

Intégrer des données historiques spatio-temporelles. L'intérêt du Linked Open Data.

Nicola Carboni, Thibault Usel, Béatrice Joyeux-Prunel,

Université de Genève, Genève, Suisse

{prénom.nom}@unige.ch

Résumé

Les corpus de catalogues raisonnés, d'expositions, de collections et de répertoires de musées sont de plus en plus nombreux au format numérique. Ils fournissent des sources exceptionnelles pour examiner la circulation artistique à l'échelle mondiale, de l'atelier à la collection en passant par l'exposition. Cependant l'analyse computationnelle de ces circulations souffre de l'absence de conceptualisation partagée et d'une dispersion des informations. Nous proposons ici une solution pour intégrer ces informations dispersées à l'aide du web sémantique (Linked Open Data), utilisant l'ontologie CIDOC-CRM pour représenter des données historiques et spatio-temporelle relatives aux expositions, corpus le plus nombreux pour l'étude des circulations artistiques.

1 Introduction : relier les données d'exposition

Les répertoires des musées, disponibles numériquement en nombre croissant, constituent des sources utiles pour examiner la circulation finale des œuvres et des réputations artistiques à l'échelle mondiale. Des catalogues raisonnés de plus en plus nombreux permettent d'envisager les premiers temps de ces circulations. Au milieu, les catalogues d'expositions : ils donnent accès à des informations précises sur les lieux où certaines œuvres ont été montrées avant d'être achetées. Autant d'étapes cartographiables, qui permettent de mettre en évidence des trajectoires, une géographie, voire une géopolitique mondiale de l'art, tout en incitant à compléter par des études de cas et des approfondissements en archive.

Les expositions ont façonné l'histoire de l'art. Par la circulation des idées, des images et des œuvres, elles ont contribué à l'histoire des formes et des regards. Elles ont joué un rôle dans la définition des mouvements artistiques et des canons visuels, comme dans la promotion des carrières artistiques et la communication avec le public. Elles

témoignent des évolutions du champ artistique, autant que de processus plus spécifiquement visuels de circulation des images. L'étude des catalogues expositions peut donc révéler plus qu'une simple liste de ce qui a été exposé et par qui. Si les *Exhibition Studies* (Greenberg et al., 1996; Locher, 2012; Voorhies, 2017), raisonnaient le plus souvent à partir d'études de cas (catalogues expositions séminales, sources écrites et archives), l'intérêt d'analyser ce macrocosme à grande échelle a vite paru évident, à mesure que les données d'exposition commençaient à être numérisées et partagées librement, notamment les catalogues d'expositions (Joyeux-Prunel et Marcel, 2015). Mais les différences de portée, d'informations disponibles et d'objectifs entre les jeux de données rendent leur intégration sémantique complexe, ce qui limite les possibilités d'analyses croisées. Il en résulte un panorama en silos, qui souffre de l'absence de conceptualisation partagée.

Interconnecter des corpus éparpillés est donc une urgence. Notre intervention se concentrera sur le cas des catalogues d'expositions. Tirant parti de l'héritage de multiples bases de données de catalogues¹ (Joyeux-Prunel, 2018), nous proposons une solution utilisant le web sémantique et l'ontologie CIDOC-CRM (CIDOC : Comité international pour la Documentation de l'ICOM – CRM : Conceptual Reference Model). Appliquant cette méthode au cas de BasArt, la base mondiale de catalogues d'expositions Artl@s², nous en montrons les avantages, notamment pour l'enrichissement des données et le raisonnement par inférences.

1.1 RDF et CIDOC-CRM

RDF (Resource Description Framework) est un cadre pour la création et la gestion de données distribuées. Pensé pour le web, il est conçu pour dé-

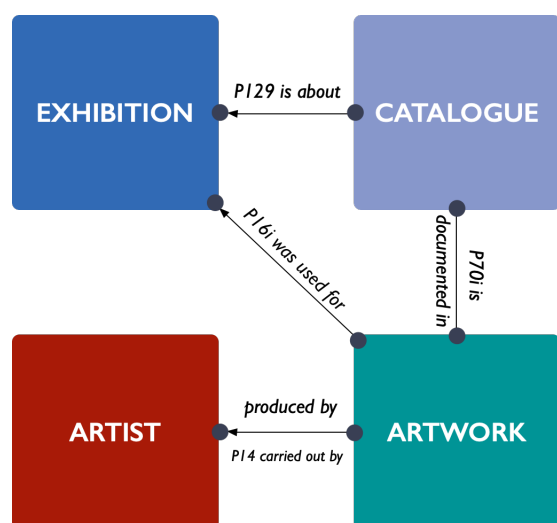
1. Pour ne citer que quelques exemples Artl@s, base Salons, Database of Modern Exhibitions (DoME), SIK-ISEA SIKART.

