1. **Présentation synoptique de l’objet et du contexte**
   1. **Temporalité**
   2. **Acteurs**
2. **Origine et arrière-plan historiographique de l’exposition**
   1. **Genèse d’une exposition-portrait**
   2. **Rappels historiographiques**
   3. **Les membres du CS de l’exposition**
3. **La conception de l’exposition**
   1. **Principaux partis pris**
   2. **Organisation spatiale et thématique**
   3. **Un exemple des tensions liées à la conception**
4. **La réception de l’exposition**
   1. **La catégorie propre à l’IHP de l‘exposition portrait »**
   2. **Les scientifiques comme médiateurs**
   3. **Organisation du stage de formation continue associé**
   4. **Résultats de l’action de formation**
5. **Conclusions**
   1. **Rappels sur la notion d’objet frontière**
   2. **La circulation entre choix scientifiques et choix pédagogiques**

**1/ Présentation synoptique (diapos 1 et 2) - Alain**

***1.1 temporalité*** Nous discutons ici les enjeux historiques et didactiques de l'exposition "Borel: un mathématicien au pluriel" présentée pour la première fois à l'IHP de septembre 2021 à février 2022. Comme le montre cette première diapositive, les premières discussions qui permettent de mettre en place un comité scientifique de l'exposition à l'IHP datent du premier semestre 2020. Le lancement des travaux date de septembre 2020, et ils s’étendent sur une petite année. L’exposition est empruntable depuis sa clôture sur demande.

En parallèle, l’idée d’associer à l’exposition un stage de formation continue pour enseignants est lancée à la même date. Appuyée par l’académie de Créteil, elle aboutit à un stage qui a débuté avec l’exposition et s'est terminé après elle, et a donné lieu à différentes activités (visites, emprunts) réalisées par les stagiaires. Ce colloque nous a donné l’opportunité d’une enquête rétrospective sur cette expérience, dont nous livrons ici les résultats.

***1.2 acteurs*** Cette seconde diapositive en forme de rapide « sociogramme » montre quant à elle le réseau d’acteurs impliqués, les statuts et positions institutionnelles étant variables. Chaque acteur est désigné par ses initiales.

* En bleu et vert, les membres du comité scientifique dont une partie importante d’historiens des sciences (en vert) et deux mathématiciennes (en bleu)
* En orange et beige, les personnes qui réalisent concrètement l’exposition (la graphiste et la responsable de la bibliothèque, en orange), ou qui conseillent la réalisation (médiateurs, en beige).
* En orange sur la droite, les enseignants qui organisent des actions pédagogiques autour de l’exposition, en majorité ce sont les membres du stage de formation continue dont il a été question plus haut.
* En orange foncé, toujours sur la droite, les organisateurs et animateurs du stage, où on retrouve de nombreuses personnes membres soit du CS soit de l’organisation. Plusieurs membres du CS jouent aussi le rôle d’accompagnateurs ou de formateurs, c’est le cas de vos deux serviteurs

Trois personnes ont joué un rôle pivot dans l’organisation globale : Hélène Gispert la commissaire de l’exposition, Clotilde Fermanian la présidente du comité de culture mathématique (CCM) de l’IHP, enfin Noëlle Kracjman une médiatrice alors employée à l'IHP, qui nous ont donné de précieuses informatrices pour notre enquête.

L’accolade du bas représente enfin le fait que nous avons analysé rétrospectivement cette intéressante expérience, pour préparer cette rencontre. Nous insisterons sur deux étapes clés, celui de la conception puis celui de l’exploitation par les enseignants.

**Partie 2 – Laurent**

Quelques précisions d'abord sur la genèse du projet. 2021 était une année marquée par deux anniversaires boréliens : les 150 ans de sa naissance et le centenaire de son élection à l'Académie des Sciences. Au début 2020, j'avais suggéré à Hélène Gispert d'envisager d'organiser une manifestation pour l'occasion; coïncidence, la direction de l'IHP avait justement contacté Hélène pour lui demander d'envisager une exposition-portrait sur Borel, pour faire suite à celle qui venait d'être présentée sur Jean Perrin. Le principe de cette exposition a ainsi été acté pour 2021.

