

ÉCOLE NATIONALE DES CHARTES

Lucie Ledieu

licencié ès lettres

Explorer les réseaux de transmission de données historiques

Elaboration de visualisations pour
l'application AIKON

Mémoire pour le diplôme de master
« Technologies numériques appliquées à l'histoire »

2025

Résumé

Résumé

Mots-clés : mot1 ; mot2 ; mot3 .

Informations bibliographiques : Prénom Nom, *Titre du mémoire*, mémoire de master « Technologies numériques appliquées à l'histoire », dir. Prénom Nom, École nationale des chartes, 20**.

Remerciements

Introduction

La mission principale de ce stage était de concevoir des preuves de concept pour des visualisations à partir des données des projets EIDA et VHS. Ces dernières ont pour but de tester la faisabilité et la pertinence de visualisations à intégrer au sein de l'application de traitement semi-automatique de données AIKON. Avant de les développer, j'ai rédigé un cahier des charges et un benchmark des solutions techniques envisageables. Ces livrables techniques m'ont permis de définir des objectifs clairs ainsi que les limites de mon projet. Afin de bien comprendre le fonctionnement de l'application AIKON et l'expérience utilisateur qu'elle procure, j'ai rédigé une documentation pour les différentes fonctionnalités de l'interface utilisateur. Pour clore ce stage, un Digital Humanities Seminar a été organisé pour partager aux chercheurs mes recherches, les différentes étapes de réalisation des visualisations et les résultats obtenus. Plus largement, ce travail m'a amené à réaliser une réflexion approfondie autour du concept de visualisation des données en sciences humaines et sociales que je vais exposer dans ce mémoire.

Première partie

Enjeux scientifiques et techniques de l'analyse automatisée des transmissions iconographiques

Chapitre 1

Les diagrammes astronomiques comme objets d'étude des circulations visuelles

Le projet EIDA (Editing and analysing hIstorical astronomical Diagrams with Artificial intelligence) a choisi de se concentrer sur l'étude des diagrammes astronomiques pour retracer les trajectoires d'idées relatives à l'histoire de l'astronomie dans le temps et dans l'espace.

1.1 Les sources astronomiques : un corpus idéal pour l'étude des transmissions

Les sources scientifiques constituent un exemple parfait pour l'étude des transmissions d'idées à travers les époques et les aires géographiques. En effet, elles véhiculent des savoirs qui sont partagés, repris et corrigés dans le but de s'approcher au plus de la vérité. Parmi elles, les sources relatives à l'astronomie, comme le corpus ptolémaïque, témoignent de la circulation de concepts et de représentations du monde qui traversent les siècles et les cultures.

1.1.1 Le corpus ptolémaïque

Claude Ptolémée est un astronome appartenant à l'école d'Alexandrie dont nous ne savons presque rien de sa vie personnelle. Il serait né vers 90 de notre ère et mort vers 168. Il est considéré comme le dernier grand astronome grec de son époque à un moment où l'astronomie a peu évolué depuis Hipparque, un savant ayant vécu entre 147 et 127 avant notre ère. Il doit sa renommée au modèle ptolémaïque dont il est le théoricien. Il s'agit d'un système géocentrique de l'univers qui place la Terre au centre du monde. Il développe cette théorie dans son ouvrage le plus connu, la *Grande Syntaxe mathématique*, désignée le plus souvent sous le nom d'*Almageste*¹. Cette œuvre contient un catalogue des étoiles, un traité complet de trigonométrie plane et sphérique, une liste des instruments essentiels à avoir dans un observatoire et une partie consacrée aux mouvements des astres. C'est dans cette dernière qu'il expose sa thèse selon laquelle l'univers est organisé en un modèle géocentrique. Ptolémée considère que la Terre est au centre de l'univers et que les différents astres, c'est-à-dire le Soleil, la Lune et les planètes, gravitent autour d'elle selon des cercles dits épicycles et déférents². Il schématise ses pensées à l'aide d'éléments iconographiques : les diagrammes.

1.1.2 La diffusion de l'œuvre de Ptolémée

La diffusion des diagrammes de tradition ptolémaïque présents dans l'*Almageste* est considérable. Elle s'étend sur plus de 1400 ans et concerne à la fois le bassin méditerranéen, le monde arabo-islamique, l'Occident chrétien mais aussi certaines régions d'Asie.