2. <https://artlas.huma-num.fr/map>.

crire les relations entre des ressources (identifiées par IRI - International Resource Identifiers) en utilisant des énoncés appelés triples, formés d'un sujet, d'un prédicat et d'un objet (Hendler et al., 2020) : une image (sujet) décrit (prédicat) Vénus (objet). Les triples peuvent être reliés à de nombreux autres (l'image décrivant Vénus peut être reliée au triple « Vénus est une déesse du panthéon romain » puis à « Vénus est l'équivalent d'Aphrodite »). Grâce à sa structure, le RDF compose l'information sous forme de graphe : un corpus peut être transformé en réseau de connexions, où les informations sont reliées entre elles.

Transformer de données en RDF implique de créer des entités pour chacune des unités informationnelles du jeu de données d'origine (Hogan et al., 2021). Le résultat donne un graphe de connaissances qui peut être combiné avec d'autres graphes, en associant les entités que partagent les graphes concernés. La nature des entités décrites dans un corpus numérique et la manière dont elles peuvent être reliées sont définies en utilisant un vocabulaire formel appelé ontologie. L'adoption d'une ontologie implique de choisir entre différentes conceptualisations d'un domaine. Ce qui existe et ce qui n'existe pas, ce qu'il est possible ou pas de mentionner pour le modèle des données et le jeu de données auquel il est appliqué, est défini dans l'ontologie. Le choix d'une ontologie est donc d'une importance capitale pour la modélisation des données et leur analyse ultérieure.

FIGURE 1 – Relations entre les principales entités du modèle de données de la base Artl@s



Pour décrire les informations sur les expositions, nous avons choisi CIDOC-CRM, une onto-

logie standard développée sous l'égide de l'ICOM (Conseil international des musées) qui présente plusieurs extensions utiles pour couvrir la diversité des domaines liés au patrimoine culturel (Bruseker et al., 2017). CIDOC-CRM permet d'interconnecter automatiquement un jeu de données sur des expositions avec d'autres données liées déjà disponibles dans le domaine du patrimoine culturel.

