

Algorithmes pour l'optimisation et la gestion des réseaux – Introduction aux graphes de connaissances

I&I @ M2 MVA – ENS Paris Saclay

Lionel Tailhardat

lionel.tailhardat@orange.com

genears.github.io

Février/Mars 2026

Syllabus & planning

Le concept de **graphe de connaissances** a émergé autour de 2010 mais trouve ses racines dans des travaux bien plus anciens en IA en rapport à la **représentation formelle des connaissances** et le **raisonnement logique** sur celles-ci (p.ex. les graphes sémantiques, les logiques de description).

En quoi ces graphes diffèrent de ceux évoqués classiquement par la théorie des graphes ? et en quoi ces graphes peuvent-ils nous être utiles pour la gestion des réseaux ?

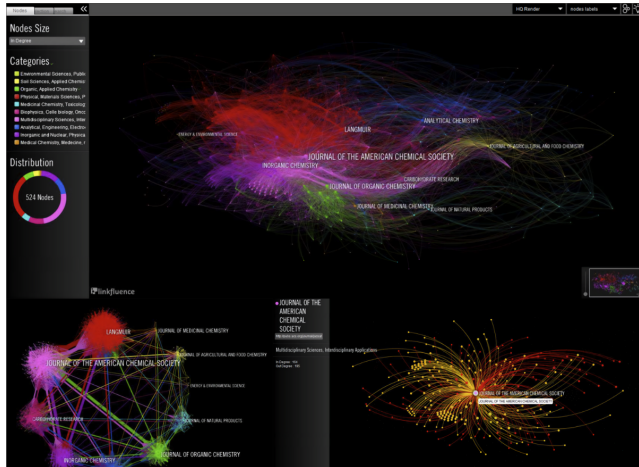
Nous verrons dans cette leçon d'introduction que les graphes de connaissances et les techniques algorithmiques associées permettent de répondre aux problématique de nombreux domaines d'application dès lors qu'il s'agit de travailler avec des **données hétérogènes**, de **raisonner sur la sémantique et la structure des données**, de réaliser des **inférences avec des garanties intrinsèques d'explicabilité**, et ce sans pour autant s'empêcher d'utiliser des techniques et approches d'autres registres tels que l'optimisation combinatoire, l'apprentissage automatique, ou les réseaux de neurones.

7 février Présentation de l'utilisation des graphes de connaissances pour la détection d'anomalies sur des infrastructures réseaux.

13 février Introduction aux techniques de construction et d'exploitation des graphes de connaissances + présentation du projet étudiant #2.

27 mars Restitution du projet #2.

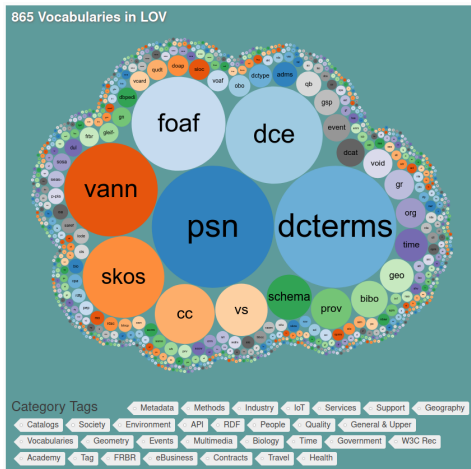
Un avant goût – Décrire et réfléchir le monde (1)



Cartographie numérique de la recherche en chimie en France en 2009 à partir des données du WoS (Linkfluence, WebAtlas, 2010). Extrait de "Qu'est-ce que la cartographie du web ?" (Franck Ghitalla, 2021). <https://doi.org/10.4000/books.oep.15358>

→ Mettre ensemble des données parlant de choses différentes pour disposer d'une vue d'ensemble et comprendre les interrelations.

Un avant goût – Décrire et réfléchir le monde (2)



Les vocabulaires référencés dans le catalogue Linked Open Vocabularies (LOV) au 17 janvier 2025. <https://lov.linkeddata.es/dataset/lov>

→ Des façons standardisées et interopérables de représenter et interpréter divers domaines de discours.

Bibliographie & références

Quelles compétences et quelles ressources pour approfondir ?

Quelles compétences ? (1)

Dans “Teaching Knowledge Graph for Knowledge Graphs Education” (Eleni Ilkou, et al., 2024, [pré-publication SWJ](#)), les auteurs s’intéressent au socle de compétences pour travailler avec les graphes de connaissances et les technologies du Web Sémantique.

Ils proposent d’organiser ces compétences à l’aide d’un graphe de connaissances :-)

