



HAL
open science

Recherche d'informations dans la correspondance d'Henri Poincaré: outils et méthodes

Nicolas Lasolle, Olivier Bruneau, Jean Lieber

► **To cite this version:**

Nicolas Lasolle, Olivier Bruneau, Jean Lieber. Recherche d'informations dans la correspondance d'Henri Poincaré: outils et méthodes. *Humanistica* 2020, May 2020, Bordeaux, France. hal-02570879v2

HAL Id: hal-02570879

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02570879v2>

Submitted on 22 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Recherche d'informations dans la correspondance d'Henri Poincaré : outils et méthodes

Nicolas Lasolle^{1,2}, Olivier Bruneau¹ et Jean Lieber²

¹ Université de Lorraine, CNRS, Université de Strasbourg, AHP-PRéST,
F-54000 Nancy, France

² Université de Lorraine, CNRS, Inria, LORIA, F-54000 Nancy, France

Résumé

Le corpus de la correspondance active et passive d'Henri Poincaré (1854-1912) est une source importante d'informations pour les historiens des sciences de la période. Il regroupe des échanges d'ordres scientifique, administratif ou privé. Des travaux liés à l'utilisation du Web sémantique visent à proposer des outils pour exploiter les données de ce corpus. Cet article présente un mécanisme de recherche approchée à l'aide d'un exemple. Cet outil peut être utile pour aider les historiens à explorer de nouvelles pistes lorsqu'ils se trouvent face à une problématique de recherche. Des discussions autour de l'utilisation du Web sémantique pour les travaux en histoire complètent ce document.

Introduction

Né en France, à Nancy, en 1854, Jules Henri Poincaré est souvent considéré comme l'un des derniers grands savants universels. Jusqu'à son décès en 1912, il a contribué à un grand nombre d'avancées scientifiques de son temps. Principalement connu pour ses travaux en mathématiques et en physique, il a également apporté des contributions majeures pour la philosophie des sciences, notamment grâce à la publication du livre *La Science et l'Hypothèse*¹. Au cours de sa vie, Henri Poincaré a tenu une correspondance importante, relevant aussi bien de la correspondance privée, administrative et scientifique. Composé d'environ 2100 lettres, ce corpus se présente comme une source d'informations majeure pour les historiens des

1. Henri POINCARÉ. *La science et l'hypothèse*. Paris : Flammarion, 1902.

sciences qui s'intéressent à la période. Ces lettres sont accessibles sur le site <http://henripoincare.fr>². Chaque item comporte un scan de la lettre originale³, une transcription, un appareil critique ainsi qu'un ensemble de méta-données descriptives. Ces dernières permettent à la fois la description physique de la lettre (expéditeur, destinataire, date de rédaction, etc.) et de son contenu (thèmes scientifiques abordés, personnes et institutions citées, etc.).

Ce site a été créé grâce au système de gestion de contenus *Omeka S*⁴ qui permet aux institutions (musées, archives, etc.) de publier et rendre accessibles des corpus de documents numérisés. Il est hébergé par Huma-Num⁵ qui propose des services adaptés aux projets d'humanités numériques. En complément de l'installation d'Omeka S, des technologies du Web sémantique ont été mises en œuvre afin de proposer des outils d'édition de données et de recherche d'informations aux utilisateurs. Les données de la correspondance ont été éditées selon le modèle RDF⁶, modèle fondé sur un graphe orienté et étiqueté. La figure 1 donne un extrait de graphe lié à la correspondance d'Henri Poincaré. Le langage SPARQL⁷ permet de formuler et exécuter des requêtes sur une base RDF.

La section 1 présente un mécanisme de recherche approchée en donnant un exemple d'application. Les futurs travaux liés à ce mécanisme sont également mentionnés. La section 2 présente des discussions liées au Web sémantique et à l'héritage culturel. Une conclusion est donnée dans la section 3.

2. Sur cette plateforme, d'autres éléments sont disponibles : les travaux de Poincaré, une iconographie et une bibliographie sur ce mathématicien.