Cette transmission se manifeste déjà à travers l'étymologie du titre « Almageste ». En effet, à l'origine appelé « H' math'matik' syntaxis » signifiant la « Grande Syntaxe mathématique », il est transformé en un terme hybride entre l'arabe et le grec se traduisant par « le plus grand » avant d'être latinisé en « Almagestum »³. Cette évolution témoigne de la diffusion de l'œuvre dans les mondes grec et arabe puis plus tard dans l'Occident latin.

1. Jean-Pierre Verdet, « De l'aube de l'astronomie à l'aurore de l'astrophysique », dans *Une Histoire de l'astronomie*, Paris, 1990 (Points).

2. Pierre Costabel, « CLAUDE PTOLÉMÉE (90 Env.-Env. 168) », dans *Encyclopædia Universalis*.

3. Alexander Raymond Jones, « Ptolemy | Accomplishments, Biography, & Facts | Britannica », dans *Encyclopaedia Britannica*, 2025.

Nous devons la diffusion de cette œuvre de l'Antiquité à la Renaissance à de nombreux copistes, traducteurs et commentateurs.

Après la mort de son auteur, deux savants grecs l'ont commenté. Théon d'Alexandrie qui aurait vécu autour de 364 est l'un des commentateurs de Ptolémée les plus prolifiques. Malheureusement son commentaire de l'*Almageste* n'a pas entièrement survécu aux différentes époques et certaines parties sont aujourd'hui manquantes. Par exemple, le Livre III a presque totalement disparu de la tradition manuscrite et il est souvent remplacé par une réécriture de Nicolas Cabasilas datant du XIV^e siècle. En 1953, le philologue Chanoine Adolphe Rome retrouve une édition conservée dans un unique manuscrit le *Laurentianus gr. 28/18*. Néanmoins, celui-ci s'avère lacunaire : Il ne reste que des fragments du Livre V et le Livre XI a entièrement disparu⁴. Vers 340, un deuxième savant grec, le mathématicien Pappus d'Alexandrie rédige un commentaire de l'*Almageste* dans le Livre IV de ses *Collections mathématiques*, ouvrage dans lequel il expose de manière complète et systématique toutes les connaissances de son époque en apportant des explications et des approfondissements⁵.

Plusieurs siècles plus tard, Gérard de Crémone importe l'œuvre de Ptolémée dans l'Occident chrétien. Il réalise une traduction latine de l'*Almageste* en 1213 à Paris avec des annotations⁶. Dans l'une des initiales historiées du manuscrit, nous pouvons observer une illustration en hommage à Ptolémée le représentant sous la forme d'un roi trônant en majesté⁷.

Dans le monde arabo-islamique, le savant persan Mohammad Nasir al-Din al-Tūs rédige un *Tahrir al-Majisti*, ce qui signifie *Commentaire sur l'Almageste*⁸. Le célèbre Averroès est aussi à l'origine d'un *Abrégé de l'Almageste* écrit en 1159-1162. La particularité de cette œuvre vient du fait qu'elle ait été écrite en Andalousie au XII^e siècle dans un contexte de remise en question de l'astronomie ptolémaïque. En effet, des savants comme Maïmonide, Ibn Bajja ou Ibn Tufayl pensaient qu'il était nécessaire de réformer les idées de Ptolémée pour qu'elles concordent parfaitement avec la vision aristotélicienne du monde. Averroès faisait parti de ce mouvement mais lorsqu'il rédige l'*Abrégé de l'Almageste*, il n'a pas la volonté de corriger l'œuvre. En effet, il préfère attendre une réforme totale de l'astronomie ptolémaïque et se résigne donc à suivre les idées originelles de l'*Almageste*. Quelques petites erreurs involontaires se sont sans doute glissées dans son *Abrégé de l'Al-*

4. Anne Tihon, « Le Livre V Retrouvé Du Commentaire à l'Almageste de Théon d'Alexandrie », *L'Antiquité Classique*, 56–1 (1987), p. 201-218, DOI : 10.3406/antiq.1987.2208.

5. Jacques MEYER, « PAPPUS », dans *Encyclopædia Universalis*, 1999.

6. Claudius (0100?-0170?) Auteur du texte Ptolemaeus, Gerardus Cremonensis (1114-1187) Traducteur et Maître de l'Almageste (ou Maître du Ptolémée de la Sorbonne) Enlumineur, *Ptolomeus, Almagestum, Transl. a Gerardo Cremonense*, 1213.

7. *Traduction latine de l'Almageste de Ptolémée par Gérard de Crémone*, <https://essentiels.bnf.fr/fr/image/9c790ae1-7ad3-47dc-96d3-82aaf7eaf2df-traduction-latine-lalmageste-ptolemee-par-gerard-cremone>.