Main Skills	Knowledge Topics
RDF	RDF (Resource Description Framework) introduction. RDF syntax (Turtle, RDF/XML, JSON-LD).
Knowledge Graph Standards and Tools	Overview of standards like RDF, RDFS, OWL, and SHACL, FAIR principles. Popular knowledge graph tools and frameworks (e.g., Apache Jena, Neo4j).
SPARQL	SPARQL query language for querying RDF data.
Secondary Skills	Knowledge Topics
Linked Data	Linked Data principles and best practices. Ontologies and their role in the Semantic Web.
Graph Theory	Introduction to graph theory concepts (nodes, edges, etc.) Types of graphs (property, directed, etc.) Graph algorithms for KGs (e.g., community detection, centrality measures) Graph traversal techniques.
Validation of KGs	Data accuracy, consistency, and adherence to defined schemas or constraints like SHACL and SHEx. Schema validation, data quality dimensions (e.g., correctness, completeness), and resolving inconsistencies through logical inference and debugging.
Ontology Engineering	Ontology design patterns and best practices. Ontology alignment and merging.
Knowledge Graph Construction	Data extraction and integration techniques. Entity recognition and disambiguation. Knowledge graph population and curation.
Knowledge Graph Reasoning.	Inference and reasoning in KGs. Rule-based and ontology-based reasoning.
Scalability and Performance	Knowledge graph storage and processing. Scalability challenges and solutions. Benchmarking and performance optimization.
NLP, ML and Knowledge Graphs	Named entity recognition, extraction and linking. Relation extraction from text. Graph neural networks for KG analytics. Knowledge graph completion, link prediction and entity embeddings
Case Studies	Industry-specific use cases (e.g., healthcare, e-commerce). Practical examples of KG implementations (e.g. fact checking, QnA)
Knowledge Graph Visualization	Visualization techniques for KGs. Tools and libraries for creating interactive visualizations.
AI Ethics, Bias and Legal Considerations	Data privacy and security in KGs. Ethical concerns related to KG construction and usage. Addressing bias and fairness issues in KGs Compliance with regulations (e.g., GDPR).
Blockchain and Decentralized Knowledge Graphs	Decentralized KG architectures using blockchain technology. Data ownership and security in decentralized KGs.
Domain Knowledge Graphs	In-depth exploration of KGs in specialized fields (e.g., healthcare, geospatial). Domain-specific standards and ontologies (e.g., HL7 FHIR in healthcare).
Knowledge Graph Governance and Quality	Techniques for assessing and improving data quality in KGs. Governance models and policies for maintaining KGs.

Quelles compétences ? (2)

Dans le cours magistral “Les technologies du Web Sémantique et de l’extraction d’information” (Raphaël Troncy, EURECOM. 2024, [WebSem-2025fall](#)), l’enseignement s’effectue par un module de 21h au sein d’un tronc commun d’ingénieur en sciences des données.

Le cours est présenté comme suit:

“Le Web sémantique désigne un ensemble de technologies visant à rendre le contenu des ressources du World Wide Web accessible et utilisable par les programmes et agents logiciels, grâce à un système de métadonnées formelles, utilisant notamment une famille de langages développés par le W3C. Ce cours est une visite guidée d’un certain nombre de recommandations du W3C permettant de représenter (RDF/S, SKOS, OWL) et d’interroger (SPARQL) des connaissances sur le web ainsi que les formalismes logiques sous-jacents à ces langages, leur syntaxe et leur sémantique formelle. Nous aborderons également les problèmes posés par la construction de systèmes à base de connaissances et de leur mise sur le réseau (alignement). Nous montrerons finalement comment extraire de la connaissance à partir de textes en utilisant des techniques de traitement de la langue naturelle.”

REQUIREMENTS

Connaissances basiques des technologies du web (html, css, javascript) ou des bases de données est un plus

DESCRIPTION

Ce cours est une visite guidée d’un certain nombre de recommandations du W3C permettant de représenter (RDF/S, SKOS, OWL) et d’interroger (SPARQL) des connaissances sur le web ainsi que les formalismes logiques sous-jacents à ces langages, leur syntaxe et leur sémantique formelle. Nous aborderons également les problèmes posés par la construction de systèmes à base de connaissances et de leur mise sur le réseau (alignement). Nous montrerons finalement comment extraire de la connaissance à partir de textes en utilisant des techniques de traitement de la langue naturelle.

Objectifs d’apprentissage:

- Maîtriser la pile des technologies du web sémantique
 - RDF: représenter de la connaissance sur le web
 - RDFS, SKOS, OWL: développer ses propres vocabulaires
 - SPARQL: interroger le web de données
- Extraction d’Information 101
 - Reconnaissance et désambiguïsation d’entités nommées
 - Analyse de sentiment
- Développer des applications sur le web sémantique
 - Les principes des données liées: des données brutes maintenant !
 - Réconcilier des données sur le web en utilisant des techniques d’apprentissage
 - Interagir avec le web de données : RDFa, microdata, JSON-LD

Nb d’heures : 21.00

Evaluation :

- Rapports de travaux pratiques 1+2+3 (40% de la note finale),
- Examen Final (60% de la note finale)

Ressources (1)

Cours en ligne

- Web sémantique et Web de données. INRIA, MOOC gratuit de 21h.
<https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/web-semantique-et-web-de-donnees/>
- RDF and JSON-LD for Metadata. DublinCore Academy. <https://academy.dublincore.org/>

Livres

- G. Antoniou, et al. A Semantic Web Primer. 2nd Edition, MIT Press, 2009, 288p.
<http://www.semanticwebprimer.org/>
- D. Allemang, et al. Semantic Web for the Working Ontologist. 1st Edition, Morgan Kaufmann, 2008, 384p. <http://workingontologist.org/>
- T. J. Pollock. Semantic Web for Dummies. Wiley, 2009, 432p.
<http://www.semanticwebfordummies.com/>
- J.G. Breslin, et al. The Social Semantic Web. Springer-Verlag, 2009, 300p.
<http://socialsemanticweb.net/>

Ressources (2)

Articles

- A. Hogan, et al. Knowledge Graphs. 2020. <https://doi.org/10.1145/3447772>

Journaux

- Semantic Web journal (SWJ, par IOS Press). <https://www.semantic-web-journal.net/>
- Transactions on Graph Data and Knowledge (TGDK).
<https://drops.dagstuhl.de/entities/journal/TGDK>

Organismes et groupes de normalisation

- W3C standards and drafts. <https://www.w3.org/TR/>
- W3C KG Construction Community Group. <https://www.w3.org/community/kg-construct/>

Ressources (3)

Conférences – France

- Conférences EGC (Association Internationale Francophone d'Extraction et de Gestion des Connaissances). <https://www.egc.asso.fr/manifestations/conferences>
- Les journées francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC) Plate-Forme Intelligence Artificielle (PFIA), organisées par l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle (AFIA). <https://afia.asso.fr/>