3. Certains ne sont pas disponibles à cause du copyright.

4. Cécile BOULAIRE et Romeo CARABELLI. « Du digital naive au bricoleur numérique : les images et le logiciel Omeka ». In : *Expérimenter les humanités numériques. Des outils individuels aux projets collectifs*. Sous la dir. de Étienne CAVALIÉ, Frédéric CLAVERT, Olivier LEGENDRE et Dana MARTIN. Montréal, Québec : Les Presses de l'Université de Montréal, 2017. Chap. 7, p. 81-103.

5. Nicolas LARROUSSE et Joël MARCHAND. « A Techno-Human Mesh for Humanities in France : Dealing with preservation complexity ». In : *DH 2019*. Utrecht, Netherlands, juil. 2019. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02153016>.

6. Ora LASSILA, Ralph R SWICK et al. *Resource description framework (RDF) model and syntax specification*. 1998. URL : <http://www.w3.org/TR/WD-rdf-syntax>.

7. Eric PRUD'HOMMEAUX. *SPARQL Query Language for RDF, W3C Recommendation*. Sous la dir. d'Eric PRUD'HOMMEAUX et Andy SEABORNE. spec :sparql, 2008. URL : <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.

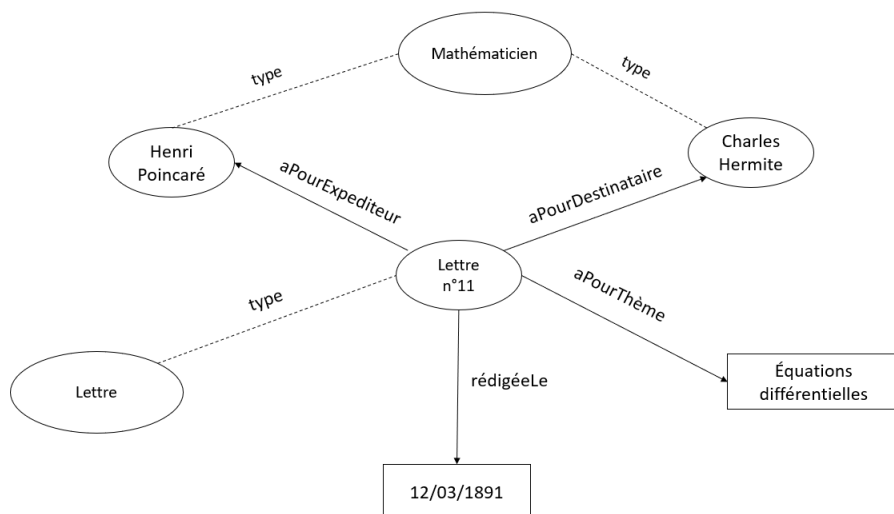


FIGURE 1 – Un exemple de graphe RDF.

1 Un mécanisme de recherche approchée et expliquée

Dans la plateforme dédiée à Henri Poincaré, différentes interfaces sont accessibles pour interroger le corpus. Une première interface utilisant l’outil Solr⁸ permet d’effectuer des recherches plein texte pour les lettres ayant une transcription⁹. Par exemple, une recherche après la saisie du terme « géométrie » retourne un ensemble de 26 lettres rédigées ou reçues par Henri Poincaré. Bien qu’il soit utile dans de nombreux cas, cet outil ne profite pas des technologies du Web sémantique. Le langage SPARQL est plus expressif et permet de formuler des requêtes complexes. Cependant, l’utiliser nécessite de maîtriser une syntaxe particulière qui n’est pas engageante pour tous les historiens et visiteurs du site. C’est pourquoi une solution regroupant trois interfaces a été mise en place. À l’aide d’une interface classique, un champ permet de directement saisir et exécuter une requête SPARQL à partir d’une requête type. Cette option nécessite de connaître finement le langage SPARQL. Une interface de type formulaire permet de générer une requête en filtrant les valeurs associées à diverses propriétés prédéfinies. Un néophyte