2 Modélisation des données

2.1 Stratégie et données

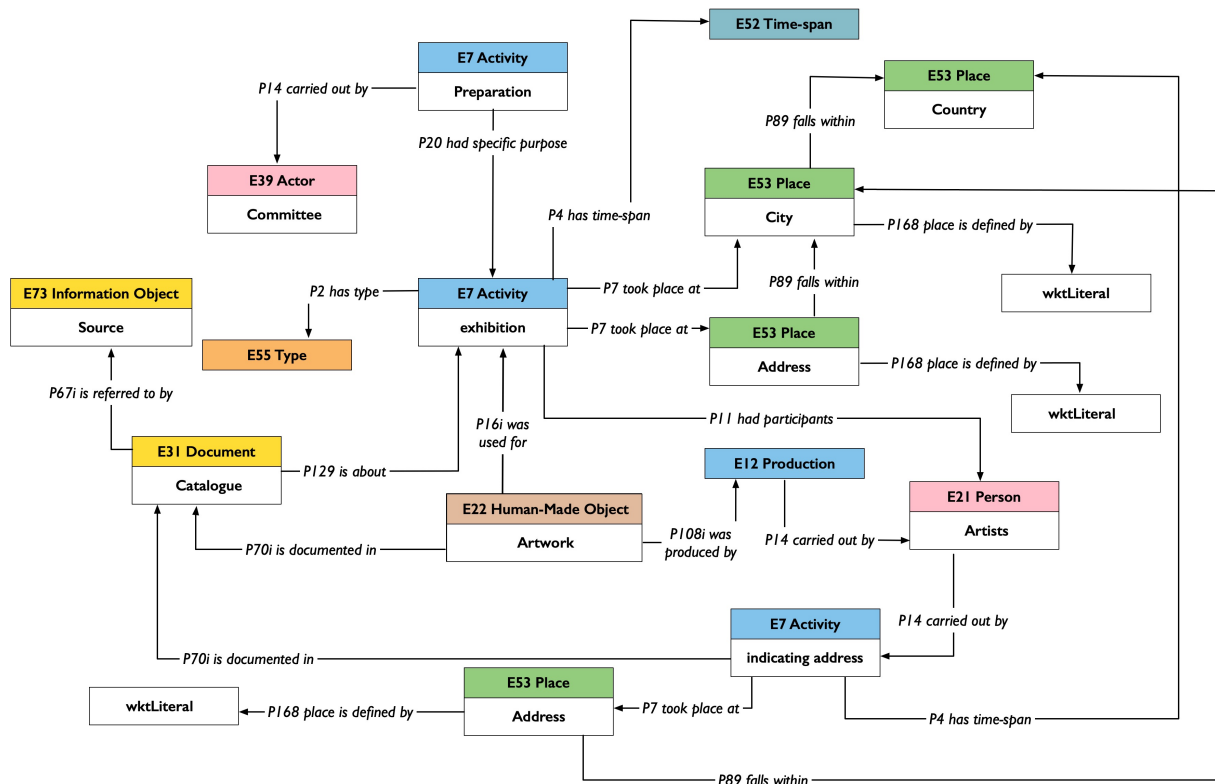
Nos données sur les expositions peuvent être modélisées de manière théorique (*top-down*) ou en partant d'un corpus concret (*bottom-up*) (Fernández-López et al., 1997). La seconde méthode est plus efficace par son adhérence à la concrétude des données ; elle favorise une culture de la réutilisation. Nous nous sommes donc concentrés sur Basart, une base de données collaborative de catalogues d'exposition du XIXe siècle à nos jours, développée sous l'égide du projet Artl@s³. BasArt vise à décentrer le regard de l'histoire de l'art, tant d'un point de vue géopolitique (au-delà de l'Europe et l'Amérique du Nord) que méthodologique (vers une perspective collective, plus mondiale, plus sociale). Issue de plusieurs technologies de traitement (la numérisation et la documentation des catalogues d'exposition, la transcription semi-automatique de leur contenu, le géoréférencement des adresses et l'ajout d'informations sur le sexe des artistes), la base donne accès à une riche quantité d'informations ; notamment la description des expositions, des œuvres exposées et des exposants (noms, années et lieux de naissance, de décès et de résidence souvent disponibles). La diversité des catalogues présents dans Basart, sa portée mondiale et son orientation historique en font un cas d'utilisation parfait pour le développement d'un modèle permettant le partage d'informations.

2.2 Modèle ontologique

Pour assurer la possibilité d'une intégration future entre plusieurs bases, l'utilisation de CIDOC-CRM ne suffit pas. En effet, cette ontologie est d'une grande richesse et d'une certaine complexité. Il faut donc s'entendre sur une modélisation commune, et sur les formes de connaissance (*ontological patterns*) associées à la structuration des données. La conceptualisation d'un modèle ontologique *bottom-up* commence par l'analyse des enti-

3. <https://artlas.huma-num.fr/map/>

FIGURE 2 – Validité des données. En projetant les expositions (nommées ex dans le diagramme) dans le temps, il est possible de calculer la validité de leurs assertions, et le chevauchement des informations historiques.



tés et des relations utilisées (explicitement ou implicitement) dans le système d'information qu'on souhaite transformer. Basart fait intervenir quatre catégories de données : (i) sur l'artiste, (ii) sur l'exposition, (iii) sur le catalogue et (iv) sur l'œuvre d'art (Figure 1)⁴. Quoique notre modélisation prenne en compte les relations entre ces entités, nous nous concentrerons principalement sur la modélisation des expositions en tant que données temporelles.

Une exposition est toujours modélisée comme une entité temporelle (avec une date de début et une date de fin), avec projection spatiale (lieu de l'exposition). Deux expositions de deux bases de données différentes sont les mêmes si la dénomination et les œuvres qui y sont exposées sont les mêmes sur la même temporalité. Les informations relatives à une exposition peuvent avoir une ou plusieurs sources (catalogues, mention dans la presse, cartons d'invitation – sources principales de BasArt) qui définissent sa présence dans l'espace et le temps, ainsi que ses relations avec d'autres objets. Articuler l'espace et le temps est une tâche stratégique. Un événement peut avoir lieu dans plusieurs

endroits. De même, plusieurs événements temporels peuvent se produire au même endroit. L'espace n'est pas un critère d'identité pour les événements, car les événements ont une projection spatiale mais pas de dimension spatiale (Hacker, 1982).