Conférences – International

- European Semantic Web Conference (ESWC). <https://eswc-conferences.org/>
- International Semantic Web Conference (ISWC). <https://iswc.umbc.edu/>
- Conference on Information and Knowledge Management (CIKM). <http://www.cikmconference.org/>
- International Conferences on Knowledge Capture (K-CAP). <https://www.k-cap.org/>
- International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW). <https://ekaw.org/>

Ressources (4)

Catalogues de modèles sémantiques

- Linked Open Vocabularies (LOV). <https://lov.linkeddata.es/>
- IndustryPortal (Ontologies for industry) INP Toulouse / Ecole Nationale d'Ingéieurs de Tarbes (ENIT). <https://industryportal.enit.fr/ontologies/>
- EU Vocabularies (European Union).
<https://op.europa.eu/fr/web/eu-vocabularies/data-catalogue>

Catalogues d'outils

- Semantic Web Tool Hub. <https://semantic-tool-hub.github.io/>
- Awesome KGC Tools. <https://github.com/kg-construct/awesome-kgc-tools>

Applications

Utilisation des graphes de connaissances pour la détection d'anomalies sur des infrastructures réseaux.

Les graphes de connaissances pour la détection d'anomalies

La gestion des réseaux doit satisfaire des **contraintes réglementaires** (disponibilité des services critiques, traçabilité des actions) et répondre à des **objectifs commerciaux** (disponibilité et performance des services, garantie de temps de rétablissement), qui amènent naturellement à chercher une **efficacité opérationnelle** maximale, notamment à travers des questions telles que:

Gestion des incidents. Comment pouvons-nous fournir une approche unifiée à la phase de diagnostic pour des systèmes complexes ?

Modélisation des anomalies. Quelles techniques algorithmiques incluent la notion de temps et disposent intrinsèquement de propriétés d'explicabilité ?

Aide à la décision. Comment apprendre/utiliser une représentation manipulable des anomalies ?

Pour entrer dans le vif du sujet:

↪ “Anomaly Detection using Knowledge Graphs and Synergistic Reasoning – Application to Network Management and Cyber Security” (Lionel Tailhardat, 2024). [NNT:2024SORUS293](#) / [manuscrit](#) / [pres-pdf](#).



Prochaine séance : 13 février

Programme :

- Nous nous donnerons les moyens d’“appeler un chat un chat”.
- Nous discuterons du projet étudiant #2 “VMs in DC: a cybersecurity perspective with knowledge graphs”.

Quelques questions à méditer entre-temps :

- Peut-on prendre une décision sur une décision ?
- Quelles techniques du cours “algorithmes pour l’optimisation et la gestion des réseaux” (Nancy Perrot) utiliseriez-vous pour la détection d’anomalies et/ou aider à la résolution d’incidents ?
- Où positionneriez-vous ces techniques dans l’équation (1), qui propose une représentation abstraite d’une chaîne de traitement de données dans un système d’aide à la décision :

$$\mathcal{E} \xrightarrow{\text{e.t.l.}} \mathcal{K} \xrightarrow{\text{infer.}} \mathcal{P} \quad (1)$$

$\mathcal{E}$ the Environment (i.e. primary and secondary data describing the network), $\mathcal{K}$ the Knowledge (i.e. information about the network behavior and business rules guiding network administration tasks), $\mathcal{P}$ the Propositions (i.e. explained inferences about the network states and behavior), e.t.l. an Extract-Transform-Load process or alike, r a reasoning process (i.e. an “internal” inference process aimed at producing facts and knowledge from basic facts present in $\mathcal{K}$) and infer. an inference process.

Mise en œuvre

Introduction aux techniques de construction et d'exploitation des graphes de connaissances.

Préambule philosophique

“appeler un chat un chat” (fr.wiktionary.org) :

- Probablement du grec ancien “appeler une figue une figue et une barque une barque”.
- Appeler les choses par leur nom ; dire les choses franchement, sans circonlocution.

... d'accord, mais :

- Qui a dit que ce qu'on appelle un chat doit s'appeler un chat ? ← notions de **sémantique** (signifiant versus signifié) et de **provenance** de l'information.
- Qu'est-ce qui caractérise “un chat” et permet d'affirmer que ce qu'on observe / ce dont on discute est “un chat” ? ← notions d'**univocité** (de “chose” en soi), de **domaine de discours**, et de **modèle**.
- Comment dire qu'un chat n'est pas “qu'un chat” ? (il s'agit de Léon, le chat de ma fille, pris en photo lorsqu'il venait d'être diplômé du M2 MVA) ← notions d'**identité** et de **domaine d'interprétation**.

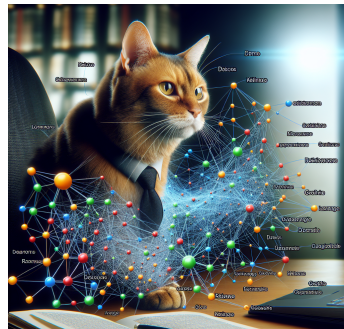
Préambule philosophique

“appeler un chat un chat” (fr.wiktionary.org) :

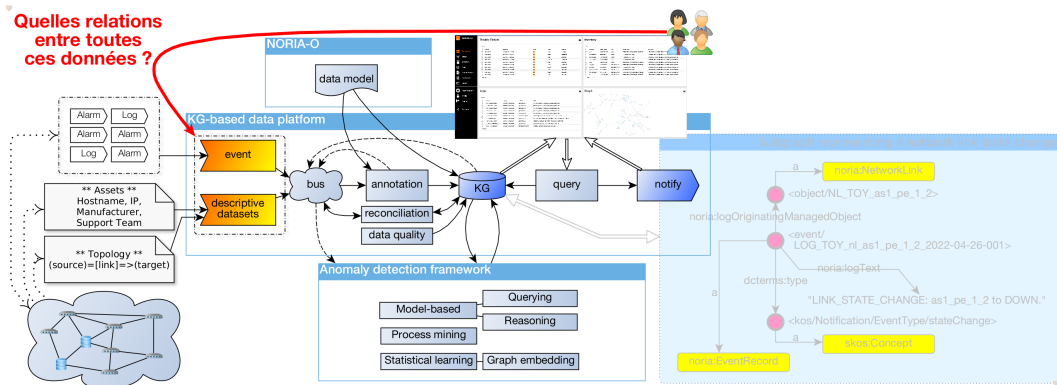
- Probablement du grec ancien “appeler une figue une figue et une barque une barque”.
- Appeler les choses par leur nom ; dire les choses franchement, sans circonlocution.

