

INTRODUCTION

En 1915, Albert Einstein révolutionnait notre conception de l'espace et du temps avec sa nouvelle théorie de la gravitation, la relativité générale[†]. Cent ans après, cette théorie fournit toujours le cadre formel pour concevoir l'évolution de notre univers observable. À la suite d'Einstein, la communauté scientifique cherche à construire un cadre théorique unificateur de toutes les forces fondamentales dans l'objectif d'expliquer l'origine et la structure de notre univers observable. Mais, finalement, qu'observons-nous ? À plusieurs occasions j'avais lu les commentaires du père Pavel Florensky (1882-1937) sur son interprétation des théories d'Albert Einstein, et ses remarques sur la quête d'une théorie unificatrice des lois de la nature. Ces trop brefs aperçus de sa pensée m'intriguaient fortement. *Les Imaginaires en géométrie* n'existant pas en français, j'ai donc décidé de le traduire pour faire connaître ce livre singulier¹, qui ne doit pas être lu

[†] Les notions de mathématique et de physique mentionnées dans cet ouvrage sont détaillées dans le glossaire, p. 119.

1. Un ami m'a mis en contact avec Françoise Lhoest, traductrice de nombreux ouvrages de Florensky en français, pour le plus grand bonheur de chacun. L'histoire de cette traduction mérite d'être contée : c'est en 1926 que Sophia Ivanovna Ogniova s'est exercée à traduire *Les Imaginaires en géométrie*. Épouse d'un professeur de l'université de Moscou, elle avait un bel appartement au centre de la capitale mais après la révolution, à l'été 1919, Sophia, son mari et son fils cadet durent fuir la capitale en abandonnant leurs biens pour éviter la répression, et se réfugièrent à Serguiev Possad où elle fit la connaissance de Pavel Florensky qui y habitait depuis 1915. Elle devint une familière de la maison et nota, sous la dictée de Florensky, un certain nombre de ses textes, dont « L'Iconostase » et au moins une partie de la *Philosophie du culte* (voir la bibliographie des œuvres en français de Pavel Florensky, p. 127). Sophia Ivanovna, comme les gens de sa génération dans son milieu, avait une bonne maîtrise du français et entreprit de traduire *Les Imaginaires*. En 1991, Françoise Lhoest reçut de Maria Serguéievna Troubatchova, petite-fille de Florensky, une photocopie du manuscrit de cette traduction à la belle écriture régulière et produisit une version sur ordinateur, mais sans équation ni illustration. Quelques années plus tard, elle envoya cette version provisoire à Sœur Svetlana Marchal, mathématicienne, qui se doit d'être remerciée en raison des nombreuses corrections indispensables qu'elle apporta au texte, sans avoir d'instruments de référence sous la main. Aujourd'hui, quatre-vingt-dix

comme un ouvrage de mathématique ou de physique mais plutôt comme une tentative d'utiliser la géométrie des imaginaires pour analyser la notion fondamentale de dualité entre le monde réel et spirituel.

La place des sciences dans la vision de Florensky

Dès ses études au lycée de Tiflis (aujourd'hui Tbilissi), Pavel Florensky a démontré des talents mathématiques remarquables[†]. Il pense alors que les sciences sont la clef des secrets de l'existence. À l'université, il est l'élève de Nicolas Bougaïev, un éminent professeur de mathématique de la faculté de Moscou. Bougaïev avait une perspective religieuse et idéaliste opposée au matérialisme qui influença fortement la Société mathématique de Moscou qu'il fonda en 1864². Avec Dmitri Egorov et Nicolas Louzine, également élèves de Bougaïev, Florensky crée «l'École mathématique de Moscou de la théorie des fonctions»³. Ses premiers travaux scientifiques sur les fonctions discontinues, réalisés sous la direction de Bougaïev, vont avoir une forte influence sur la conception du monde de Florensky, qui voyait la discontinuité comme une composante de sa vision du monde.