La modélisation des expositions itinérantes peut sembler remettre en question la définition de l'exposition en tant qu'activité temporelle. Les événements se déplacent-ils ? Si les objets se déplacent, il ne s'ensuit pas que les événements se déplacent. Nous soutenons que l'unité d'un événement est temporelle mais que seule une phase d'un événement existe à un moment spécifique. Les événements sont constitués de plusieurs parties plus courtes ($p_1, p_2 \dots p_n$). Chacune de ces phases étant définie temporellement, elles peuvent se produire séquentiellement et à différents endroits (Dretske, 1967). En conséquence, nous modélisons les expositions itinérantes comme une entité temporelle unique composée de phases ayant des projections spatiales différentes. L'unité de l'exposition est conservée, même si certaines de ses parties (par exemple les œuvres d'art), non-essentielles à sa substance, peuvent changer au fil du temps. Le modèle produit pour décrire les données relatives aux

4. La documentation préliminaire du modèle et les fichiers de mappings sont disponibles sur [Github](#).

expositions est présenté à la figure 2).

2.2.1 Validité temporelle

Concentrons-nous sur les données temporelles et leur validité. Certaines des informations figurant dans les catalogues doivent être exprimées sous forme de faits temporels dont la validité est limitée (Saïs et al., 2020). C'est le cas, par exemple, de l'adresse de l'artiste, qui peut changer au fil du temps. Chaque catalogue peut rapporter l'adresse à laquelle un artiste peut être joint (selon les cas, son atelier, son domicile, l'adresse d'un ami, d'un courtier ou d'un marchand). Comme ces adresses sont des informations temporelles, différents catalogues peuvent indiquer des adresses différentes pour le même artiste. Par exemple, selon le catalogue de la 24^e exposition de la Société des Indépendants tenue à Paris entre le 20 mars et le 2 mai 1908⁵, Albert Marquet donnait l'adresse du 19 quai Saint-Michel à Paris. Comment modéliser cela ?

Une solution consiste à décrire les propositions temporelles comme des arguments d'événement (1) (Davidson, 1967; Parsons, 1990). Nous pouvons traduire les arguments des événements en RDF en utilisant la modélisation dite n-ary⁶. C'est-à-dire :

$$\begin{aligned} \exists e [& givenAddress(e) \wedge subj(Marquet, e) \\ & \wedge indicates(quaiSaintMichel, e) \\ & \wedge T_{beg}(1908 - 03 - 20, e) \\ & \wedge T_{end}(1908 - 03 - 20, e) \\ & \wedge hasSource(Indpendants24, e)] \end{aligned} \quad (1)$$

Nous disposons d'éléments historiques attestant de la validité de l'adresse donnée par l'artiste uniquement pour le début de l'exposition concernée, l'adresse ayant pu changer immédiatement par la suite. Pour cette raison, dans (1), nous contraignons temporellement l'événement en utilisant uniquement la date de début de l'exposition, que nous modélisons comme un instant précis ($T_{beg}1908 - 03 - 20, T_{end}1908 - 03 - 20$) plutôt qu'une période plus longue (par exemple, la durée de l'exposition). La validité possible de l'adresse de chaque artiste est calculée à l'aide d'intervalles

5. Source "Société des artistes indépendants. 24, Catalogue de la 24e exposition 1908 : Jardin des Tuileries, Serres de l'Orangerie, du 20 mars au 2 mai... / Société des artistes indépendants", Gallica page 273 : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k96564798/f285.item>

6. Ici, les énoncés sont décrits en utilisant la notation proposée par Parson au lieu de Davidson car, de cette façon, ils peuvent être décrits et raisonnés en utilisant la logique du premier ordre (Trame et al., 2013).

temporels flous (voir 2.3). Les dimensions temporelle et spatiale dans (1) sont séparées. Cette approche limite la validité de l'adresse à un moment précis (T_{beg}, T_{end}) dans le temps, ce qui permet de modéliser plusieurs faits temporels liés à la même adresse ou au même lieu.