8. Universalis, « MOHAMMAD NAṢĪR AL-DĪN AL ṬŪSĪ - (1201-1274) », dans *Encyclopædia Universalis*, 2008.

mageste. Même s’il possède un solide bagage scientifique, Averroès n’est pas astronome à l’origine⁹. Nous ne possédons qu’une version de cette œuvre traduite en hébreu par Jacob Anatoli dans le cadre du mécénat de l’empereur Frédéric II au XIIIe siècle. Il n’existe plus aucun témoin de la version arabe et il semblerait que cette dernière n’est jamais été traduite en latin¹⁰.

Ces différentes copies, traductions et commentaires montrent à quel point la diffusion de l’œuvre est étendue. La vision géocentrique de l’univers de Ptolémée ne sera remise en question qu’au XVIe siècle suite aux travaux de Copernic. Dans son *De Revolutionibus orbium caelestium*, il défend la thèse de l’héliocentrisme dans laquelle le Soleil se trouve au centre du monde¹¹.

1.2 L’iconographie comme témoin des diffusions intellectuelles

9. Juliane Lay, « Averroès : abrégé d’astronomie dans la version hébraïque de Jacob Anatoli », *Annuaire de l’École pratique des hautes études*, 129–12 (1998), p. 267-268, DOI : 10.3406/ephe.1998.10769.

10. Id., « Un Averroes hebraicus inédit : l’Abrégé de l’Almageste », dans *Averroès et l’averroïsme : Un itinéraire historique du Haut Atlas à Paris et à Padoue*, dir. André Bazzana, Nicole Bériou et Pierre Guichard, Lyon, 2005 (Collection d’histoire et d’archéologie médiévales), p. 203-237, DOI : 10.4000/books.pul.19600.

11. Jean-Pierre VERDET, « HÉLIOCENTRISME », dans *Encyclopædia Universalis*, 2008.

Nous retrouvons au sein de ces sources scientifiques, un objet iconographique récurrent : le diagramme. L'étude de ce dernier est un excellent moyen de retracer la diffusion d'une œuvre.

1.2.1 Les différentes familles de diagrammes

Nous pouvons regrouper les diagrammes en différentes familles. Néanmoins, les frontières de ces dernières ne sont pas totalement étanches. Il se peut que certains diagrammes aient des caractéristiques de plusieurs familles à la fois. Les diagrammes mathématiques servent à représenter des concepts géométriques ou arithmétiques par l'usage spécifique d'idiomes, de lignes, de cercles et d'étiquettes alphabétiques. Ils servent par exemple à calculer la position d'une planète ou d'une étoile. Les diagrammes astrologiques montrent la position des astres à un moment donné pour en tirer des prédictions ou des interprétations sur les activités humaines. Ils sont dessinés à l'aide de lignes, de cercles et d'un langage graphique. Les diagrammes d'instrument permettent de comprendre le fonctionnement ou la structure d'un instrument astronomique comme l'astrolabe ou le quadrant afin de réaliser une observation ou un calcul. Ils sont représentés à l'aide de graduations, de nombres, de lignes et de cercles plus métriques que dans les autres familles. Pour finir, le diagramme cosmologique montre l'organisation de l'univers dans son ensemble par le biais de l'utilisation d'un langage de couleur et de texture¹².

1.2.2 Construire le *stemma codicum* de l'œuvre à partir des diagrammes

En 2014, Dominique Raynaud publie un article nommé "*Building the stemma codicum from geometric diagrams. A treatise on optics by Ibn al-Haytham as a test case*" dans lequel il expose une idée novatrice : il veut établir le *stemma codicum* d'une tradition écrite uniquement à partir de diagrammes¹³.

Un *stemma codicum* est une représentation de toutes les étapes de la transmission d'une œuvre sous la forme d'un arbre inversé en établissant des relations entre les différents manuscrits. Le but de l'éditeur est alors de reconstituer le texte le plus proche du manuscrit original perdu que l'on nomme « archétype ». Lorsqu'un texte est copié à plusieurs reprises, il constitue une « tradition littéraire » dont les exemplaires sont nommés « témoins » dans le domaine de la philologie. Pour tenter de reconstituer le *stemma codicum* il est donc nécessaire de relever les différentes variantes provenant des divers manuscrits¹⁴.

12. *Conférence 2025 : A Long History of Diagrammatization in the Astral Sciences*, <https://eida.hypotheses.org/conference-2025>, 2025.