Nous avons d'emblée voulu avec Hélène que l'exposition projetée porte témoignage de l'évolution historiographique des dernières décennies concernant Borel. Si les mathématiciens ont en général gardé la mémoire du personnage en lien avec ses travaux autour de la théorie de la mesure, les recherches historiques récentes ont fait ressortir à quel point cette vision était extrêmement réductrice. Pour le résumer en une formule, l'ambition de l'exposition que nous envisagions était d'abord de mettre en avant que *Borel ce n'est pas que les boréliens.*

Dans l'équipe d'organisation des expositions qui avaient été présentées précédemment à l'IHP, la présence d'historiens était plutôt réduite. Pour l'exposition sur Jean Perrin par exemple, il n'y avait que l'historien du CNRS Denis Guthleben. Hélène a d'emblée insisté pour qu'une équipe d'historiens soit mobilisée ce que la direction de l'IHP a accepté,. L'argument avancé était qu'une telle équipe était indispensable pour pouvoir le présenter au centre des multiples réseaux sans lesquels on ne peut comprendre le personnage, l'étendue de son action et ses diverses facettes.

Les travaux des vingt dernières années soulignent en effet combien l'œuvre et l'activité professionnelle de Borel se sont déployés au croisement de multiples réseaux peuplés d'acteurs variés. Deux exemples : dans son étude pionnière de la France mathématique à travers l'examen de la Société Mathématique de France, Hélène a fait ressortir comment au début du 20ème siècle, Borel est omniprésent comme animateur de la scène de la théorie des fonctions. Pour ma part, j'ai poursuivi la piste ouverte notamment par Bernard Bru afin de montrer comment les mathématiques du hasard étaient devenues centrales dans la conception borélienne et comment il avait fédéré autour de ces sujets de nombreux jeunes mathématiciens (en général normaliens) qui ont pu ensuite s'intéresser aux applications des probabilités.

Le titre que nous avons trouvé par la suite, "Borel un mathématicien au pluriel" est une bonne illustration de l'importance du collectif que l'équipe d'historiens a voulu défendre. Si Borel reste évidemment un scientifique de premier plan (l'intention n'était pas de déboulonner la statue du héros) nous voulions surtout défendre une version plurielle du mathématicien qui n’en fasse pas qu’un mathématicien génial s’étant occupé essentiellement d’analyse. Il a donc fallu réunir des historiens qui avaient été concernés par l'activité du mathématicien à différents titres. En effet, non seulement Borel s'est investi dans plusieurs domaines mathématiques (analyse, probabilités, statistiques, théorie des jeux, physique mathématique) mais son activité professionnelle fut aussi régulièrement consacrée à des questions d'enseignement (et cela à tous les niveaux) ou à des questions d'organisation du travail scientifique. En plus d'Hélène et moi, il s'agit de :

- Matthias Cléry qui, au moment même où les travaux préparatoires de l'exposition étaient lancés en novembre 2020 avait soutenu une thèse consacrée à la scène probabiliste à l'IHP dans les années 1930 qu'Hélène et moi-même avons encadrée, travail important qui avait permis de mieux comprendre comment Borel, dans la dernière partie de sa carrière, avait pu en quelque sorte synthétiser ses réflexions sur la vie scientifique grâce à la mise en place de l'Institut.

- Martha-Cecilia Bustamante historienne de la physique qui venait de publier une très belle édition commentée des notes de Borel sur le cours de Langevin de 1912 au Collège de France consacré à la théorie du rayonnement;

- Caroline Ehrhardt, qui avait travaillé sur la collection Borel de théorie des fonctions et plus récemment avec Hélène sur la Revue du Mois. Ce dernier travail avait été dans le cadre d’un projet de recherche financé par la « mission recherche » de l’INSPE de l’académie de Créteil, en partenariat avec l’IREM de l’Université Sorbonne Paris Nord. La thématique du projet, « mathématique, histoire et citoyenneté » reprenait et enrichissait une thématique pour laquelle cet IREM est connu de longue date, savoir « statistiques et citoyenneté ».

- Alain Bernard qui était lui aussi associé au projet précédent pour l'université de Créteil. Il s'était intéressé à la fois aux manuels de Borel destinés à l'enseignement secondaire et à l'articulation de la pensée scientifique du mathématicien avec des aspects de la politique éducative de la IIIème république dans le cadre du même projet.

Nous avons rapidement décidé de centrer l'exposition sur l'activité mathématique de Borel (au sens large) : les autres engagements (politique notamment) pouvaient être mentionnés (et le seraient nécessairement) mais dans la mesure où ils servaient de support à cette activité. Ce choix nous paraissait particulièrement justifié pour au moins deux raisons: d'abord parce que l'exposition était présentée à l'IHP, lieu explicitement destiné aux mathématiques; ensuite parce que l'évolution historiographique récente a justement bien fait ressortir à quel point Borel a voulu construire tous les aspects de sa vie en mettant les mathématiques au centre.