La pertinence de cette modélisation est claire pour le cas typique de deux artistes qui auraient indiqué la même adresse à des époques différentes. Ainsi par exemple, selon le catalogue de la 17^e exposition des Indépendants tenue entre le 20 avril et le 20 mai 1901⁷, Henri Matisse indique l'adresse du 19, quai Saint-Michel à Paris. En utilisant la modélisation proposée dans (1), il est possible d'ajouter ces informations sans risquer d'aplatir les données et de fausser les analyses futures. On pourra ainsi modéliser plus facilement le fait que deux artistes ont donné, à plusieurs moments possibles dans le temps, la même adresse :

$$\begin{aligned} \exists e_1 [& givenAddress(e_1) \wedge subj(Marquet, e_1) \\ & \wedge indicates(quaiSaintMichel, e_1) \\ & \wedge T_{beg}(1908 - 03 - 20, e_1) \\ & \wedge T_{end}(1908 - 03 - 20, e_1) \\ & \wedge hasSource(Indpendants24, e_1)] \\ \exists e_2 [& givenAddress(e_2) \wedge subj(Matisse, e_1) \\ & \wedge indicates(quaiSaintMichel, e_2) \\ & \wedge T_{beg}(1901 - 04 - 20, e_2) \\ & \wedge T_{end}(1901 - 04 - 20, e_2) \\ & \wedge hasSource(Indpendants17, e_2)] \end{aligned} \quad (2)$$

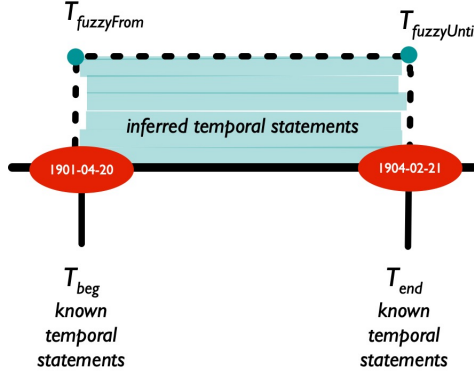
Les énoncés de (2) définissent deux événements distincts (e_1 et e_2) qui se produisent au même endroit mais à des moments différents. La chose permet de répondre à des recherches telles que « qui a indiqué l'adresse de correspondance du 19 quai Saint-Michel en 1908 ? » ou, par extension, « quels artistes ont indiqué des adresses de correspondance Rive Gauche en 1908 ? ».

2.3 Inférences et informations probables

Une autre requête peut être utile pour une recherche : quelle adresse donnaient les deux artistes en 1906 ? Ne disposant d'aucune donnée à ce sujet,

7. Source "Société des artistes indépendants. 17, Catalogue des oeuvres exposées 1901 : 17e exposition, Grandes Serres de l'Exposition universelle [Paris]..., du 20 avril au 21 mai", Gallica, page 273 : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k326416k/f46.item>

FIGURE 3 – Représentation floue d'énoncés temporels. Les années 1901 et 1904 sont les seules années où dans BasArt est indiquée l'adresse de correspondance (19 quai Saint-Michel à Paris) de Matisse. Le temps entre 1901 et 1904 est donc associé, jusqu'à ce que de nouvelles données soient introduites dans la base, à la possibilité d'utilisation (énoncé temporel flou) de la même adresse par Matisse. Les énoncés temporels inférés sont définis en utilisant différents prédicats ($T_{fuzzyFrom}$, $T_{fuzzyUntil}$), afin de les distinguer des énoncés temporels connus (T_{beg} , T_{end}).



nous n'aurons évidemment pas de réponse, même si nous pouvons déduire à partir des données qu'il est possible que l'un des deux artistes ait utilisé le 19 quai Saint-Michel à l'époque. La modélisation en RDF permet d'ajouter un autre niveau ontologique, que l'on appelle « fuzzy », en distinguant les énoncés temporels connus (valides) des énoncés temporels inférés mais incertains (*fuzzy*). Chaque intervalle temporel T peut donc être modélisé comme un quadruple (Visser, 2005; Kauppinen et al., 2010) – un triple *fuzzy* ou valide. L'adresse de correspondance connue d'un artiste serait alors documentée comme un énoncé temporel valide (T_{beg} , T_{end}), et les intervalles temporels intermédiaires, qui représentent des moments historiques inconnus, comme des énoncés temporels *fuzzy* ($T_{fuzzyFrom}$, $T_{fuzzyUntil}$).

$$T = \langle T_{fuzzyFrom}, T_{beg}, T_{end}, T_{fuzzyUntil} \rangle$$

La distinction entre les énoncés temporels connus et inférés permet de répondre à des requêtes liées à des faits connus, et de proposer des lectures interprétatives. Des requêtes du type « qui pourrait avoir indiqué l'adresse du 19 quai Saint-Michel en 1906 » pourraient recevoir une réponse du type : « peut-être Matisse et Marquet ».