13. Dominique Raynaud, « Building the Stemma Codicum from Geometric Diagrams : A Treatise on Optics by Ibn al-Haytham as a Test Case », *Archive for History of Exact Sciences* (, mars 2014), DOI : 10.1007/s00407-013-0134-0.

14. Marc Le Pouliquen, *Using Lattices for Reconstructing Stemma*.

Pour établir un *stemma codicum* à partir de diagrammes, Dominique Raynaud emprunte à la biologie le principe de cladistique. Il s'agit « d'une méthode de classification biologique qui exprime la phylogénie, c'est à dire les relations de parenté existant entre les êtres vivants ». Cette méthode « repose sur le partage de caractères hérités d'une ascendance commune », c'est-à-dire d'un « ancêtre commun »¹⁵.

Il explique que pour étudier les différents témoins d'une œuvre et les traditions qui l'entourent, il faut se baser sur les erreurs afin de réaliser un arbre généalogique. Nous pouvons affirmer qu'en utilisant cette démarche, il choisit de suivre la méthode de Lachmann. Il s'agit d'une méthode philologique élaborée au XIXe siècle par le philologue allemand Karl Lachmann dite de l'erreur commune. Ce dernier défendait la thèse suivante : Si un des témoins du texte présente une erreur, alors il y a de fortes chances que cette erreur soit aussi présente dans son descendant¹⁶.

Dominique Raynaud teste sa méthode sur un traité d'optique d'Ibn al-Haytham. En suivant cette démarche, il est arrivé à constituer le premier *stemma* de diagrammes jamais publié. Ce dernier a été réalisé à partir des cinq témoins contenant l'œuvre :

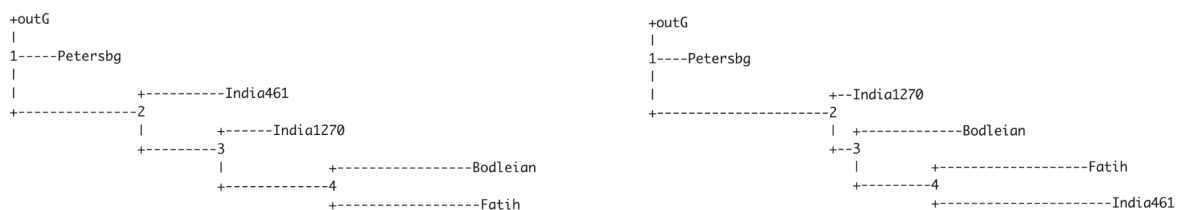


FIGURE 1.1 – Stemmata pour les diagrammes (à gauche) et pour le texte (à droite)¹⁷

En y regardant plus en détail, nous pouvons voir qu'il y a une forte similitude entre le *stemma* textuel et le *stemma* des diagrammes. Il en vient à la conclusion suivante : Quand les diagrammes sont intégrés au texte, il est envisageable de ne faire qu'un seul arbre pour les deux. Néanmoins, si les diagrammes ont été copiés a posteriori du texte ou qu'ils ont été corrigés par la suite, mieux vaut réaliser deux *stemmata* distincts et étudier leur transmissions séparément. Le fait qu'ils aient été copiés par des personnes différentes à des moments différents impacte fortement leur étude. Il est même plus avantageux de réaliser le *stemma codicum* d'une tradition mathématique à partir des diagrammes. La densité d'erreur serait sept à huit fois plus élevée dans un diagramme géométrique que dans un texte occupant la même superficie. Dans la mesure où sa méthode repose sur le relevé d'erreurs, il est plus judicieux de réaliser un *stemma* avec des diagrammes¹⁸.

Il nous est possible de retracer l'historique d'une œuvre grâce aux diagrammes. Cependant, ces derniers sont des éléments iconographiques complexes et il convient de les étudier de manière rigoureuse.

15. Pascal TASSY, « CLADISTIQUE », dans *Encyclopædia Universalis*, 2012.

16. M. L. Pouliquen, *Using Lattices for Reconstructing Stemma...*

18. Id., « Building the Stemma Codicum from Geometric Diagrams... ».

1.3 Limites des approches philologiques traditionnelles

Le travail de l'historien des sciences peut s'avérer compliqué lorsqu'un concept ou une démonstration est représentée de manière différente. En effet, les conventions et les choix graphiques diffèrent en fonction de l'époque, de l'endroit et du sujet d'étude comme c'est le cas avec les diagrammes.