L'exposition étant prévue pour l'espace de convivialité de la bibliothèque de l'IHP, l'espace disponible était relativement restreint. On nous offrait la possibilité de suspendre une dizaine de panneaux complétés par une ou deux petites vitrines et des enregistrements audios... Le travail de l'équipe d'historiens s'est donc essentiellement concentré sur une première rédaction des panneaux que nous nous sommes répartis par groupes de deux membres (les binômes changeaient en fonction des thèmes). Au bout de deux mois d'échanges, nous avions abouti à une première version des panneaux, au nombre de 11, divisés en trois groupes de trois plus deux panneaux "exogènes" destinés à montrer la variété d'occupations de Borel à travers une vision synoptique sur son agenda pendant deux années (1910 et 1934).

Les panneaux étaient donc répartis comme suit :

- Les problèmes de Borel : logique et théorie des ensembles ; probabilités ; physique mathématique

- Borel à l'œuvre : Construction de réseaux, direction éditoriale de collections, fondation de l’IHP

- Transmettre des mathématiques : manuels ; publications grand public ; interdisciplinarité

A la suite de la soumission de cette première version au conseil scientifique fin octobre 2021, Hélène a appris avec une certaine surprise qu'il allait falloir sensiblement réorienter notre travail car la direction de l'IHP souhaitait en fait que l'exposition soit destinée en priorité aux élèves de l'enseignement secondaire lors de visites qui seraient organisées. Devant ce changement du cahier des charges, nous avons décidé de poursuivre la préparation en envisageant des modifications indispensables pour rendre les contenus plus accessibles à des élèves de collège ou lycée (plutôt lycée en fait), mais aussi en exigeant de ne pas abandonner l'architecture globale que nous avions prévue, ce qui a été en gros accepté en échange de compromis de simplification sur les contenus. En parallèle, comme on l’a vu, nous proposions la mise en place d’une formation permettant de préparer ces visites dont il sera question plus loin.

A titre d'exemple, pour illustrer les intéressants aléas et tensions de ce travail collaboratif de conception , je voudrais vous présenter les deux versions extrêmes du panneau dont Martha-Cecilia et moi nous sommes occupés, consacré aux travaux de Borel autour de la physique mathématique. Ce fut en effet celui dont la relecture a donné lieu aux échanges les plus vifs avec les membres non historiens du comité scientifique.

Vous avez à gauche notre première version soumise au comité de pilotage et à droite la version définitive présentée dans l'exposition. Je vais juste faire quelques commentaires rapides sur le contenu de ces panneaux. Naturellement, il faut garder en tête que les panneaux étaient régulièrement revus et « corrigés » par le comité d’organisation et qu’il fallait en outre tenir compte des suggestions de la graphiste.

1) le texte a été assez nettement raccourci, notamment dans les légendes des figures. Le résultat du compromis est assez logiquement mitigé. Le texte est certes moins dense mais aussi parfois plus évasif. Il semble de ce fait réclamer pour des élèves plus d'explications orales de la part d'un enseignant accompagnateur. Alain reviendra sur ce point dans la suite.

2) Malgré nos protestations véhémentes, les deux mathématiciennes du comité scientifique ont plaidé pour la disparition des commentaires sur la théorie des quantas (et les schémas expliquant le rayonnement du corps noir ont disparu dans la foulée) au profit de l'expression "approche particulaire". De haute lutte, nous avons obtenu que le mot "quanta" reste mentionné une seule fois en passant dans le commentaire sur le cours de Langevin. Il s'agit de l'un des seuls désaccords entre mathématiciens et historiens sur un choix conceptuel.

3) le portrait d'Einstein a été rajouté même si la justification est un peu discutable d'un point de vue thématique. En fait, les médiateurs souhaitaient sans doute que les lecteurs (surtout s'il s'agissait d'élèves du secondaire) puissent retrouver un minimum de repères culturels.

**Partie 2 – Alain + conclusion**

Ayant pénétré le travail de conception scientifique de l’exposition qui incluait d’emblée, comme on l’a vu, un travail de médiation en « sourdine », concentrons-nous maintenant, à partir de quelques exemples, sur l’autre versant de l’exposition, à savoir sa réception par des enseignants puis leurs élèves.