8. Trey GRAINGER et Timothy POTTER. *Solr in action*. Manning Publications Co., 2014.

9. Environ 60% des lettres sont associées à une transcription en XML ou L^AT_EX.

peut l'utiliser mais les requêtes sont moins expressives. Enfin la dernière interface a été élaborée autour d'un graphe. C'est l'utilisateur qui construit sa propre requête en visualisant et en manipulant un graphe. Celle-ci ne nécessitant pas une connaissance fine de SPARQL permet une bonne expressivité des requêtes. Néanmoins il est nécessaire de bien connaître l'ontologie associée. En complément de ces interfaces, des travaux visent à proposer des outils basés sur un mécanisme de recherche approchée et explicable¹⁰.

Imaginons un historien des sciences à la recherche d'informations concernant la *mécanique rationnelle* dans la correspondance d'Henri Poincaré. Un point de départ possible serait de s'intéresser aux échanges avec Paul Appell qui a rédigé plusieurs traités de mécanique rationnelle, notamment un premier volume paru en 1893¹¹. Soit \mathcal{Q} une requête informelle¹² formulée par l'historien :

$$\mathcal{Q} = \left| \begin{array}{l} \text{Donne-moi les lettres envoyées entre 1890 et} \\ \text{1895 par Paul Appell à Henri Poincaré et} \\ \text{qui mentionnent des travaux en mécanique.} \end{array} \right.$$

L'exécution de cette requête sur la base RDF du corpus de la correspondance pourrait retourner des résultats qui ne sont pas satisfaisant pour l'historien. Les raisons suivantes de cette insatisfaction peuvent être considérées :

- L'ensemble des résultats est trop grand : l'historien voudrait spécialiser sa requête.
- L'ensemble des résultats est vide ou trop petit : il souhaiterait généraliser sa requête.
- Les résultats obtenus n'apportent pas de réponse à la problématique initiale : il devrait envisager de nouvelles pistes de recherche.

Une approche pour remédier à ce problème consiste en la définition et l'application de règles de transformation de requêtes. Ces règles peuvent être générales ou dépendantes d'un domaine. Par exemple, voici quatre nouvelles requêtes qui pourraient résulter de la transformation de \mathcal{Q} :

$$\mathcal{Q}_1 = \left| \begin{array}{l} \text{Donne-moi les lettres envoyées entre 1890 et} \\ \text{1895 par Henri Poincaré à Paul Appell et} \\ \text{qui mentionnent des travaux en mécanique.} \end{array} \right.$$

10. Olivier BRUNEAU, Emmanuelle GAILLARD, Nicolas LASOLLE, Jean LIEBER, Emmanuel NAUER et Justine REYNAUD. « A SPARQL Query Transformation Rule Language—Application to Retrieval and Adaptation in Case-Based Reasoning ». In : *International Conference on Case-Based Reasoning*. Springer, 2017, p. 76-91.

11. Paul APPELL. *Traité de mécanique rationnelle*. T. 1. Gauthier-Villars, 1893.

12. Les requêtes utilisées dans ce document sont présentées de façon informelle dans un souci de lisibilité mais elles correspondent toutes à une requête SPARQL.

$$\mathcal{Q}_2 = \left| \begin{array}{l} \text{Donne-moi les lettres envoyées entre 1890 et} \\ \text{1895 par un mathématicien à Henri Poincaré et} \\ \text{qui mentionnent des travaux en mécanique.} \end{array} \right.$$

$$\mathcal{Q}_3 = \left| \begin{array}{l} \text{Donne-moi les lettres envoyées entre 1890 et} \\ \text{1895 par Émile Picard à Henri Poincaré et} \\ \text{qui mentionnent des travaux en mécanique.} \end{array} \right.$$

$$\mathcal{Q}_4 = \left| \begin{array}{l} \text{Donne-moi les lettres envoyées après 1895} \\ \text{par Paul Appell à Henri Poincaré et} \\ \text{qui mentionnent des travaux en mécanique.} \end{array} \right.$$