Pour proposer une modélisation capable de prendre en compte des cas complexes, envisageons

un autre exemple tiré de BasArt. En utilisant le catalogue de la 20^e exposition des Indépendants⁸, tenue du 21 février au 24 mars 1904 à Paris, et le catalogue de la 17^e exposition des Indépendants en 1901 mentionnée précédemment, nous pouvons supposer qu'Albert Marquet a changé d'adresse de correspondance à Paris entre 1901, 1904 et 1908, respectivement du 38 rue Monge à Paris au 211 bis avenue de Versailles (Paris), puis au 19 quai Saint-Michel (Paris).

$$\begin{aligned} \exists e_3 [& givenAddress(e_3) \wedge subj(Marquet, e_3) \\ & \wedge indicates(RueMonge, e_3) \\ & \wedge T_{beg}(1901 - 04 - 20, e_3) \\ & \wedge T_{end}(1901 - 04 - 20, e_3) \\ & \wedge hasSource(Indpendants17, e_3)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \exists e_4 [& givenAddress(e_4) \wedge subj(Marquet, e_4) \\ & \wedge indicates(211av.Versailles, e_4) \\ & \wedge T_{beg}(1904 - 02 - 21, e_4) \\ & \wedge T_{end}(1904 - 02 - 21, e_4) \\ & \wedge hasSource(Indpendants20, e_4)] \end{aligned}$$

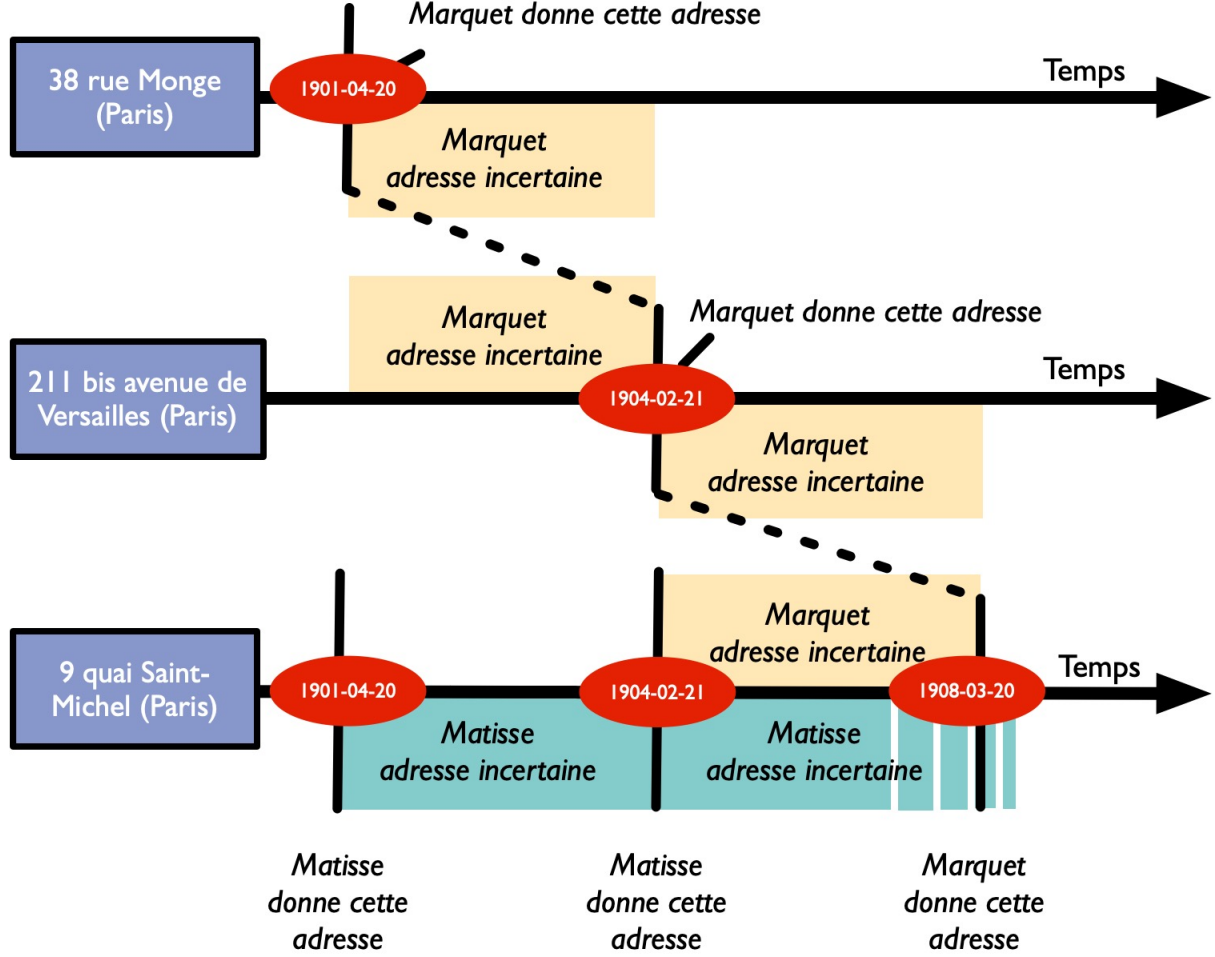
$$\begin{aligned} \exists e_5 [& givenAddress(e_5) \wedge subj(Matisse, e_5) \\ & \wedge indicates(quaiSaintMichel, e_5) \\ & \wedge T_{beg}(1904 - 02 - 21, e_5) \\ & \wedge T_{end}(1904 - 02 - 21, e_5) \\ & \wedge hasSource(Indpendants20, e_5)] \end{aligned} \quad (3)$$