... d'accord, mais :

- Qui a dit que ce qu'on appelle un chat doit s'appeler un chat ? ← notions de **sémantique** (signifiant versus signifié) et de **provenance** de l'information.
- Qu'est-ce qui caractérise “un chat” et permet d'affirmer que ce qu'on observe / ce dont on discute est “un chat” ? ← notions d'**univocité** (de “chose” en soi), de **domaine de discours**, et de **modèle**.
- Comment dire qu'un chat n'est pas “qu'un chat” ? (il s'agit de Léon, le chat de ma fille, pris en photo lorsqu'il venait d'être diplômé du M2 MVA) ← notions d'**identité** et de **domaine d'interprétation**.



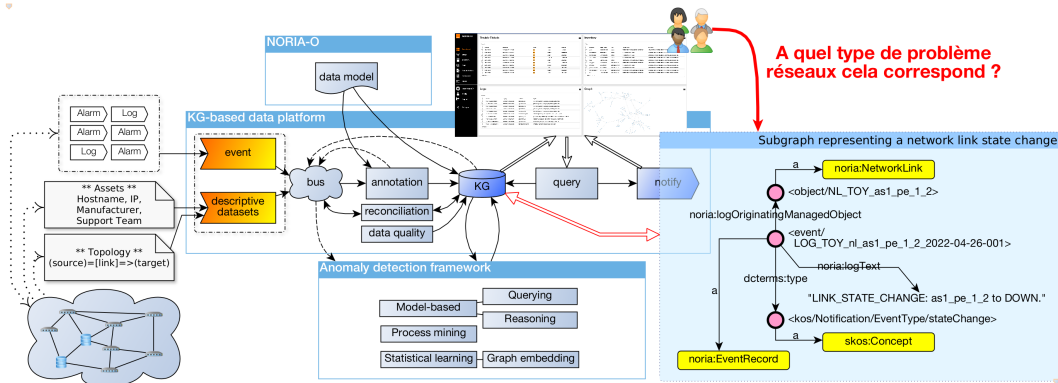
Principes d'architecture pour la construction et l'exploitation des graphes (1)



“appeler un chat un chat” ... il est donc globalement question de :

- ➞ Etre en capacité de **donner du sens** (analyse, catégorisation, et discrimination) à un **ensemble de données hétérogènes**.

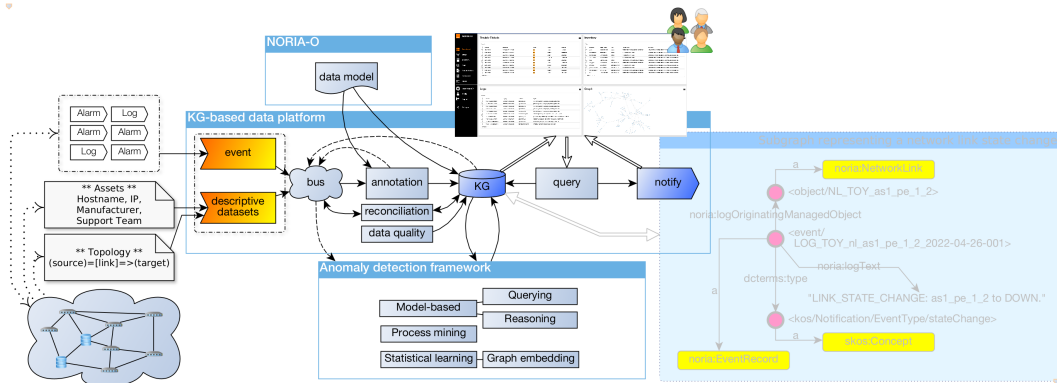
Principes d'architecture pour la construction et l'exploitation des graphes (2)



Nous faisons implicitement le pari que :

- La **nature** des entités (tangibles ou intangibles) du domaine étudié et la **structure relationnelle** relative à ces entités permettent de donner du sens à une entité donnée, voire à un groupe d'entités.

Principes d'architecture pour la construction et l'exploitation des graphes (3)



Pourriez-vous associer les divers composants de l'équation:

$$\mathcal{E} \xrightarrow{\text{e.t.l.}} \mathcal{K}^{\text{or}} \xrightarrow{\text{infer.}} \mathcal{P}$$

... aux éléments de la figure ci-dessus ?

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (1)

Objectif Combiner des données de topologie de réseaux (routeurs, serveurs, liens), d'événements (logs techniques, alarmes, tickets d'incidents) et d'organisation (intervenants, équipes) afin d'identifier les personnes à contacter pour résoudre un incident.

Données Ressources en ligne `norio-0.2` sur <https://w3id.org/norio/dataset/>

Outils Ce dont nous allons nous servir pour ce cours ...