Mais, en 1904, après avoir terminé de brillantes études universitaires et soutenu son mémoire de maîtrise, «Sur les singularités des courbes algébriques», il réalise la limite des connaissances physiques et se tourne vers la religion. Il refuse un poste d'assistant à la chaire de mathématiques et s'inscrit à l'Académie de théologie de Moscou. Florensky explique dans une lettre à sa mère que son but n'est pas de devenir mathématicien, mais de bâtir une synthèse entre le monde séculier et le monde religieux, d'unifier les enseignements positifs de l'Église, des sciences, de la philosophie et des arts⁴.

ans après la première version de cette traduction réalisée par Sophia Ivanovna Ogniova, *Les Imaginaires en géométrie* existe désormais en français grâce à une traduction qui est le fruit d'un travail collectif ayant duré presque un siècle. Je remercie Françoise Lhoest pour sa collaboration dynamique et intense, ainsi que Marie Caillat et Jean-Michel Kantor pour leurs commentaires sur une version préliminaire de cet ouvrage.

2. Charles E. Ford, «Dmitri Egorov: Mathematics and Religion in Moscow», in *The mathematical Intelligencer*, vol. 13, n°2, Springer Verlag, 1991.

3. L'histoire de cette école, qui aura une influence importante sur les mathématiques du xx^e siècle, est racontée dans le livre de Jean-Michel Kantor et Loren Graham, *Au nom de l'infini. Mysticisme religieux et créativité mathématique*, Paris, Belin, 2010.

4. Lettre du 3 mars 1904, dans *Obretaya Pou'*, Moscou, Progress, 2015, t. II, p. 543. Voir S. S. Demidov et C. E. Ford, «On the road to a unified world view: Priest Pavel Florensky-Theologian, Philosopher and Scientist», in *Mathematics and the Divine: A historical study*, Elsevier, Amsterdam, 2005, p. 595-612.

En «homme de la Renaissance», Florensky s'est intéressé à de nombreux domaines scientifiques. Beaucoup l'ont comparé à Léonard de Vinci mais cette comparaison est trompeuse car la motivation de Florensky n'était pas un simple désir d'apprendre mais d'utiliser toutes les ressources des sciences pour bâtir un monde unifié, où science et religion, phénomènes et idées platoniciennes, spirituel et rationnel, coexistent harmonieusement. En cela sa démarche est plus proche de celle d'un Blaise Pascal⁵. Florensky espérait démontrer que les découvertes scientifiques modernes n'avaient rien d'incompatible avec les dogmes de l'Église orthodoxe: «les plus grandes découvertes consistent à réaliser des ponts entre des domaines très différents et passer d'un domaine à l'autre⁶», écrit-il. Ainsi les mathématiques constituent-elles le moyen de comprendre les phénomènes complexes de ces différents domaines, philosophie et théologie incluses. Nombreuses sont ses constructions mathématiques qui servent cet objectif. Profondément religieux, il n'étudiait pas les phénomènes naturels pour eux-mêmes mais pour révéler le «mystère» caché sous le «masque» de la réalité physique. Dès 1903, alors qu'il était encore étudiant en mathématiques, Florensky déclarait que science et religion «sont également nécessaires à l'homme, également justes et sacrées [...] une chose sacrée ne peut pas et ne doit pas contredire une autre chose sacrée, tout comme une vérité ne peut pas complètement exclure une autre vérité⁷».

Au milieu des années 1920, il travaille principalement sur la physique et l'électrodynamique, et publie en 1922, à l'âge de 40 ans, son principal travail de science pure, *Les Imaginaires en géométrie*. Les imaginaires lui permettent de construire un modèle unifiant le monde physique et spirituel grâce à des constructions qui «ne sont pas des analogies ou des comparaisons mais des indications de similarités essentielles [qui] ne doivent pas être acceptées ou rejetées selon des buts personnels mais des choses dont la légitimité est déterminée par des prémisses correctement formulées; en résumé: des schémas mentaux

5. Franck Damour, «Pavel Florensky ou Pascal au goulag», in *Études*, Paris, 2011, t. 415, p. 341-350.

6. Sergei S. Demidov, Aleksei N. Parshin, Sergei M. Polovinkin et Pavel V. Florensky (éd.), *Correspondance entre N. N. Luzin et P. A. Florensky*, Istoriko-Matematicheskie Issledovaniya, Moscou, 1989, vol. 3, p. 147-148.

7. Cité par Michael Chase dans «Pavel Florensky On Space And Time», ΣΧΟΛΗ, vol. 9, n°1, 2015, p. 105-118 [https://www.academia.edu/10057423/Pavel_Florensky_on_Space_and_Time].

