et si la mesure est possible, la latitude du point d'arrivée. Selon les éléments dont on dispose, il s'agit de résoudre un triangle rectangle, en se basant sur la loi des sinus et par la résolution d'une analogie.

Pour éviter les calculs, souvent fastidieux et difficiles pour un non-expert, pour aller plus vite aussi, on a créé des outils, des sortes de règles à calcul, des tableaux de conversion et notamment le quartier de réduction, qui donne par une petite manipulation rapide les résultats trigonométriques du calcul des routes.

La question se pose de savoir ce qui se passe quand on navigue sur une longue distance en suivant un cap donné. En 1545, l'Espagnol Pierre de Médine, dans son *Arte de Navegar*, tenait pour acquis que le déplacement à cap constant, selon un rumb donc, se faisait sur un grand cercle de la sphère terrestre. Le premier, Pedro Nunes, cosmographe royal portugais, a montré qu'une navigation à cap constant se faisait selon une courbe appelée loxodromie (étymologiquement : course de biais), qui s'enroule autour du pôle sans jamais l'atteindre. Des calculs de nature « pré-infinitésimale » ont été menés donnant les caractéristiques de cette courbe loxodromique. On en a déduit des méthodes de navigation, par les latitudes croissantes et par les tables de loxodromie, donnant pour un voyage long une bonne précision dans l'estimation de la longitude.

La navigation de cette époque a été une course progressive vers la précision : celle des instruments de navigation, mais aussi celle des méthodes mathématiques sous-tendant les déplacements sur les océans. La création des écoles d'hydrographie, dans la deuxième moitié du XVII^e siècle, a donné au marin le bagage scientifique nécessaire au pilotage d'un bateau, avec le souci d'offrir des méthodes variées, permettant de répondre à toutes les situations d'urgence que l'on pouvait rencontrer sur un navire en pleine mer. [Résumé fourni par Christian Vassard, que nous remercions.]

15h30-16h30 : exposé de Marie-Cécile Kasprzyk-Istin (Dinard)

La « numératie » dans la navigation aérienne avant la Seconde Guerre mondiale

La conférencière, professeur au lycée hôtelier de Dinard, a soutenu en octobre 2018 une thèse de doctorat qu'elle a préparée sous la direction d'Évelyne Barbin et Dominique Tournès. Elle commence son exposé par quelques définitions. La *numératie* est la capacité à utiliser, appliquer, interpréter et communiquer des idées mathématiques dans le cadre de la vie quotidienne ou professionnelle. Quant à la navigation, voici la définition qu'en proposait en 1921 la revue *L'Aéronautique* : « Naviguer, c'est se rendre d'un point à un autre de la surface du globe par le chemin le plus court et en même temps le plus commode à suivre. »

Dans l'histoire de l'aéronautique, différentes méthodes de navigation ont été utilisées : 1°) la navigation par repérage préalable d'éléments au sol, 2°) la navigation astronomique consistant à calculer sa position à partir de la hauteur des astres (analogue à celle des marins, elle est compliquée

par l'absence d'horizon), 3°) la navigation estimée à partir de la vitesse de l'avion. Si le triangle de position joue un rôle essentiel dans la navigation astronomique, c'est le triangle de vitesse qui est au fondement de la navigation estimée. Ses trois côtés représentent la vitesse propre de l'avion, sa vitesse absolue au sol et la vitesse du vent. L'angle entre les deux premiers représentent la dérive entre la route tracée et la route réelle. La dérive des aéronefs est due au vent ; elle est comparable à celle des sous-marins plus qu'à celle des bateaux. Divers instruments résolvant le problème de calcul du cap sont présentés : règle Cras (deux rapporteurs inversés entre deux règles), cercle calculateur de Duval (il matérialise le triangle de vitesse), estimo-navimètre de Lénier, navigraphe de Le Prieur. La question des conversions d'unités est aussi abordée, car la navigation aérienne utilise en parallèle trois unités de vitesse (le nœud ou mille marin à l'heure, le km/h et le m/s). [Résumé par P.A.]

16h30 : La réunion se termine par un pot convivial pour fêter le prix du livre d'enseignement scientifique de l'Académie des sciences, reçu le 16 juin 2019 par notre ouvrage *Passerelles : enseigner les mathématiques par leur histoire au cycle 3* (ARPEME, 2018, 22 €).