Michela Malpangotto étudie ce phénomène en s'appuyant sur l'exemple de l'œuvre de Théodose les *Sphériques* écrite au Ier siècle avant notre ère. Il s'agit d'un texte fondamental dans l'étude de la géométrie sphérique qui est structuré en 59 propositions et divisé en trois livres. Il fait partie de ce que l'on nomme la « Petite astronomie », un recueil d'ouvrages compilés par les Grecs afin de faciliter la compréhension de l'*Almageste* de Ptolémée. Il a été étudié et transmis pendant près de dix siècles. La géométrie sphérique est définie de la manière suivante : « La géométrie sphérique étudie la sphère comme un objet solide mais surtout comme contexte spatial des éléments qui interagissent sur elle dans un agencement tridimensionnel complexe. » Il est alors nécessaire de mettre au même niveau, le plan du diagramme et l'agencement spatial des objets autour de la sphère. Cette dernière est un objet solide mais elle est surtout un contexte spatial pour des arcs, des segments de droites et des cercles qui y sont déterminés par l'intersection de différents plans inclinés dans l'agencement spatial tridimensionnel. Cependant, le concept de sphère n'est pas représenté de la même manière chez tous les auteurs.

Dans la version grecque originale, illustré ici par le manuscrit Vat. Gr. 204, les deux parties de l'œuvre sont séparées par le choix de l'iconographie des diagrammes. Dans la première partie, nous retrouvons des diagrammes dans lesquelles la sphère n'est pas représentée. Il y a seulement des cercles produits par l'intersection du plan incliné de différentes façons qui sont représentés de manière juxtaposés dans le plan du diagrammes. Les arcs ainsi que les segments linaires sont aplatis et les objets placés de l'autre côté de la sphères sont retournés dans le plan de la figure. La conséquence majeure de ce mode de représentation est la dépendance des diagrammes vis-à-vis du texte. Il est nécessaire de lire les explications pour comprendre le diagramme. Dans la seconde partie de l'œuvre, les diagrammes sont construits en utilisant la perspective. Nous pouvons donc observer les éléments géométriques interagir entre eux à l'intérieur de cette dernière.

En Italie, Platon de Tivoli a réalisé trois éditions de cette œuvre au XVIe siècle en s'appuyant sur une version arabo-latine médiévale. Il choisit de représenter les diagrammes de manière schématique et plane comme dans la première partie de la version grecque originale de l'œuvre.

L'édition de Francesco Maurolico marque un tournant dans la transmission des *Sphériques*. En effet, ce dernier fait le choix de travailler sur la surface de la sphère qui, mise en avant, devient le contexte réel dans lequel les éléments géométriques interagissent. Christophe Clavius, un mathématicien allemand adopte cette iconographie dans son édition de 1586 qui sert de base à la tradition moderne des *Sphériques*¹⁹.

19. Michela Malpangotto, « Graphical Choices and Geometrical Thought in the Transmission of

L'étude de Michela Malpangotto nous montre l'existence de nombreuses conventions graphiques de diagrammes pouvant être très différentes en fonction des éditeurs et des époques. Lorsque nous tentons de retracer la diffusion d'une œuvre à partir de ces diagrammes, il est important de prendre en compte ce paramètre. Néanmoins, ces différentes manières de représenter les diagrammes sont aussi en elles-mêmes les témoins de l'évolution d'un concept et donc par extension des connaissances scientifiques.

Theodosius' Spherics from Antiquity to the Renaissance », *Archive for History of Exact Sciences*, 64-1 (janv. 2010), p. 75-112, DOI : 10.1007/s00407-009-0054-1.