[†] Le lecteur trouvera en p. 23 une chronologie de la vie de Pavel Florensky.

nécessaires⁸». Les structures mathématiques jouent un rôle fondamental dans son explication de l'unification, par l'énergie, du monde physique et de celui des idées platoniciennes, la clef de cette unification résidant dans les nombres imaginaires. Selon cette approche, mathématique et philosophie sont identiques. Sa vision synthétique du monde se rapproche de celle de Pierre Teilhard de Chardin. Leur mysticisme inspire une vision du monde décrite par une unité binaire non fusionnelle entre le sujet de la connaissance et l'essence connue⁹. Florensky concrétise cette relation entre les deux mondes par l'utilisation des nombres imaginaires et la notion fondamentale de dualité.

En février 1934, il apprend que sa vaste bibliothèque a été confisquée par le NKVD. Florensky écrit alors au chef du camp de Skovorodino, où il fut envoyé après avoir été condamné à 10 ans de goulag l'année précédente¹⁰: «ma vie entière a été consacrée aux travaux scientifiques et philosophiques, à tel point que je ne me suis jamais accordé de repos, distraction, ou plaisir. Pour ce service à l'humanité j'ai donné non seulement tout mon temps et toutes mes forces, mais aussi une grande partie de mes maigres ressources, que je dépensais en livres, photographies, lettres, etc. Mais maintenant le travail de toute une vie est perdu... [C'est] un coup terrible qui m'est porté... l'annihilation des résultats du travail de toute ma vie est une punition bien plus cruelle que la mort physique¹¹.»

À l'automne 1934 il est transféré à l'autre bout de l'Union soviétique, au goulag des îles Solovki, sur la mer Blanche¹². Entre 1920 et 1923, les autorités soviétiques avaient fermé le monastère fondé en 1429 par les saints Zossime et Sabbace et en avaient fait un des premiers camps de «redressement moral» des «éléments socialement nuisibles». Là-bas, Florensky développe et construit une technologie pour extraire l'agar-agar et l'iode des algues. En 1937, il constate la destruction de ses installations et apprend que la paternité de ses recherches sur les algues (aux Solovki) et

8. P. A. Florensky, «Sur les types de croissance», *Œuvres*, Moscou, Mysl', 1994, t. 1, p. 284.

9. Fabio Mantovani, «Pierre Teilhard de Chardin et Pavel Florenski», *Choisir*, n°544, Genève, avril 2005. [https://www.choisir.ch/religion/jesuites/item/download/65_19d668a9deb9051cb26639721fe34914].

10. À Skovorodino Florensky étudie le permagel car la Magistrale Baïkal-Amour (BAM), ligne ferroviaire reliant le lac Baïkal au fleuve Amour (plus au Nord que le Transsibérien), est alors en phase de construction sur ce permagel.

11. P. A. Florensky, *Œuvres*, Moscou, Mysl', 1998, t. 4, p. 81-82.

12. L'intégrale des *Lettres de Solovki. 1934-1937* a été traduite en français par Françoise Lhoest (Lausanne, L'Âge d'Homme, 2012).

le permagel (en Sibérie) a été attribuée à d'autres. Florensky est fusillé le 8 décembre 1937.

Les Imaginaires en géométrie

Pavel Florensky a publié *Les Imaginaires en géométrie* en 1922 mais l'essentiel du texte a été écrit alors qu'il était encore étudiant à Moscou, en 1902. Ce court texte est très technique mais c'est le neuvième et dernier paragraphe, rédigé à l'été 1922 après un «jubilé» organisé à Moscou l'année précédente pour célébrer le sixième centenaire de la mort de Dante, qui lui valut des problèmes. Ce livre, épinglé par la censure mais publié malgré tout après les éclaircissements fournis par Florensky dans une lettre envoyée au département politique¹³, fut sa dernière publication non strictement technique. Cet ouvrage doit être lu comme un texte idéologique mettant en œuvre la pensée transversale et globalisante de Florensky. Le but recherché n'est pas de faire progresser la théorie mathématique des fonctions de la variable complexe ou de développer la théorie de la relativité d'Einstein, mais d'intégrer ces notions scientifiques à son système de pensée. Ce texte jette des ponts entre différents domaines dans le but de concilier une approche scientifique et spirituelle. Son très proche ami, le mathématicien Nicolas Louzine, reconnaît que les travaux de Florensky ne portent pas sur des découvertes en mathématiques mais plutôt sur des indices suggestifs, de très belles analogies, très séduisantes et prometteuses, provocatrices¹⁴.