\mathcal{Q}_1 est générée en appliquant une règle d'échange de l'expéditeur et du destinataire de la lettre. \mathcal{Q}_2 est générée en appliquant une règle visant à remplacer une instance de classe par n'importe quel membre de cette classe. Dans notre cas, la ressource décrivant Paul Appell fait partie de la classe des mathématiciens. \mathcal{Q}_3 correspond à l'application d'une règle visant à remplacer l'un des correspondants par une personne avec laquelle il a collaboré. \mathcal{Q}_4 correspond à l'application d'une règle visant à modifier les bornes temporelles liées à la date d'écriture de la lettre. D'autres générations de requêtes peuvent être imaginées et sont dépendantes des règles existantes et des données de la base RDF. Il est possible de combiner plusieurs transformations de requêtes tant qu'un coût maximal n'a pas été atteint. En effet, dans le fonctionnement actuel de l'outil, un coût (défini comme un nombre positif) est associé à chaque règle de transformation de requêtes. Ainsi, l'application successive de règles de transformation correspond à l'exploration d'un arbre de recherche comme l'illustre la figure 2.

L'objectif de ce mécanisme de transformation est double. Tout d'abord, il permet de présenter des résultats sémantiquement proches de ceux correspondant aux critères de recherche et qui peuvent apporter une réponse au problème de recherche pour lequel la requête initiale avait été formulée. Mais ce mécanisme peut aussi faire émerger de nouvelles connaissances pour le domaine. En effet, dans le contexte de la correspondance d'Henri Poincaré, il peut permettre de dégager de nouveaux liens ou d'affiner des liens existants entre des personnes, des institutions, etc.

L'idée de transformation de requêtes présentée ici a déjà prouvé sa pertinence dans le cadre du corpus de la correspondance d'Henri Poincaré¹³ ou

13. BRUNEAU, GAILLARD, LASOLLE, LIEBER, NAUER et REYNAUD, « A SPARQL Query Transformation Rule Language—Application to Retrieval and Adaptation in Case-Based Reasoning », op. cit.

pour l’outil de cuisine personnalisée Taaable¹⁴. Mais dans le cadre du corpus de la correspondance, il n’existe pas d’outil permettant d’utiliser ce mécanisme de façon interactive. C’est l’un des travaux en cours que de rendre ce mécanisme accessible aux historiens étudiant la correspondance d’Henri Poincaré. Plusieurs pistes sont envisagées : la première concerne la mise en place d’un outil permettant de naviguer interactivement dans l’arbre de recherche en choisissant pas à pas les pistes à explorer (et donc les transformations à privilégier). Lorsqu’une requête générée est satisfaisante, il serait possible de la sauvegarder avec le processus complet ayant mené à sa création. Cela permettrait une trace de la démarche de recherche ayant amené à sa formulation. La deuxième piste s’intéresse à la création d’une vue chronologique permettant de filtrer des éléments en partant d’une requête initiale. Reprenons la requête initiale Q . Celle-ci permet de générer des premiers filtres liés à la recherche de lettres : « Envoyée par Paul Appell », « Rédigée entre 1890 et 1895 », « Mentionnant des travaux en mécanique ». L’application des règles de transformation de requêtes pourrait entraîner l’apparition de filtres supplémentaires liés à cette requête initiale : « Envoyée par un mathématicien », « Envoyée par Émile Picard », « Rédigée après 1885 », etc. L’utilisateur aurait la possibilité de choisir les filtres à appliquer de manière à visualiser les ressources satisfaisant l’ensemble des conditions sélectionnées ou bien de pouvoir afficher et distinguer les ressources correspondant à au moins une des conditions. Les lettres correspondantes seraient visibles au sein d’une frise chronologique mettant en évidence la date de rédaction associée. L’idée est de facilement identifier des lettres présentant des proximités.