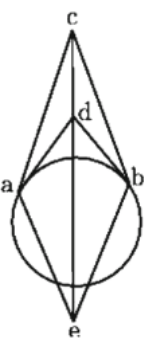
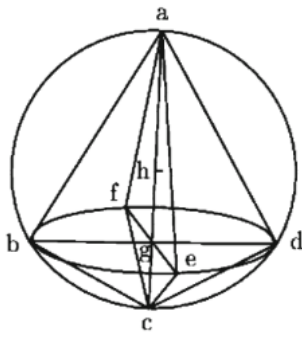
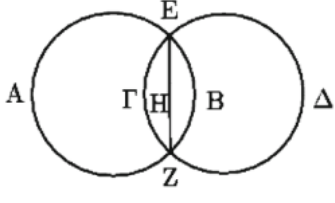
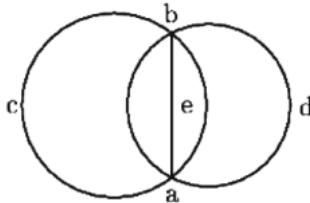
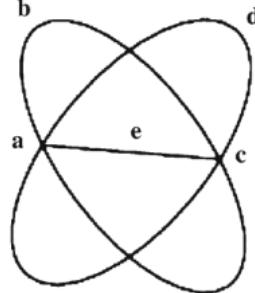
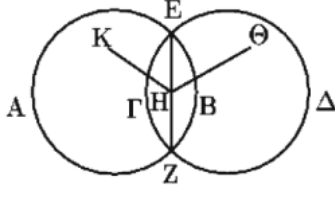
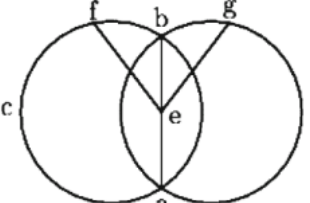
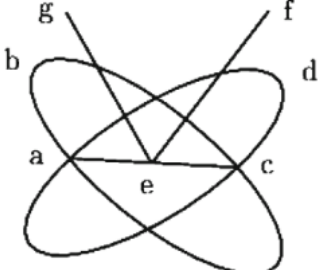
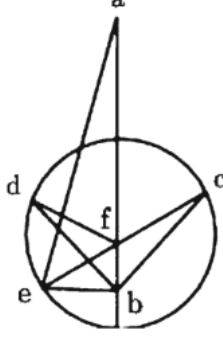
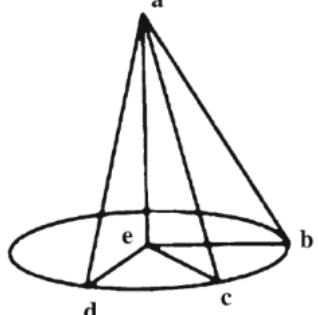
Vat.Gr. 204	Plato of Tivoli	Maurolico
Lacking proposition	I.13 	I.15 
I.11 	I.15 	I.16 
I.12 	I.16 	I.17 
Lacking proposition	I.32 	I.33 

FIGURE 1.2 – Différentes conventions de représentation de diagrammes évoquées par Michela Malpangotto²⁰

Chapitre 2

AIKON et l'automatisation des traitements

2.1 Le choix de la vision artificielle pour ces objets d'étude : la plateforme AIKON

2.2 Extraction de regions / Calcul de similarités

2.3 De l'annotation manuelle au traitement de masse : les interfaces existantes

Chapitre 3

Vers la nécessité d'interfaces d'exploration

3.1 Masse de données et limites de l'exploration manuelle

3.2 De la correction d'annotations à l'interprétation scientifique

3.3 Questions de recherche et besoins d'exploration du corpus

Deuxième partie

Méthodologie de conception des visualisations exploratoires

Chapitre 4

La visualisation en histoire

4.1 Evolution des représentations visuelles en histoire

4.2 Visualisations de réseaux et étude des disséminations

4.3 Enjeux critiques de la médiation numérique des données historiques

Chapitre 5

Formalisation des besoins et contraintes de conception

5.1 Analyse des pratiques et questions des chercheurs EIDA

5.2 Cahier des charges : objectifs scientifiques et contraintes techniques

5.3 Choix méthodologiques : network graph et alignement des sources (bipartite)

Chapitre 6

Processus itératif de développement

6.1 Prototypage et tests de faisabilité technique

6.2 Mise en oeuvre concrète : choix techniques et difficultés rencontrées

6.3 Intégration des retours utilisateurs et ajustements

Troisième partie

Evaluation critique et perspectives d'intégration

Chapitre 7

Analyse des visualisations produites

7.1 Visualisation bipartite : révéler les réorganisations du contenu intellectuel

7.2 Network graph : explorer les chaînes de transmissions

7.3 Adéquation aux objectifs d'exploration scientifique

Chapitre 8

Validation et limites méthodologiques

8.1 Critères d'évaluation de l'efficacité exploratoire

8.2 Retour d'expérience par les chercheurs

8.3 Limites liées aux données et biais d'interprétation

Chapitre 9

Perspectives d'évolution et généralisation

9.1 Intégration dynamique à la plateforme AIKON

9.2 Transférabilité vers d'autres corpus et projets

9.3 Implications pour l'évolution des pratiques en humanités numériques

Conclusion

Annexes

Liste des acronymes

EIDA Editing and analysing hIstorical astronomical Diagrams with Artificial intelligence. 3

Bibliographie

Conférence 2023 : Towards the EIDA Corpus for the History of Astronomical Diagrams,
<https://eida.hypotheses.org/conferences/conference>, 2023.