Le texte commence par une critique de l'interprétation courante des fonctions complexes représentées par une surface complexe développée par Kühn, Wessel, Argand, Gauss et Cauchy. Dans le §7, Florensky explique que cette interprétation ne s'intéresse qu'au contenu de la fonction tout en manquant la dimension globale. La géométrie a servi à formaliser et visualiser des concepts en analyse mais Florensky pense que l'analyse peut enrichir la géométrie, et il veut combler un fossé entre les deux approches en suggérant d'«élargir le domaine des images géométriques à deux dimensions de telle manière que les fonctions imaginaires entrent dans le système des représentations spatiales».

13. Lettre reproduite ici en p. 98-100.

14. Sergei S. Demidov, Aleksei N. Parshin, Sergei M. Polovinkin, et Pavel V. Florensky (éd.), *Correspondance entre N.N. Luzin et P.A. Florensky*, Moscou, Istoriko-Matematicheskoe Issledova-niya, 1989, vol. 3, p. 150.

Il illustre sa nouvelle interprétation des imaginaires avec de nombreux exemples issus de la physique. Il donne également une nouvelle interprétation des imaginaires en géométrie non-euclidienne. Dans le neuvième paragraphe (celui rédigé à l'occasion du 600^e anniversaire de la mort de Dante et dont le style diffère fortement de celui des paragraphes précédents), Florensky utilise les derniers développements en mathématique, en géométrie et en physique pour défendre le système aristotélicien et la cosmologie ptoléméenne. Les thèses défendues par l'auteur sont surprenantes, parfois en conflit avec notre compréhension du monde physique. Ce paragraphe est motivé par l'insatisfaction qu'éprouve Florensky envers l'approche formelle de la physique de son époque¹⁵. Il est étranger à l'esprit de la physique contemporaine (avec son détachement extrême par rapport au phénomène concret et la substitution des formules analytiques à l'image physique car il est «tout entier dans la perception du monde de Goethe et de Faraday»), et il soutient que «la physique de l'avenir doit emprunter d'autres voies : celles de l'image concrète» et «non comme on la construit, dans l'abstrait, à partir de prémisses formelles¹⁶». Ainsi utilise-t-il la théorie de la relativité d'Einstein pour connecter le monde sensible et le monde des idées platoniciennes. Florensky considère que les idées platoniciennes existent dans un espace inversé par rapport au nôtre : un espace imaginaire. Comme les mondes physique et spirituel ne sont pas indépendants, mais sont inséparables, ils forment les deux faces d'une même surface. On passe d'un monde à l'autre par un retournement intérieur. Florensky utilise alors les imaginaires pour argumenter que Dante a anticipé dans la *Divine Comédie* des aspects de la géométrie elliptique non-euclidienne. Ainsi le voyage final de Dante en Enfer s'inscrirait sur une surface non orientable dont les points opposés sont identifiés car «quand les poètes parviennent à peu près aux reins de Lucifer, tous les deux se retournent subitement». Il identifie cette géométrie avec celle d'une bouteille de Klein, qui est une surface sans bords, sans intérieur ni extérieur, obtenue en recollant les bords d'un cylindre après retournement intérieur. Cette surface n'existe pas dans l'espace tridimensionnel sans se recouper et nécessite une quatrième dimension.

15. Comme le rappelle son petit-fils Pavel Vassiliévitch Florensky dans un texte sur les réactions des contemporains de Florensky aux *Imaginaires*, reproduit ici en p. 95-118.

16. Pavel Florensky, *Lettres de Solovki*, op. cit., p. 372.

La signification des imaginaires

Il est nécessaire de préciser la signification du mot «imaginaire» et surtout pourquoi nous n'avons pas choisi de traduire le titre par *Les nombres imaginaires en géométrie*, qui à nos yeux réduit le sens que l'auteur voulait donner au mot «imaginaire»¹⁷.