Du point de vue l’IHP en tant qu’institution à vocation culturelle, appuyé par un service de médiation alors en cours de consolidation en vue de l’ouverture de la future « Maison Henri Poincaré », l’exposition que nous avons co-construite entre dans une des deux grandes catégories de réalisation culturelle diapo : les expositions-portrait, dont l’exposition sur Jean Perrin était le dernier exemple, et des expositions « événement » centrées sur une ou plusieurs thématiques scientifiques majeures. Les premières ont un budget réduit comparé à celui des secondes (facteur de 1 à 20) et impliquent non seulement de mobiliser une expertise scientifique et historique, mais d’impliquer les membres du comité scientifique dans l'accompagnement des expositions ; ceux-ci sont donc les premiers "médiateurs" de l'exposition. Les secondes sont plus directement réalisées par le service médiation qui mobilise et coordonne des experts confirmés et doctorants, et s’implique plus directement dans la réalisation, la mise en place et la valorisation d’événements thématiques sans dimension « historique ». Ainsi Laurent, Sylvie, Clotilde se sont impliqués dans l’accueil de différentes classes lors de visites de l’exposition à l’IHP. Quant à moi et fort de ma position à l’INSPE de Créteil, j’ai mis en place comme on l’a vu une formation pour enseignants pour apprendre à exploiter cette exposition dans le cadre d’actions pédagogiques.

Toutes les visites de l’exposition qui ont été organisées ne dépendaient pas du stage. Il y a d'ailleurs eu peu de visites organisées sur la durée de l’exposition en raison des circonstances très défavorables (la COVID a empêché toute action concrète en janvier février 2022): deux d’entre elles par des enseignants extérieurs au stage (de Laval et d’Angers), deux par des stagiaires. Toutes les visites étaient accompagnées par un membre du comité scientifique. Les médiateurs de l’IHP étaient systématiquement impliqués dans chacune et ont tenu à jour une documentation critique.

Le stage de formation continue s'adressait à des enseignants de collège et lycée. Il devait leur permettre de découvrir, de comprendre puis d’intégrer l’exposition à des actions pédagogiques dont je donnerai plus loin quelques exemples. Le déroulement concret est *résumé dans cette diapositive* diapo. On voit qu'il suit un schéma classique: à une étape de découverte de l’exposition et de conscientisation de ses enjeux, étayée par plusieurs ateliers sur le matériel sous-jacent (d’un point de vue documentaire et scientifique), succède un travail préparatoire en atelier débouchant sur une mise en œuvre puis un retour d’expérience. J’insisterai ici sur plusieurs aspects importants pour notre propos:

* Les enseignants participants constituaient un public motivé mais dépourvu de toute expérience préalable avec des institutions visant à développer la culture scientifique, comme le CNAM ou le Palais de la Découverte. Pour beaucoup d’entre eux, l’IHP lui-même était ainsi un lieu nouveau et « inédit ». Cela impliquait donc non seulement de comprendre les attentes « naïves » des stagiaires, mais aussi de leur faire connaître les particularités du lieu d’exposition puis de les mettre en état de concevoir une action pédagogique réfléchie. Les médiateurs de l’IHP ainsi que Clotilde Fermanian avaient été associés à la conception et en étaient partie prenante
* Sauf une très courte introduction visant à expliciter ce qu’était l’IHP et ses composantes et sur son insertion dans le quartier latin, la découverte de l’exposition par les stagiaires s’est faite « à blanc », sans explications préalables sur l’exposition elle-même et ses parti pris majeurs. Les stagiaires ont plutôt commencé par une visite libre de l’exposition avec pour seule consigne de réfléchir à des questions génériques préparant à un « remue-méninges » diapo destiné à recueillir les premières impressions et idées.
* La question de la construction d’une médiation concrète entre le contenu de l’exposition et les élèves a été posée d’emblée, en explicitant que l’IHP n’était pas en état pour l’instant d’offrir un tel matériel; le CNAM par exemple offre, quant à lui, des kits pédagogiques préparatoires. Il importait donc d’y réfléchir d’emblée à partir du matériel disponible. Il pouvait s'agir de livres mis à disposition par la responsable de la bibliothèque ou de ressources en ligne, comme le beau manuel d’algèbre de Borel publié en 1903.

\* \*

Le résultat obtenu a largement dépassé les espérances initiales compte tenu du contexte plutôt morose créé par la pandémie. D’une part le remue-méninge initial a rapidement montré que les enjeux historiographiques ont été pleinement compris : ainsi notre ambition de faire remarquer le nombre étonnant des publications et initiatives « vulgarisatrices » ; le côté fortement collectif de la « vie mathématique » du temps de Borel ; ou encore l’aspect fortement « interdisciplinaire » de ses recherches et publications. D’autre part et surtout, les visites effectivement mises en place en décembre puis les retours réflexifs lors d’une dernière journée en mai 2022 ont été très riches. Cela s’explique en partie par le dynamisme propre à ce groupe de stagiaires (un aléa classique de ce type de formation), mais aussi par l'efficacité de l’organisation de l’IHP, la médiatrice Noëlle Kracjman ayant pris le relais dès la seconde journée pour assurer la réussite et l’organisation concrète des visites de classe. C’est à elle que nous devons une bonne partie de nos informations et analyses *ex post*, recueillies lors d’un entretien semi-directif.