- RMLmapper – construction de graphe de connaissances à l'aide de règles de transformation déclaratives : [code source](#) ([image Docker](#))
- Jena ARC – interrogation de graphe en ligne de commande via des requêtes SPARQL : [SPARQL CLI](#) ([aide mémoire](#))
- Editeurs graphique en ligne – visualiser, éditer et interroger un graphe de connaissances : [Semantechs turtle-editor-viewer](#) ([Zazuko RDF Skech](#))

Etapes Typiquement ...

- 1 Collecter les données à transformer → `dataset/norio-0.2/datasource/`
- 2 Implémenter des règles de transformation → `dataset/norio-0.2/engine/`
- 3 Exécuter les règles (produire le graphe) → `dataset/norio-0.2/output/`
- 4 Interroger le graphe, nous verrons ça un peu plus tard dans ce cours ...

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (1)

Objectif Combiner des données de topologie de réseaux (routeurs, serveurs, liens), d'événements (logs techniques, alarmes, tickets d'incidents) et d'organisation (intervenants, équipes) afin d'identifier les personnes à contacter pour résoudre un incident.

Données Ressources en ligne `norio-0.2` sur <https://w3id.org/norio/dataset/>

Outils Ce dont nous allons nous servir pour ce cours ...

- RMLmapper – construction de graphe de connaissances à l'aide de règles de transformation déclaratives : [code source](#) ([image Docker](#))
- Jena ARC – interrogation de graphe en ligne de commande via des requêtes SPARQL : [SPARQL CLI](#) ([aide mémoire](#))
- Editeurs graphique en ligne – visualiser, éditer et interroger un graphe de connaissances : [Semantechs turtle-editor-viewer](#) ([Zazuko RDF Skechth](#))

Etapas Typiquement ...

- 1 Collecter les données à transformer → `dataset/norio-0.2/datasource/`
- 2 Implémenter des règles de transformation → `dataset/norio-0.2/engine/`
- 3 Exécuter les règles (produire le graphe) → `dataset/norio-0.2/output/`
- 4 Interroger le graphe, nous verrons ça un peu plus tard dans ce cours ...

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (2)

#1 – Collecter les données à transformer

- Exemple : fichier `noria_users.tsv`
- Format : Tabulation-Separated Values (TSV)

The screenshot shows an IDE with a project structure on the left and a code editor on the right. The project structure includes a folder 'noria-0.2' containing several files, including 'noria_users.tsv'. The code editor displays the content of 'rm_nloria_org.ttl', which is an RDF graph. The graph includes a table 'LS_NORIA_Users' with columns 'LastName', 'FirstName', 'employeeId', 'employeeMailBox', and 'teamId'. The graph also includes a triple map 'MP_NORIA_Users' with a predicate 'foaf:lastName' and a value '7681'. The graph is linked to a URI 'https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_{employeeId}'.

```
77
78 <LS_NORIA_Users>
79   rml:source [ a csvw:Table; ___o:4589
80               csvw:uri "datasource/noria_users.tsv";
81               csvw:dialect [ a csvw:Dialect; ___o:4701
82                             csvw:delimiter "<br>";
83                           ];
84               rml:referenceFormulation ql:CSV
85             ]
86
87 # === Triples Maps ===
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98 <MP_NORIA_Users>
99   a rml:TriplesMap;
100   rml:logicalSource <LS_NORIA_Users> ;
101   rml:subjectMap <SM_NORIA_UserId> ;
102
103   rml:predicateObjectMap [ rml:predicate rdf:type; ___o:7328
104                           rml:objectMap [ rml:constant foaf:Person ]; ___o:7394
105     ];
106
107   rml:predicateObjectMap [ rml:predicate prov:wasDerivedFrom; ___o:7480
108                           rml:objectMap [ rml:constant "noria-ontology-toy-example" ]; ___o:7558
109     ];
110
111   rml:predicateObjectMap [ rml:predicate foaf:lastName; ___o:7681
112                           rml:objectMap [ rml:reference "LastName" ]; ___o:7733
113     ];
```

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (3)

#2 – Implémenter des règles de transformation

- Exemple : fichier `rml_noria_org.ttl`
- Syntaxe : Terse RDF Triple Language (Turtle)
- Vocabulaire : RDF Mapping Language (RML)
- Logical Source (vert) : référence au fichier contenant les données
- Triples Map (gris) : pour chaque enregistrement (ligne) de la Logical Source, on génère une entité (un nœud) dont l'identifiant sera de la forme `https://w3id.org/noria/-agent/USER_TOY_{employeeId}`
- Triples Map (jaune) : chaque entité disposera d'une propriété (un arc) pour lui associer la classe `foaf:Person`
- Triples Map (bleu) : chaque entité disposera d'une propriété de sémantique `foaf:lastName` dont la valeur sera issue de la colonne `LastName` de la Logical Source

```
Project
├── noria-ontology
│   ├── idea
│   ├── alignment-cache
│   ├── cqs
│   ├── dataset
│   │   ├── noria-0.1
│   │   │   ├── noria-0.2
│   │   │   │   ├── datasource
│   │   │   │   │   ├── noria_applications.tsv
│   │   │   │   │   ├── noria_FMEA.csv
│   │   │   │   │   ├── noria_resources.tsv
│   │   │   │   │   ├── noria_services.tsv
│   │   │   │   │   ├── noria_teams.tsv
│   │   │   │   │   ├── noria_topology.graphml
│   │   │   │   │   ├── noria_topology.png
│   │   │   │   │   ├── noria_users.tsv
│   │   │   │   ├── engine
│   │   │   │   │   ├── functions_noria.ttl - http://example.org/noria-functions.ttl
│   │   │   │   │   ├── NORIAFunctions
│   │   │   │   │   ├── rml_folio_fmea.ttl - http://mapping.example.org/rml_folio_fmea.ttl
│   │   │   │   │   ├── rml_noria_applications.ttl - http://example.org/rml_noria_applications.ttl
│   │   │   │   │   ├── rml_noria_folio_fmea.ttl - http://mapping.example.org/rml_noria_folio_fmea.ttl
│   │   │   │   │   ├── rml_noria_org.ttl - http://example.org/rml_noria_org.ttl
│   │   │   │   │   ├── rml_noria_resources.ttl - http://example.org/rml_noria_resources.ttl
│   │   │   │   │   ├── rml_noria_topology_edges.ttl - http://example.org/rml_noria_topology_edges.ttl
│   │   │   │   ├── noria-0.3
│   │   │   │   │   ├── gitkeep
│   │   │   │   │   ├── README.md
│   │   │   │   ├── docs
│   │   │   │   ├── evaluation
│   │   │   │   ├── kos
│   │   │   │   ├── lib
│   │   │   │   ├── ontology
│   │   │   │   │   ├── DisplayPrinter-debug.xml
│   │   │   │   │   ├── .editorconfig
│   │   │   │   │   ├── .env
│   │   │   │   │   ├── .FopProcessor-debug.xml
│   │   │   │   │   ├── .gitignore
│   │   │   │   │   ├── CITATION.cff
│   │   │   │   │   ├── CONTRIBUTING.md
│   │   │   │   │   ├── LICENSE
│   │   │   │   │   ├── ...