Le nom «imaginaire» et ses dérivés (verbe et adjectif) sont utilisés par Florensky dans un sens plus large que celui de «nombres imaginaires». Un nombre imaginaire (pur) est le résultat du produit d'un nombre réel a et du nombre complexe i qui est une racine carrée de moins 1. Les nombres imaginaires purs sont un cas particulier des nombres complexes $a + ib$ où a et b sont des nombres réels. On représente aussi un nombre complexe par le couple (a, b) associé à un point du plan d'abscisse a et d'ordonnée b . Le sens des «imaginaires» chez Florensky, qui doit être compris selon le contexte, décrit un processus de pensée créative plus que la vision d'une autre réalité. Même lorsqu'il traite de nombres imaginaires, la dénomination utilisée par Florensky n'est pas celle communément admise en mathématique. Il fait la distinction entre six types de nombres : réels tels que $(1, 2)$, semi-imaginaires comme $(2, 3i)$ ou $(3i, 2)$, imaginaires tels que $(2i, 3i)$, semi-complexes comme $(2, 3 + 5i)$ ou $(3 + 5i, 2)$, complexes comme $(2 + 6i, 3 + 5i)$, et imaginaires-complexes tels que $(2 + 6i, 3i)$ ou $(3i, 2 + 6i)$. Dans un langage mathématique contemporain, l'ensemble des paires de nombres complexes $(a + ib, c + id)$ forme l'espace des quaternions inventé par William Hamilton en 1843. Les quaternions jouent un rôle essentiel en mécanique quantique pour décrire le spin, et aussi dans de nombreux domaines de physique fondamentale.

Florensky relie le monde des nombres réels à celui des nombres imaginaires par un plan qui divise les deux espaces. Dans le §6, il explique que les deux mondes sont séparés par le plan des nombres complexes. Il insiste sur le fait que ces points «composent» le plan et ne sont pas «sur» le plan. Les six catégories de points ont donc une interprétation géométrique «dans» le plan. Cette vision globalisante unifie les différents types de points, qui représentent différentes sortes de géométries de l'espace. L'univers peut être décrit de deux manières différentes :

17. Une analyse fort pertinente des différents sens du mot «imaginaire» utilisés par Florensky a été donnée par Anya Yermakova, dans *Mathematical Foundation in Pavel Florensky's Philosophical Worldview*, St John's College, université d'Oxford, thèse de doctorat, 2011 [http://anyayermakova.com/links/words/Florensky_AY.pdf].

soit du point de vue du monde des réels, soit du point de vue du monde des imaginaires – deux perspectives différentes de la même réalité. Comme il l'écrit dans la conclusion du §9: «le domaine des imaginaires est réel.»

La dualité du plan complexe (décrite dans le §2) entre les nombres réels et imaginaires, fournit une dualité multiple. Elle est introduite par la discussion des aires positives et négatives du triangle. Florensky explique que lorsque l'aire est négative, ce n'est pas une propriété du triangle mais de l'observateur. Le signe de l'aire du triangle est une manifestation de cette dualité. L'origine de cette dualité est la perspective d'un observateur depuis le monde des réels ou depuis le monde des imaginaires. Ces deux visions sont unifiées par le mouvement de rotation dans la troisième dimension: «par conséquent, c'est la rotation dans la troisième dimension qui est le mouvement recherché changeant le signe de l'aire du triangle et, selon ce qui a été dit auparavant, celui qui change le signe de l'aire de toute figure en général.»

Florensky et les théories de la relativité d'Albert Einstein

Dans le §9 des *Imaginaires*, il est surprenant de lire que Florensky adopte des points de vue scientifiquement faux: 1) il défend le système géocentrique de Ptolémée et critique le système héliocentrique de Copernic; 2) il situe la limite du monde terrestre entre Uranus et Neptune; 3) il considère des vitesses supérieures à celle de la lumière. Ces affirmations venant d'un esprit universel aussi brillant, il est utile d'essayer d'en comprendre les raisons. Nous verrons que, loin d'avoir mal compris la révolution de la relativité, Florensky veut rendre compatible le formalisme d'Einstein avec sa vision spirituelle du monde.

Tout d'abord, il faut resituer ces considérations dans leur contexte scientifique et historique. Même si les théories d'Einstein datent de 1905 pour la relativité restreinte (la théorie unifiant l'espace et le temps) et de 1915 pour la relativité générale (la théorie géométrique de la force d'attraction gravitationnelle), il a fallu de nombreuses années pour en accepter les conclusions physiques et philosophiques. Les théories de la relativité ont profondément changé notre relation au temps et à l'espace. Le temps absolu newtonien est remplacé par le temps propre attaché à chaque observateur. Le temps devient relatif à l'observateur en mouvement. Ainsi, deux observateurs soumis à des conditions physiques différentes (accélération relative, voisinage de trou noir pour l'un et pas pour l'autre, etc.) observent que les phénomènes

physiques s'écoulent différemment dans le temps. Avec la relativité d'Einstein, les phénomènes physiques ne se passent plus sur la scène d'un espace et pendant un temps, mais dans un espace-temps qui devient lui-même acteur des événements.