Ce travail de recherche dépassant le cadre de ce corpus permet d’introduire des réflexions autour de la conception d’interfaces de recherche pour les données produites en sciences humaines et sociales. Il serait notamment utile de réfléchir à l’utilisation de ce mécanisme de recherche dans d’autres contextes pour lesquels le Web sémantique est utilisé pour valoriser des contenus culturels. Une fois les travaux aboutis, l’outil associé sera mis à disposition et accompagné d’un guide d’installation et de configuration afin de créer ses propres règles de transformation de requêtes.

14. A. CORDIER, V. DUFOUR-LUSSIER, J. LIEBER, E. NAUER, F. BADRA, J. COJAN, E. GAILLARD, L. INFANTE-BLANCO, P. MOLLI, A. NAPOLI et H. SKAF-MOLLI. « Taaable : a Case-Based System for personalized Cooking ». In : *Successful Case-based Reasoning Applications-2*. Sous la dir. de Stefania MONTANI et Lakhmi C. JAIN. T. 494. Studies in Computational Intelligence. Springer, 2014, p. 121-162. DOI : 10.1007/978-3-642-38736-4_7. URL : <https://hal.inria.fr/hal-00912767>.

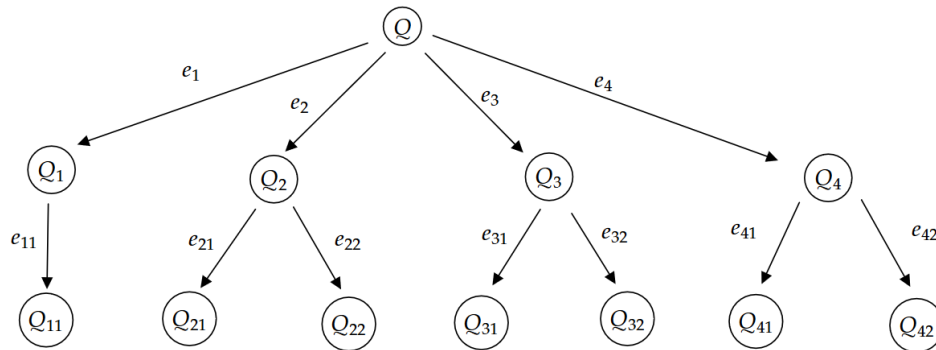


FIGURE 2 – Un exemple d’arbre de recherche tronqué à la profondeur 2. Les étiquettes correspondent à l’explication associée au passage d’une requête à une autre.

2 Le Web sémantique et l’histoire

De nombreuses institutions (musées, bibliothèques, archives, etc.) utilisent les outils du Web sémantique pour structurer et partager des contenus et métadonnées associées. En résultent des portails ayant pour objectif de regrouper et exposer des données de sources diverses. C’est notamment le cas pour la *Digital Public Library of America* qui partage gratuitement une collection d’ouvrages¹⁵, ou encore la plateforme Europeana¹⁶ qui donne accès à des ressources provenant d’institutions culturelles de l’Union Européenne. D’autres projets visent à proposer des outils élaborés facilitant la recherche d’informations. Par exemple, une série de projets a abouti à la création de portails pour accéder à des contenus relatifs à la culture finlandaise¹⁷. Ceux-ci proposent notamment des interfaces de recherches géographiques et historiques ainsi qu’un outil mettant en évidence des relations entre des personnes. Un

15. Robert DARNTON. « The National Digital Public Library Is Launched! » In : *The New York review of book* 60 (7 2013).

16. Bernhard HASLHOFER et Antoine ISAAC. « data.europeana.eu : The europeana linked open data pilot ». In : *International Conference on Dublin Core and Metadata Applications*. 2011, p. 94-104.