Conférence 2024 : Graphic Conventions, Visual Idioms, (Dis)Similarity in Astronomical Diagrams, <https://eida.hypotheses.org/conferences/conference-2024>, 2024.

Conférence 2025 : A Long History of Diagrammatization in the Astral Sciences, <https://eida.hypotheses.org/conferences/conference-2025>, 2025.

COSTABEL (Pierre), « CLAUDE PTOLÉMÉE (90 Env.-Env. 168) », dans *Encyclopædia Universalis*.

D'ALENXADRIE (Théon), PTOLÉMÉE (Claude (0100 ?-0170 ?) Auteur du texte), FOURIER (Jean-Baptiste-Joseph (1768-1830) Auteur du texte) et IDELER (Christian Ludwig (1766-1846) Auteur du texte), *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur le livre III de l'"Almageste" de Ptolémée. (Suivi des) Tables manuelles des mouvemens des astres. Partie 2 / [Claude Ptolémée]; trad... du grec... par M. l'abbé Halma,...* 1822-1825.
Home.

JARDINE (Boris) et JARDINE (Nicholas), « Critical Editing of Early-Modern Astronomical Diagrams », *Journal for the History of Astronomy*, 41–3 (août 2010), p. 393-414, DOI : 10.1177/002182861004100307.

KALLELI (Syrine), TRIGG (Scott), ALBOUY (Ségolène), GESSNER (Samuel), HUSSON (Mathieu) et AUBRY (Mathieu), « Editing and Analysing Historical Astronomical Diagrams with Artificial Intelligence » (, 2023).

LAY (Juliane), « L'abrégé de l'Almageste, Attribué à Averroès, Dans Sa Version Hébraïque. Étude de La 1ère Partie », *Annales de l'École pratique des hautes études*, 103–99 (1990), p. 501-505, DOI : 10.3406/ephe.1990.14528.

— « Averroès : abrégé d'astronomie dans la version hébraïque de Jacob Anatoli », *Annales de l'École pratique des hautes études*, 129–12 (1998), p. 267-268, DOI : 10.3406/ephe.1998.10769.

— « Un Averroes hebraicus inédit : l'Abrégé de l'Almageste », dans *Averroès et l'averroïsme : Un itinéraire historique du Haut Atlas à Paris et à Padoue*, dir. André Bazzana, Nicole Bériou et Pierre Guichard, Lyon, 2005 (Collection d'histoire et d'archéologie médiévales), p. 203-237, DOI : 10.4000/books.pul.19600.

- MALPANGOTTO (Michela), « Graphical Choices and Geometrical Thought in the Transmission of Theodosius' Spherics from Antiquity to the Renaissance », *Archive for History of Exact Sciences*, 64–1 (janv. 2010), p. 75-112, DOI : 10.1007/s00407-009-0054-1.
- « Graphical Choices and Geometrical Thought in the Transmission of Theodosius' Spherics from Antiquity to the Renaissance », *Archive for History of Exact Sciences*, 64–1 (janv. 2010), p. 75-112, DOI : 10.1007/s00407-009-0054-1.
- MEYER (Jacques), « PAPPUS », dans *Encyclopædia Universalis*, 1999.
- POULIQUEN (Marc Le), *Using Lattices for Reconstructing Stemma*.
- PTOLEMAEUS (Claudius (0100 ?-0170 ?) Auteur du texte), TRADUCTEUR (Gerardus Cremonensis (1114-1187)) et ENLUMINEUR (Maître de l'Almageste (ou Maître du Ptolémée de la Sorbonne)), *Ptolomeus, Almagestum, Transl. a Gerardo Cremonense*, 1213.
- RAYMOND JONES (Alexander), « Ptolemy | Accomplishments, Biography, & Facts | Britannica », dans *Encyclopaedia Britannica*, 2025.
- RAYNAUD (Dominique), « Building the Stemma Codicum from Geometric Diagrams : A Treatise on Optics by Ibn al-Haytham as a Test Case », *Archive for History of Exact Sciences* (, mars 2014), DOI : 10.1007/s00407-013-0134-0.
- SAITO (Ken), « Traditions of the Diagram, Tradition of the Text : A Case Study », *Synthese*, 186–1 (2012), p. 7-20, JSTOR : 41494921.
- SHEN (Xi), EFROS (Alexei A.) et AUBRY (Mathieu), *Discovering Visual Patterns in Art Collections with Spatially-consistent Feature Learning*, mars 2019, DOI : 10.48550/arXiv.1903.02678, arXiv : 1903.02678 [cs].
- TASSY (Pascal), « CLADISTIQUE », dans *Encyclopædia Universalis*, 2012.
- TEXTE (MUḤAMMAD ibn Muḥammad al-Ṭūsī (Naṣīr al-Dīn Abū Ḡaʿfar) Auteur du) et TEXTE (PTOLÉMÉE Auteur du), « Remaniement de l'Almageste », par Naṣīr al-Dīn Moḥammad ibn Moḥammad al-Ṭūsī. 1401-1500.
- TIHON (Anne), « Le Livre V Retrouvé Du Commentaire à l'Almageste de Théon d'Alexandrie », *L'Antiquité Classique*, 56–1 (1987), p. 201-218, DOI : 10.3406/antiqu.1987.2208.
- Traduction latine de l'Almageste de Ptolémée par Gérard de Crémone*, <https://essentiels.bnf.fr/fr/image/7ad3-47dc-96d3-82aaf7eaf2df-traduction-latine-lalmageste-ptolemee-par-gerard-cremone>.
- UNIVERSALIS, « MOḤAMMAD NAṢĪR AL-DĪN AL ṬŪSĪ - (1201-1274) », dans *Encyclopædia Universalis*, 2008.
- VERDET (Jean-Pierre), « HÉLIOCENTRISME », dans *Encyclopædia Universalis*, 2008.
- VERDET (Jean-Pierre), « De l'aube de l'astronomie à l'aurore de l'astrophysique », dans *Une Histoire de l'astronomie*, Paris, 1990 (Points).