Ces notions ne sont pas totalement étrangères aux considérations du §2 où Florensky explique que le signe positif ou négatif de l'aire du triangle est une propriété de l'observateur et non pas du triangle, dont l'aire est intrinsèquement positive. Florensky défend la théorie alternative d'entraînement complet de l'éther que Philipp Lenard (prix Nobel de physique en 1905) a développée en 1920, c'est-à-dire au moment de l'écriture du dernier paragraphe des *Imaginaires*. Son argument principal est que l'expérience d'Albert Michelson et Edward Morley ne permet pas de conclure à l'absence de l'éther luminifère. Florensky écrit: «mais outre le mouvement en avant de la Terre, il faut encore prendre en considération son mouvement de rotation.» En effet, il faudra attendre 1925 pour que Michelson et Henry G. Gale réalisent une nouvelle expérience infirmant définitivement l'hypothèse de l'entraînement de l'éther luminifère par la rotation de la Terre, confirmant à nouveau la théorie de la relativité. Même si la critique a une base scientifique justifiée, la théorie d'Einstein avait reçu en 1919 une confirmation expérimentale spectaculaire avec la mesure par Arthur Eddington et Frank Dyson de la déviation de la lumière par le soleil. Philipp Lenard était quant à lui malheureusement motivé par ses sentiments nationalistes et antisémites, et on peut se demander quelle fut l'importance de ces considérations pour Florensky¹⁸.

Situer la limite du monde terrestre entre la huitième planète (Uranus) et la neuvième planète (Neptune) du système solaire peut faire sourire, mais ce n'est qu'en 1920, avec les mesures d'Edwin Hubble, que les nébuleuses ont été définitivement identifiées comme des galaxies situées en dehors de la voie Lactée – notre galaxie. Depuis les mesures de Hubble, l'estimation de la taille de l'univers observable a été une aventure scientifique pleine de rebondissements et de surprises (sa taille est actuellement estimée à 13,5 milliards d'années-lumière depuis la découverte inattendue, en 1998, de l'accélération de l'expansion de l'univers).

18. Michael Hagemeister discute l'antisémitisme de Florensky dans «Von Antijudaismus zum Antisemitismus», in Norbert Franz et Michael Hagemeister (éd.), *Pavel Florenskij - Tradition und Moderne*, Francfort-sur-le-Main, Peter Lang, 2001, p. 33-41.

Très justement, Florensky perçoit qu'imposer comme vitesse limite celle de la lumière est une conséquence du postulat d'Einstein sur l'invariance de la vitesse de la lumière pour des observateurs en mouvement non-accéléré (le formalisme mathématique des espaces-temps d'Hermann Minkowski ne contraint pas les vitesses). Cette limite vient de la condition que l'information physique ne peut pas être transmise à une vitesse supérieure à celle de la lumière pour satisfaire le principe de causalité. Ce principe, qui affirme que l'effet ne peut pas précéder la cause, est une contrainte imposée aux modèles physiques réalistes. Florensky décide de peupler la région des vitesses supraluminiques par les idées platoniciennes, qui sont «des essences éternelles, incorporelles, sans étendue et immuables». Le passage entre ces deux mondes nécessite de dépasser la vitesse de la lumière, et «le corps perd de son étendue, il passe dans l'infini et acquiert une stabilité absolue». Le corps devient alors une idée platonicienne. Dans ce monde, la perte de causalité n'est plus un problème car les idées vivent en dehors du temps terrestre, et la succession causale des événements n'a plus de raison d'être. C'est ainsi que Florensky étend la théorie de la relativité en donnant un sens à la région physiquement interdite par Einstein, en une nouvelle vision globale unifiant les mondes terrestre et céleste.