17. Eero HYVÖNEN. « Sampo” model and semantic portals for Digital Humanities on the Semantic Web ». In : *Proc. of the Digital Humanities in the Nordic Countries (DHN 2020)*. CEUR WS Proceedings (2020).

autre exemple est le projet HISCO¹⁸ qui expose une classification historique des professions ou encore le projet BRIDGE¹⁹ qui a pour objectif la génération de liens entre des archives télévisuelles et d'autres sources centrées autour d'entités et d'événements.

Le Web sémantique permet donc de structurer et publier des données mais aussi de créer des outils puissants qui peuvent entraîner de nouvelles pratiques de recherche. En effet, il s'agit de concevoir des outils qui assistent les chercheurs dans leur travail quotidien (par exemple, en automatisant des tâches pénibles) ainsi que d'autres qui favorisent la sérendipité²⁰. C'est dans ce contexte que s'inscrivent les travaux récents en informatique autour de la correspondance d'Henri Poincaré. Dans le cas du mécanisme de recherche approchée, celui-ci peut simplifier le travail de recherche d'informations au sein de la correspondance mais aussi proposer des pistes nouvelles qui n'ont pas été envisagées par les historiens lors d'une de leurs recherches. L'objectif est de présenter des relations, des résultats formant de nouvelles découvertes tout en expliquant les raisonnements impliqués.

La mise en place de ces outils pose différents défis qui ne sont pas nécessairement spécifiques au corpus de la correspondance mais qui peuvent se rencontrer dans d'autres projets en histoire. Ils sont notamment liés à l'ontologie associée au corpus de la correspondance²¹.

Les sources sont hétérogènes de par leurs types, leurs formats de données ou leurs langues : bien que centré autour des lettres, le corpus de la correspondance inclut des documents divers (rapports, articles, médias, etc.). Ils sont majoritairement rédigés en français mais parfois dans d'autres langues

18. Marco HD VAN LEEUWEN, Ineke MAAS et Andrew MILES. « Creating a historical international standard classification of occupations an exercise in multinational interdisciplinary cooperation ». In : *Historical Methods : A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History* 37.4 (2004), p. 186-197.

19. Jasmijn VAN GORP et Marc BRON. « Building Bridges : Collaboration between Computer Sciences and Media Studies in a Television Archive Project. » In : *DHQ : Digital Humanities Quarterly* 13.3 (2019). URL : <http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/13/3/000375/000375.html>.

20. Valentina MACCATROZZO. « Burst the filter bubble : using Semantic Web to enable serendipity ». In : *International Semantic Web Conference*. Springer. 2012, p. 391-398 ; Tilman DEUSCHEL, Timm HEUSS, Bernhard HUMM et Torsten FRÖHLICH. « Finding without Searching-A Serendipity-based Approach for Digital Cultural Heritage ». In : *Digital Intelligence, Nantes* (2014).

21. Le terme ontologie fait référence à l'ensemble des classes et propriétés utilisées pour éditer la base RDF. Dans le cas du corpus de la correspondance, cette ontologie utilise le langage RDFS (Dan BRICKLEY, Ramanathan V. GUHA et Brian MCBRIDE. « RDF Schema 1.1 ». In : *W3C recommendation* 25 [2014], p. 2004-2014) qui permet de définir une hiérarchie entre les classes et entre les propriétés, et qui utilise la notion de domaine et co-domaine pour décrire les propriétés.