Table des matières

Résumé	iii
Remerciements	v
Introduction	vii
I Enjeux scientifiques et techniques de l’analyse automatisée des transmissions iconographiques	1
1 Les diagrammes astronomiques	3
1.1 Un corpus idéal pour l’étude des transmissions	3
1.1.1 Le corpus ptolémaïque	4
1.1.2 La diffusion de l’œuvre de Ptolémée	4
1.2 L’iconographie témoin des diffusions intellectuelles	6
1.2.1 Les différentes familles de diagrammes	7
1.2.2 Construire le stemma codicum de l’œuvre à partir des diagrammes	7
1.3 Limites des approches philologiques traditionnelles	9
2 AIKON et l’automatisation des traitements	13
2.1 Le choix de la vision artificielle pour ces objets d’étude : la plateforme AIKON	13
2.2 Extraction de regions / Calcul de similarités	14
2.3 De l’annotation manuelle au traitement de masse : les interfaces existantes	15
3 Vers la nécessité d’interfaces d’exploration	17
3.1 Masse de données et limites de l’exploration manuelle	17
3.2 De la correction d’annotations à l’interprétation scientifique	18
3.3 Questions de recherche et besoins d’exploration du corpus	19
II Méthodologie de conception des visualisations exploratoires	

21

4 La visualisation en histoire	23
4.1 Evolution des représentations visuelles en histoire	23
4.2 Visualisations de réseaux et étude des disséminations	24
4.3 Enjeux critiques de la médiation numérique des données historiques	25
5 Formalisation des besoins et contraintes de conception	27
5.1 Analyse des pratiques et questions des chercheurs EIDA	27
5.2 Cahier des charges : objectifs scientifiques et contraintes techniques	28
5.3 Choix méthodologiques : network graph et alignement des sources (bipartite)	29
6 Processus itératif de développement	31
6.1 Prototypage et tests de faisabilité technique	31
6.2 Mise en oeuvre concrète : choix techniques et difficultés rencontrées	32
6.3 Intégration des retours utilisateurs et ajustements	33
III Evaluation critique et perspectives d'intégration	35
7 Analyse des visualisations produites	37
7.1 Visualisation bipartite : révéler les réorganisations du contenu intellectuel .	37
7.2 Network graph : explorer les chaînes de transmissions	38
7.3 Adéquation aux objectifs d'exploration scientifique	39
8 Validation et limites méthodologiques	41
8.1 Critères d'évaluation de l'efficacité exploratoire	41
8.2 Retour d'expérience par les chercheurs	42
8.3 Limites liées aux données et biais d'interprétation	43
9 Perspectives d'évolution et généralisation	45
9.1 Intégration dynamique à la plateforme AIKON	45
9.2 Transférabilité vers d'autres corpus et projets	46
9.3 Implications pour l'évolution des pratiques en humanités numériques . . .	47
Conclusion	49
Annexes	53
Acronymes	53
Table des matières	57