Nous trouvons également des preuves qu'Henri Matisse a donné la même adresse en 1901 et 1904 (bien que nous ne sachions rien de ce qui s'est passé entretemps). Chacun de ces énoncés temporels peut être modélisé en utilisant à la fois le temps connu (comme dans (3)) et le temps *fuzzy* (comme dans (4)). Pour définir les énoncés incertains, nous classons les phases temporelles entre les points connus dans le temps comme *fuzzy* (voir la figure 4), ce qui garantit que ces informations apparaissent au niveau de la requête et qu'elles sont, en même temps, classées comme incertaines.

$$\begin{aligned} \exists e_{3f} [& givenAddress(e_{3f}) \wedge subj(Marquet, e_{3f}) \\ & \wedge indicates(RueMonge, e_{3f}) \\ & \wedge T_{fuzzyFrom}(1901 - 04 - 20, e_{3f}) \\ & \wedge T_{fuzzyUntil}(1904 - 02 - 21, e_{3f})] \end{aligned}$$

8. Source "Société des artistes indépendants. 20, Catalogue de la 20e exposition 1904 : Grandes Serres de la ville de Paris..., du 21 février au 24 mars... / Société des artistes indépendants", Gallica, page 100 : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k326414t/f102.item>

FIGURE 4 – Représentation de plusieurs énoncés temporels incertains (fuzzy). Les intervalles de temps entre les adresses connues d'un artiste sont représentés comme incertains, car il n'existe aucun document historique (dans la source utilisée) indiquant qu'il ait été joignable, voire qu'il ait vécu à l'une ou l'autre adresse. Une requête sur ces données concernant l'adresse de Marquet en 1903 donnera deux réponses, issues de données déduites : « 38 rue Monge » et « 211 bis avenue de Versailles ».



$$\begin{aligned} \exists e_{4f} [& \text{givenAddress}(e_{4f}) \wedge \text{subj}(\text{Marquet}, e_{4f}) \\ & \wedge \text{indicates}(\text{211av.Versailles}, e_{4f}) \\ & \wedge T_{\text{fuzzyFrom}}(1904 - 02 - 21, e_{4f}) \\ & \wedge T_{\text{fuzzyUntil}}(1908 - 03 - 20, e_{4f})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \exists e_{5f} [& \text{givenAddress}(e_{5f}) \wedge \text{subj}(\text{Matisse}, e_{5f}) \\ & \wedge \text{indicates}(\text{quaiSaintMichel}, e_{5f}) \\ & \wedge T_{\text{fuzzyFrom}}(1901 - 04 - 20, e_{5f}) \\ & \wedge T_{\text{fuzzyUntil}}(1904 - 02 - 21, e_{5f})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \exists e_{6f} [& \text{givenAddress}(e_{6f}) \wedge \text{subj}(\text{Matisse}, e_{6f}) \\ & \wedge \text{indicates}(\text{quaiSaintMichel}, e_{6f}) \\ & \wedge T_{\text{fuzzyFrom}}(1904 - 02 - 21, e_{6f}) \\ & \wedge T_{\text{fuzzyUntil}}(1914 - 02 - 21, e_{6f})] \end{aligned}$$

(4)

La modélisation proposée permet d'intégrer les

données d'exposition et fournit deux niveaux (valide, inféré) d'analyse des données spatiotemporelles. Ces niveaux peuvent être utilisés pour examiner la géographie de l'art et produire des cartographies quantitatives qui représenteraient la dynamique connue (valide) et inférée (*fuzzy*) du milieu artistique. Elle indique aussi à l'historien quelles informations méritent d'être vérifiées avec d'autres sources, pour ensuite recevoir une validation.