telles que l'anglais ou l'allemand. C'est pourquoi il est nécessaire de créer des outils robustes qui s'adaptent à ces différents contenus et aux évolutions possibles des modèles ontologiques utilisés pour les décrire. De plus, les données culturelles amènent une richesse sémantique : les données de la correspondance décrivent des personnes, des institutions et des lieux, et utilisent diverses notions temporelles. Pour garantir une interopérabilité sémantique, il est nécessaire de créer une ontologie s'appuyant sur des modèles pré-existants. Par exemple, GeoNames²² et GeosPARQL²³ sont des modèles utiles pour décrire des lieux géographiques, FOAF²⁴ permet de décrire des personnes et les relations qu'elles entretiennent et BIO²⁵ se concentre sur une description biographique des personnes. Un autre point d'attention est que les données historiques sont parfois incomplètes, imprécises, incertaines ou font appel à des notions vagues : par exemple, « la fin du XIX^e siècle » est une notion qui fait parfois référence à la période qui débute en 1870 avec la proclamation de la III^e République. Cependant, ce terme n'est pas univoque et d'autres périodes de références existent. Par exemple, dans un autre contexte, 1873 serait un choix pertinent qui correspond à la date de la publication de l'ouvrage de Maxwell *A Treatise on Electricity and Magnetism* dans lequel il énonce les fameuses équations de Maxwell. Enfin, il faut garder à l'esprit que des données provenant de différentes sources peuvent avoir des liens historiques forts : c'est notamment le cas dans le corpus de la correspondance d'Henri Poincaré qui a tenu des échanges avec de nombreuses personnalités et qui a siégé dans un grand nombre de sociétés savantes de son époque.

3 Conclusion

Les données du corpus de la correspondance d'Henri Poincaré ont été éditées en suivant le modèle RDF qui est un standard du Web sémantique. Plusieurs outils de recherche ont été proposés pour exploiter les données de ce corpus. Plus particulièrement, les travaux actuels s'intéressent à l'application d'un mécanisme de recherche approchée. Plusieurs applications de ce

22. Bernard VATANT et Marc WICK. *Geonames ontology*. 2012. URL : http://www.geonames.org/ontology/ontology_v3.

23. Robert BATTLE et Dave KOLAS. « Geosparql : enabling a geospatial semantic web ». In : *Semantic Web Journal* 3.4 (2011), p. 355-370.

24. Dan BRICKLEY et Libby MILLER. *FOAF vocabulary specification*. 2007. URL : <http://xmlns.com/foaf/spec/>.

25. Ian DAVIS et David GALBRAITH. *BIO : A vocabulary for biographical information*. 2004. URL : <https://vocab.org/bio/>.

mécanisme sont en cours de développement lors d'un travail regroupant informaticiens et historiens. Une idée qui ressort fréquemment de ce travail conjoint est qu'il est nécessaire de créer des systèmes donnant un sentiment de maîtrise. Pour cela, un travail futur s'intéresse à l'explicabilité de ce mécanisme de recherche approchée. Actuellement, il consiste en une simple description textuelle de la règle de transformation de requête appliquée. Il sera sans doute nécessaire de proposer un moyen de restituer le raisonnement de manière plus détaillée en l'adaptant à l'application courante.

Le Web sémantique offre de nombreuses possibilités aux institutions souhaitant valoriser un contenu culturel. Différents travaux proposent des outils favorisant la découverte de connaissances. Les pratiques de recherche évoluent avec l'apparition de ces nouveaux outils comme c'est le cas au sein des Archives Henri-Poincaré.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État, gérée par l'Agence Nationale de la Recherche, au titre du projet Investissements d'Avenir Lorraine Université d'Excellence, portant la référence ANR-15-IDEX-04-LUE.

Références

- APPELL, Paul. *Traité de mécanique rationnelle*. T. 1. Gauthier-Villars, 1893.
- BATTLE, Robert et Dave KOLAS. « Geosparql : enabling a geospatial semantic web ». In : *Semantic Web Journal* 3.4 (2011), p. 355-370.
- BOULAIRE, Cécile et Romeo CARABELLI. « Du digital naive au bricoleur numérique : les images et le logiciel Omeka ». In : *Expérimenter les humanités numériques. Des outils individuels aux projets collectifs*. Sous la dir. de Étienne CAVALIÉ, Frédéric CLAVERT, Olivier LEGENDRE et Dana MARTIN. Montréal, Québec : Les Presses de l'Université de Montréal, 2017. Chap. 7, p. 81-103.
- BRICKLEY, Dan, Ramanathan V. GUHA et Brian MCBRIDE. « RDF Schema 1.1 ». In : *W3C recommendation* 25 (2014), p. 2004-2014.
- BRICKLEY, Dan et Libby MILLER. *FOAF vocabulary specification*. 2007. URL : <http://xmlns.com/foaf/spec/>.
- BRUNEAU, Olivier, Emmanuelle GAILLARD, Nicolas LASOLLE, Jean LIEBER, Emmanuel NAUER et Justine REYNAUD. « A SPARQL Query Transformation Rule Language—Application to Retrieval and Adaptation in