On peut faire un parallèle avec ce que les physiciens théoriciens imaginent arriver lorsque l'on traverse un trou de ver. Un trou de ver est un pont entre deux feuilletts distincts de l'espace-temps connectant un trou noir, d'où rien ne peut s'échapper, à son symétrique, un trou blanc où rien ne peut pénétrer. L'entrée du trou de ver se fait par le trou noir et la sortie par la fontaine blanche. Cette construction hypothétique a été introduite par Albert Einstein et Nathan Rosen en 1958, et baptisée par John Wheeler en 1956. La géométrie d'un trou de ver correspond tout à fait à la dualité, si importante dans le formalisme de Florensky. Dans chacun des feuilletts, le temps et l'espace sont similaires; ainsi pouvons-nous «nous représenter tout l'espace comme double, étant formé de surfaces coordonnées de Gauss, de surfaces réelles et d'imaginaires qui leur correspondent». Franchir un trou de ver nécessite des conditions physiques très particulières, souvent singulières, qui font écho à l'intuition de Florensky développée quelques décennies plus tôt: «l'écroulement de la figure géométrique ne prouve pas du tout son annihilation, mais ne fait que montrer son passage de l'autre côté de la surface, et par conséquent son accessibilité aux créatures qui

se trouvent de l'autre côté de la surface; de même, l'imaginaire des paramètres des corps doit être compris non comme un signe de son irréalité, mais seulement comme un témoignage de son passage à une autre réalité.»

Les deux régions forment les faces d'une même géométrie globale décrite dans les *Imaginaires*, et le passage d'une région à l'autre se fait à travers une singularité. On retrouve là un point de vue développé lors de ses débuts de mathématicien, lorsqu'il étudiait les fonctions discontinues sous l'impulsion de Bougaïev. Cette vision permet à Florensky de développer l'unification des instants dans l'éternité au-delà du temps physique, comme dans la description qu'il fait du passage par la singularité lorsque la vitesse dépasse celle de la lumière: «la transition de la surface réelle à la surface imaginaire n'est possible que par la fracture de l'espace et le retournement du corps à l'intérieur de lui-même. En attendant, nous ne nous représentons ce processus que par le moyen de l'accélération des mouvements, peut-être du mouvement de certaines petites parties du corps, au delà de la vitesse-limite c , mais nous n'avons pas de preuves de l'impossibilité d'autres moyens.»

La description que Florensky donne de la transformation de l'espace, lors du passage du monde imaginaire au monde réel, suggère également l'intuition du Big Bang, cette singularité temporelle à l'origine de notre univers: «en s'exprimant au figuré, mais non figurativement dans une conception concrète de l'espace, on peut dire que l'espace se brise avec une vitesse supérieure à celle de la lumière, comme l'air se brise au mouvement des corps avec des vitesses supérieures à celle du son, et c'est alors que commencent les conditions qualitativement nouvelles de l'existence de l'espace qui se caractérisent par des paramètres imaginaires. Mais comme l'écroulement de la figure géométrique ne prouve pas du tout son annihilation, mais ne fait que montrer son passage de l'autre côté de la surface, et par conséquent son accessibilité aux créatures qui se trouvent de l'autre côté de la surface, de même, l'imaginaire des paramètres des corps doit être compris non comme un signe de son irréalité, mais seulement comme un témoignage de son passage à une autre réalité.» Notre univers observable serait l'image du monde imaginaire à travers la discontinuité. Notons que la théorie du Big Bang a été introduite par Alexandre Friedmann en 1922 et par le chanoine catholique belge Georges Lemaitre en 1927, et qu'elle a été confirmée en 1929 par les observations d'Edwin Hubble.

INTRODUCTION

En 1925, trois ans après la publication des *Imaginaires*, le futur physicien Igor Evguéniévitch Tamm (prix Nobel de physique en 1958) a travaillé comme jeune ingénieur avec Florensky au Glavélectro du Conseil central de l'économie. Il a eu l'opportunité de l'observer et ses observations orales ont été rapportées par Sergueï S. Khoruzhy¹⁹. Tamm pensait que Florensky avait les capacités intellectuelles pour découvrir la mécanique quantique mais que sa vision du monde l'en a empêché – sauf dans le domaine électrique, où Tamm pensait que Florensky avait sûrement découvert ou tout au moins anticipé la théorie des zones des semi-conducteurs. Pavel Florensky était un homme à la personnalité puissante et d'une rare profondeur intellectuelle. Ses travaux sont d'une portée et d'une originalité qui vont bien au-delà de cette brève présentation. J'espère que les *Imaginaires en géométrie* permettra au lecteur d'approcher un aspect parmi d'autres de cette personnalité hors du commun.

Pierre Vanhove,
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives,
Institut des hautes études scientifiques,
octobre 2016.

19. S.S. Demidov et C.E. Ford, «On the road to a unified world view: priest Pavel Florensky», in *Mathematics and the Divine. A historical study*, Amsterdam, Elsevier, 2005.