3 Conclusion

Les choix de modélisation utilisés pour la conversion des informations historiques en données structurées sont de vrais défis ontologiques. La sémantification des données vise à partager et intégrer des informations spatio-temporelles sur les expositions afin d'étudier la circulation multiforme de

l'art dans l'espace et le temps. Précisant la validité des déclarations temporelles, il est possible de les combiner de manière efficace, et de déduire de ces combinaisons des analyses dynamiques. La mise en œuvre de cette méthode permettra non seulement de promouvoir une analyse plus large des données d'exposition dans des contextes mondiaux, mais aussi de favoriser un environnement décentralisé, où chaque producteur de données peut réutiliser les données des autres et contribuer à l'étude du phénomène dans un contexte plus large.

Bibliographie

- George Bruseker, Nicola Carboni, et Anais Guillem. 2017. [Cultural heritage data management: The role of formal ontology and cidoc crm](#). In *Heritage and Archaeology in the Digital Age*, pages 93–131. Springer, Cham.
- Donald Davidson. 1967. The logical form of action sentences. In N. Rescher, éditeur, *The Logic of Decision and Action*. University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.
- Fred Dretske. 1967. Can events move? *Mind*, 76(304) :479–492.
- Mariano Fernández-López, Asunción Gómez-Pérez, et Natalia Juristo. 1997. Methontology : from ontological art towards ontological engineering. volume Proceedings of the Ontological Engineering AAAI-97 Spring Symposium Series, Stanford. American Association for Artificial Intelligence.
- Reesa Greenberg, Bruce W Ferguson, et Sandy Nairne. 1996. *Thinking about exhibitions*. Routledge, London.
- P. M. S. Hacker. 1982. Events and objects in space and time. *Mind*, 91(361) :1–19.
- James Hendler, Fabien Gandon, et Dean Allemang. 2020. *Semantic web for the working ontologist : Effective modeling for linked data, RDFS, and OWL*. Morgan & Claypool, New York.
- Aidan Hogan, Eva Blomqvist, Michael Cochez, Claudia d'Amato, Gerard de Melo, Claudio Gutierrez, Sabrina Kirrane, José Emilio Labra Gayo, Roberto Navigli, et Sebastian Neumaier. 2021. [Knowledge graphs](#). *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(4) :1–37.
- Béatrice Joyeux-Prunel. 2018. [Bases de données et gestion de projets en humanités numériques. les dessous du projet artl@s](#). *Biens Symboliques/Symbolic Goods. Revue de sciences sociales sur les arts, la culture et les idées*, (2).
- Béatrice Joyeux-Prunel et Olivier Marcel. 2015. [Exhibition catalogues in the globalization of art. a source for social and spatial art history](#). *Artl@s Bulletin*, 4(2) :8.
- Tomi Kauppinen, Glaucio Mantegari, Panu Paakkari, Heini Kuittinen, Eero Hyvönen, et Stefania Bandini. 2010. [Determining relevance of imprecise temporal intervals for cultural heritage information retrieval](#). *International journal of human-computer studies*, 68(9) :549–560.
- Hubert Locher. 2012. The idea of the canon and canon formation in art history. In *Art history and visual studies in Europe*, pages 29–40. Brill, Leiden.
- Terence Parsons. 1990. *Events in the semantics of English : A study in subatomic semantics*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Fatiha Saïs, Joana E. Gonzales Malaverri, et Gianluca Quercini. 2020. [Moment: Temporal meta-fact generation and propagation in knowledge graphs](#). In *Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC '20*, page 2039–2048, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Johannes Trame, Carsten Keßler, et Werner Kuhn. 2013. [Linked data and time – modeling researcher life lines by events](#). In *Spatial Information Theory*, pages 205–223, Cham. Springer International Publishing.
- Ubbo Visser. 2005. *Intelligent information integration for the Semantic Web*, volume 3159. Springer.
- James Voorhies. 2017. *Beyond objecthood : The exhibition as a critical form since 1968*. Mit Press, Cambridge, Massachusetts.