```

```
1  LastName  FirstName  employeeId  employeeMailBox  teamId
2  LName01  FName01  LF001  lname.fname@example.org  Support01
3  LName02  FName02  LF002  lname.fname@example.org  Support01
4  LName03  FName03  LF003  lname.fname@example.org  Support02
5  LName04  FName04  LF004  lname.fname@example.org  Support02
6  LName05  FName05  LF005  lname.fname@example.org  Support03
7  LName06  FName06  LF006  lname.fname@example.org  Support03
8  LName07  FName07  LF007  lname.fname@example.org  Support03
9  LName08  FName08  LF008  lname.fname@example.org  Support03
10 LName09  FName09  LF009  lname.fname@example.org  Mgmt01

Text  Data
rml_noria_org.ttl
77
78  <LS_NORIA_Users>
79  rel:source [ a csvw:Table;
80              csvw:url "datasource/noria_users.tsv";
81              csvw:dialect [ a csvw:Dialect;
82                              csvw:delimiter "<br>";
83                              csvw:delimiter "<br>";
84              ];
85  rel:referenceFormulation ql:CSV
86
87  # === Triples Maps ===
88
89  157  <MP_NORIA_Users>
158  a rml:TriplesMap;
159  rml:logicalSource <LS_NORIA_Users> ;
160  rml:subjectMap <SM_NORIA_UserId> ;
161
162  rml:predicateObjectMap [ rml:predicate rdf:type;
163                          rml:objectMap [ rml:constant foaf:Person ];
164  ];
165
166  rml:predicateObjectMap [ rml:predicate prov:wasDerivedFrom;
167                          rml:objectMap [ rml:constant "noria-ontology-toy-example" ];
168  ];
169
170  rml:predicateObjectMap [ rml:predicate foaf:lastName;
171                          rml:objectMap [ rml:reference "LastName" ];
172  ];
173
```

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (4)

#3.1 – Exécuter les règles (produire le graphe)

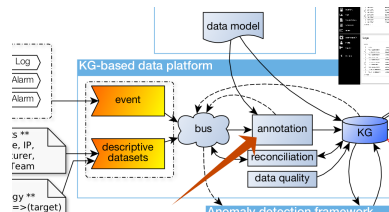
- Exemple : fichier `rml_noria_org.ttl`
- Télécharger l'image Docker de RMLMapper :

```
# Get the rmlmapper docker image
docker pull rmlio/rmlmapper-java
```

- Exécuter RMLMapper en se focalisant sur le Triples Map `MP_NORIA_Users` :

```
# Run rmlmapper
docker run --rm -v $(pwd):/data rmlio/rmlmapper-java rmlmapper \
  -v -s turtle \
  -m engine/rml_noria_org.ttl \
  -o output/noria_org_test.ttl \
  -t http://example.org/noria/engine/MP_NORIA_Users
```

Nous analysons le graphe résultant (fichier `output/noria_org_test.ttl`) dans la diapo suivante ...



Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (5)

#3.2 – Exécuter les règles

- RMLMapper (bleu) : le fichier `output/noria_org_test.ttl` a été produit
- Un enregistrement du fichier source (jaune) est traduit en un ensemble de triplets (rouge)
- Triplet $\equiv$ (sujet, prédicat, objet)
 - Sujet $\simeq$ nœud source
 - Prédicat $\simeq$ arc
 - Objet $\simeq$ nœud cible
- Dans l'exemple encadré (rouge)
 - Sujet = `https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002`
 - ObjectProperty : un arc qui pointe vers un nœud, p.ex. `org:memberOf`
 - DatatypeProperty : un arc qui pointe vers une valeur, p.ex. `foaf:firstName`

→ Est-ce que cela forme un graphe ?

The screenshot shows an IDE with two main panes. The left pane displays a project tree with various files, including `noria_org_test.ttl` which is highlighted with a red arrow. The right pane is split into two sections. The top section, titled `noria_users.tsv`, shows a table of user data with columns: `LastName`, `FirstName`, `employeeId`, `employeeMailBox`, and `teamId`. The second row is highlighted in yellow. The bottom section, titled `noria_org_test.ttl`, shows RDF triplets. A triplet is highlighted with a red box, corresponding to the highlighted row in the table above it. The triplet is: `<https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002> a foaf:Person ;` followed by several other properties like `org:memberOf`, `prov:wasDerivedFrom`, `foaf:firstName`, `foaf:holdsAccount`, `foaf:lastName`, and `foaf:mbox`. The bottom pane shows a terminal window with log output from RMLMapper.