- Case-Based Reasoning ». In : *International Conference on Case-Based Reasoning*. Springer, 2017, p. 76-91.
- CORDIER, A., V. DUFOUR-LUSSIER, J. LIEBER, E. NAUER, F. BADRA, J. COJAN, E. GAILLARD, L. INFANTE-BLANCO, P. MOLLI, A. NAPOLI et H. SKAF-MOLLI. « Taaable : a Case-Based System for personalized Cooking ». In : *Successful Case-based Reasoning Applications-2*. Sous la dir. de Stefania MONTANI et Lakhmi C. JAIN. T. 494. Studies in Computational Intelligence. Springer, 2014, p. 121-162. DOI : 10.1007/978-3-642-38736-4_7. URL : <https://hal.inria.fr/hal-00912767>.
- DARNTON, Robert. « The National Digital Public Library Is Launched ! » In : *The New York review of book* 60 (7 2013).
- DAVIS, Ian et David GALBRAITH. *BIO : A vocabulary for biographical information*. 2004. URL : <https://vocab.org/bio/>.
- DEUSCHEL, Tilman, Timm HEUSS, Bernhard HUMM et Torsten FRÖHLICH. « Finding without Searching-A Serendipity-based Approach for Digital Cultural Heritage ». In : *Digital Intelligence, Nantes* (2014).
- GRAINGER, Trey et Timothy POTTER. *Solr in action*. Manning Publications Co., 2014.
- HASLHOFER, Bernhard et Antoine ISAAC. « data.europeana.eu : The european linked open data pilot ». In : *International Conference on Dublin Core and Metadata Applications*. 2011, p. 94-104.
- HYVÖNEN, Eero. « Sampo” model and semantic portals for Digital Humanities on the Semantic Web ». In : *Proc. of the Digital Humanities in the Nordic Countries (DHN 2020). CEUR WS Proceedings* (2020).
- LARROUSSE, Nicolas et Joël MARCHAND. « A Techno-Human Mesh for Humanities in France : Dealing with preservation complexity ». In : *DH 2019*. Utrecht, Netherlands, juil. 2019. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02153016>.
- LASSILA, Ora, Ralph R SWICK et al. *Resource description framework (RDF) model and syntax specification*. 1998. URL : <http://www.w3.org/TR/WD-rdf-syntax>.
- MACCATROZZO, Valentina. « Burst the filter bubble : using Semantic Web to enable serendipity ». In : *International Semantic Web Conference*. Springer. 2012, p. 391-398.
- POINCARÉ, Henri. *La science et l'hypothèse*. Paris : Flammarion, 1902.
- PRUD'HOMMEAUX, Eric. *SPARQL Query Language for RDF, W3C Recommendation*. Sous la dir. d'Eric PRUD'HOMMEAUX et Andy SEABORNE. spec :sparql, 2008. URL : <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.
- VAN GORP, Jasmijn et Marc BRON. « Building Bridges : Collaboration between Computer Sciences and Media Studies in a Television Archive Pro-

- ject. » In : *DHQ : Digital Humanities Quarterly* 13.3 (2019). URL : <http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/13/3/000375/000375.html>.
- VAN LEEUWEN, Marco HD, Ineke MAAS et Andrew MILES. « Creating a historical international standard classification of occupations an exercise in multinational interdisciplinary cooperation ». In : *Historical Methods : A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History* 37.4 (2004), p. 186-197.
- VATANT, Bernard et Marc WICK. *Geonames ontology*. 2012. URL : http://www.geonames.org/ontology/ontology_v3.