Intéressons-nous maintenant à l’expérience des enseignants participants. En lien avec la première partie, il est en effet intéressant d’examiner la « digestion » par les stagiaires de nos choix scientifiques et didactiques de départ. Autrement dit, il s’agit d’interroger la manière dont la réflexion de ces collègues a tout à la fois prolongé les intentionnalités de départ et les ont transformées dans la sphère de leur expertise propre. S’il est bien sûr difficile de résumer la richesse et la diversité des expériences construites, même sur un échantillon si réduit, nous pouvons néanmoins en souligner la créativité au travers des formes prises par les réalisations : outre les visites de classes, signalons un jeu de piste à travers le Quartier Latin, et une expérience d’emprunt de l’exposition dans un lycée.

Ce qui est donc important de noter ici est la manière dont les choix profonds de l’exposition ont été réappropriés et ont connu un nouveau devenir :

* A l’idée centrale de Borel mathématicien *pluriel* et fondateur d’institutions, a fait écho la réflexion sur l’accueil sur les lieux, sa signification et surtout le fait qu’il reste le lieu d’une élaboration collective du savoir.
* Borel mathématicien : les arguments ont été redéveloppés en activités propres pour faire comprendre les contenus mêmes, ce à quoi les panneaux seuls ne pouvaient prétendre;
* Borel homme de sciences, passeur d’idées et innovateur au croisement des mathématiques, de la physique, de l’économie (théorie des jeux), et de leur enseignement : cette idée a reçu un fort écho dans un contexte où plusieurs enseignants s’interrogent, depuis la dernière réforme du lycée, sur le moyen de travail sur l’orientation de leurs élèves vers des « métiers scientifiques » et, plus spécifiquement, sur des sujets de « grand oral »

Certains de nos parti pris ont été remarqués mais sont restés sans échos particuliers dans les actions pédagogiques : ainsi Borel vulgarisateur des mathématiques, éditeur, auteur de manuels, est passé quelque peu inaperçu. L’introduction de la notion de fonction dans le manuel d’algèbre, pouvait pourtant faire écho aux préoccupations des stagiaires.

\* \*

Pour conclure, revenons brièvement sur les réflexions développées dans un séminaire interdisciplinaire il y a dix ans, associant des chercheurs et chercheuses en histoire des sciences ou en didactique, tous impliqués dans des formations professionnalisantes diverses et qui a donné lieu à un numéro spécial de la revue TREMA. diapo Nous avions alors proposé une comparaison innovante entre différents dispositifs de formation ou de médiation culturelle, dont plusieurs en lien avec des expositions ou des dispositifs muséaux. Ces problématiques retrouvent aujourd’hui une certaine actualité au travers des travaux du réseau Recherche sur la Médiation des Sciences ReMédiS, auxquels Muriel Guedj contribue actuellement. Un des concepts alors mobilisés pour penser ces situations complexes est celui *d’objet-frontière*, élaboré par les anthropologues des sciences (Star et Griesemer) diapo pour penser la négociation de sens qui s’opère autour d’objets comme des classifications naturelles au sens d’institutions scientifiques et muséales. Vu la variété des acteurs impliqués dans l’exposition « Borel, un mathématicien au pluriel » et leurs intérêts parfois divergents, ces idées restent pertinentes. Elles permettent en effet de mieux comprendre les enjeux de la renégociation permanente du sens de l’exposition, et nous pouvons nous regarder à la fois comme les acteurs et les observateurs de cette intéressante expérience muséale.

Ce que cette vue d’ensemble indique selon nous, est que le devenir d’un tel objet-frontière traduit la perméabilité entre les choix historiographiques prononcés de l’équipe qui a élaboré l’exposition elle-même, et des choix pédagogiques de ceux et celles qui en ont fait un objet d’apprentissage. Que l’appropriation d’un matériel culturel par des enseignants, au filtre de leurs connaissances, de leur expertise, soit une condition de réussite de ce qu’on appelle traditionnellement « l’intégration d’une perspective historique à l’enseignement » a été bien étudié. Que ce travail soit par ailleurs le miroir d’un travail d’élaboration scientifique, et qu’il passe par la circulation d’objets-frontière mériterait dans certains cas d’être documenté.