LastName	FirstName	employeeId	employeeMailBox	teamId
LName01	FName01	LF001	lname.fname@example.org	Support01
LName02	FName02	LF002	lname.fname@example.org	Support01
LName03	FName03	LF003	lname.fname@example.org	Support02
LName04	FName04	LF004	lname.fname@example.org	Support02
LName05	FName05	LF005	lname.fname@example.org	Support03
LName06	FName06	LF006	lname.fname@example.org	Support03

```
<prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace#> .
<prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .

<https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001> a foaf:Person ;
  org:memberOf <https://w3id.org/noria/agent/TEAM_TOY_Support01> ;
  prov:wasDerivedFrom "noria-ontology-toy-example" ;
  foaf:firstName "FName01" ;
  foaf:holdsAccount <https://w3id.org/noria/agent/CUID_TOY_LF001> ;
  foaf:lastName "LName01" ;
  foaf:mbox "lname.fname@example.org" .

<https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002> a foaf:Person ;
  org:memberOf <https://w3id.org/noria/agent/TEAM_TOY_Support01> ;
  prov:wasDerivedFrom "noria-ontology-toy-example" ;
  foaf:firstName "FName02" ;
  foaf:holdsAccount <https://w3id.org/noria/agent/CUID_TOY_LF002> ;
  foaf:lastName "LName02" ;
  foaf:mbox "lname.fname@example.org" .

<https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF003> a foaf:Person ;
  org:memberOf <https://w3id.org/noria/agent/TEAM_TOY_Support02> ;
  prov:wasDerivedFrom "noria-ontology-toy-example" ;
```

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (5)

#3.2 – Exécuter les règles

- RMLMapper (bleu) : le fichier `output/noria_org_test.ttl` a été produit
- Un enregistrement du fichier source (jaune) est traduit en un ensemble de triplets (rouge)
- Triplet $\equiv$ (sujet, prédicat, objet)
 - Sujet $\simeq$ nœud source
 - Prédicat $\simeq$ arc
 - Objet $\simeq$ nœud cible
- Dans l'exemple encadré (rouge)
 - Sujet = `https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002`
 - ObjectProperty : un arc qui pointe vers un nœud, p.ex. `org:memberOf`
 - DatatypeProperty : un arc qui pointe vers une valeur, p.ex. `foaf:firstName`

→ Est-ce que cela forme un graphe ?

The screenshot shows an IDE with two main panes. The left pane displays a project tree with various files, including `noria_org_test.ttl` which is highlighted with a red arrow. The right pane is split into two sections. The top section, titled `noria_users.tsv`, shows a table with columns: `LastName`, `FirstName`, `employeeId`, `employeeMailBox`, and `teamId`. The second row is highlighted in yellow: `LName01 FName01 LF001 lname.fname@example.org Support01`. The bottom section, titled `noria_org_test.ttl`, shows RDF triplets. A triplet is highlighted with a red box: `<https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002> a foaf:Person ; org:memberOf <https://w3id.org/noria/agent/TEAM_TOY_Support01> ; prov:wasDerivedFrom "noria-ontology-toy-example" ; foaf:firstName "FName01" ; foaf:holdsAccount <https://w3id.org/noria/agent/CUID_TOY_LF001> ; foaf:lastName "LName01" ; foaf:mbox "lname.fname@example.org" .`

Terminal output at the bottom shows log messages from `org.eclipse.rdf4j.rio.RDFWriterRegistry` and `be.ugent.rml.cli.Main`, indicating the successful execution of the RMLMapper and the writing of the output file.

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (6)

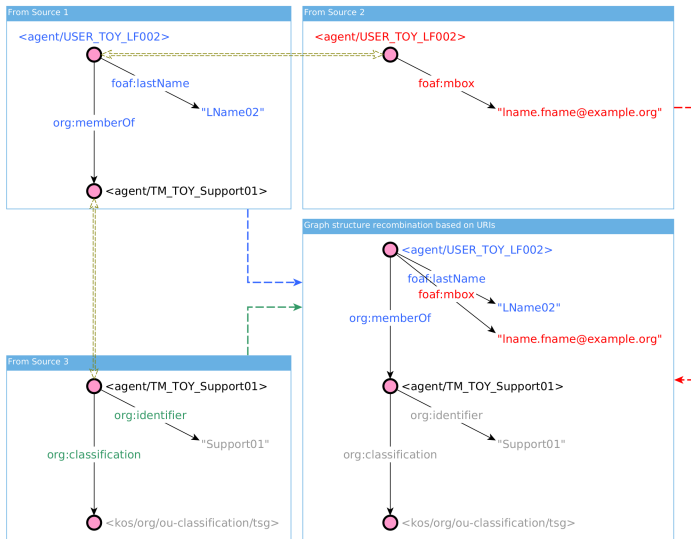
#3.3 – Exécuter les règles

- Exemple complet : exécuter RMLMapper sur l'ensemble des règles à disposition (rml_noria_applications.ttl, rml_noria_org.ttl, rml_noria_resources.ttl, etc.), puis concaténer les fichiers graphes résultants en un seul et même fichier:

```
# Call all RML rules  
make build-kg
```

```
# Concatenate graph files  
cat $(ls output/noria_*.ttl) \  
> output/noria-full.ttl
```

→ L'utilisation d'Uniform Resource Identifiers (URIs) cohérents à travers les règles/processus de construction garantit une déduplication des informations lors d'une agrégation de graphes (analogue à un système multi-silos). Il s'agit de la mise en application de la Unique Name Assumption (UNA).



Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (6)

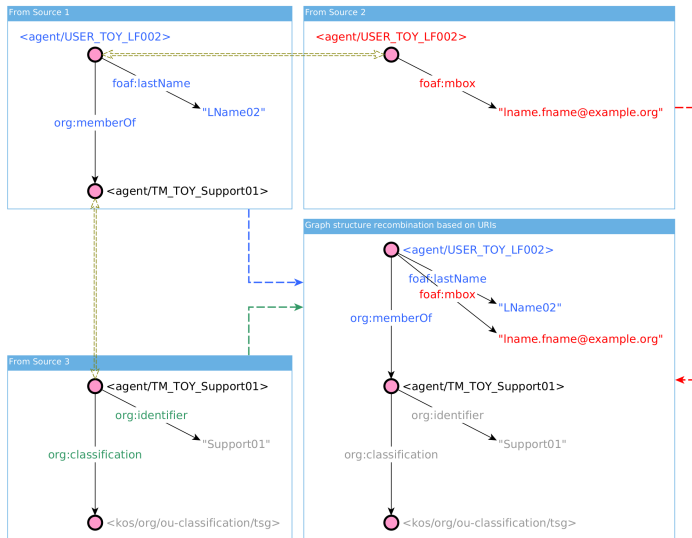
#3.3 – Exécuter les règles

- Exemple complet : exécuter RMLMapper sur l'ensemble des règles à disposition (`rml_noria_applications.ttl`, `rml_noria_org.ttl`, `rml_noria_resources.ttl`, etc.), puis concaténer les fichiers graphes résultants en un seul et même fichier:

```
# Call all RML rules  
make build-kg
```

```
# Concatenate graph files  
cat $(ls output/noria_*.ttl) \  
> output/noria-full.ttl
```

- L'utilisation d'Uniform Resource Identifiers (URIs) cohérents à travers les règles/processus de construction garantit une déduplication des informations lors d'une agrégation de graphes (analogue à un système multi-silos). Il s'agit de la mise en application de la Unique Name Assumption (UNA).



Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (7)

#4.1 – Interroger le graphe

- Exemple : fichier `noria-full.ttl` produit en #3.3
- Approche : utiliser un a priori visuel en observant/explorant le graphe, p.ex. ici en chargeant le fichier de l'étape précédente dans l'outil en ligne [Semantechs turtle-editor-viewer](#).

[illegible]

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (8)

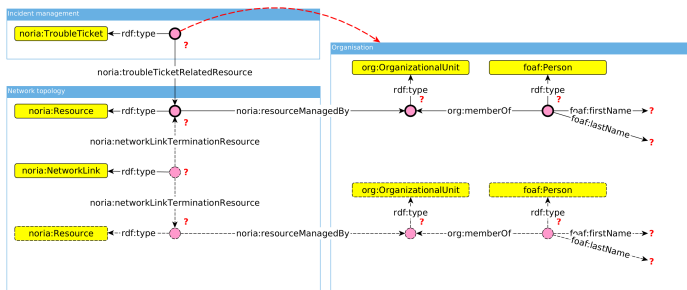
#4.2 – Interroger le graphe

- Approche : utiliser une requête SPARQL relative à un cas d'application (un besoin métier), la requête correspondant à un motif de graphe à identifier.

- Exemple “identifier les personnes à contacter pour résoudre un incident” :

```
# SPARQL
SELECT ?tt ?res ?tech ?res2 ?tech2
WHERE {
  ?tt rdf:type noria:TroubleTicket ;
    noria:troubleTicketRelatedResource ?res .
  ?res rdf:type noria:Resource ;
    noria:resourceManagedBy ?org .
  ?tech org:memberOf ?org ;
    foaf:firstName ?tech_fname ;
    foaf:lastName ?tech_lname .

  OPTIONAL {
    ?nl rdf:type noria:NetworkLink ;
      noria:networkLinkTerminationResource ?res ;
      noria:networkLinkTerminationResource ?res2 .
  }
  FILTER (?res != ?res2)
  ?res2 rdf:type noria:Resource ;
    noria:resourceManagedBy ?org2 .
  ?tech2 org:memberOf ?org2 ;
    foaf:firstName ?tech_fname ;
    foaf:lastName ?tech_lname .
}
```



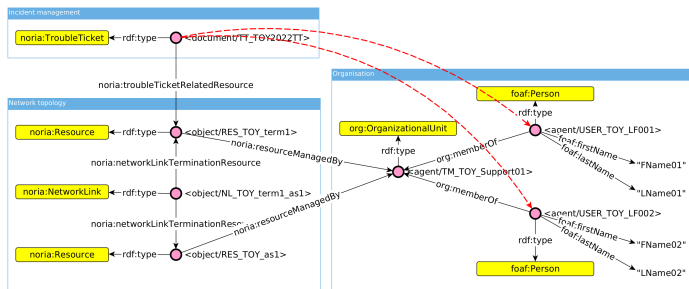
Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (9)

#4.3 – Interroger le graphe

- Exemple : fichier `norcia-full.ttl` produit en #3.3
- Exécuter la requête SPARQL de #4.2 à l'aide de Jena SPARQL CLI ou Semantechs turtle-editor-viewer.

```
# JENA CLI
~/local/jena/bin/sparql \
--query ./rq_tt_org.sparql \
--data ./output/norcia-full.ttl
```

- Les entités du graphe satisfaisant le motif de graphe (la forme décrite dans la requête SPARQL en #4.2) sont retournées.



```
dataset/norcia-0.15 ~/local/jena/bin/sparql --query ./rq_tt_org.sparql --data ./output/norcia-full.ttl
```

tt	res	tech	res2	tech2
<code><https://e616.org/norcia/document/TT_TOY2022TT></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/USER_TOY_LF001></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_as1></code>	<code><https://e616.org/norcia/agent/USER_TOY_LF001></code>
<code><https://e616.org/norcia/document/TT_TOY2022TT></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_LF002></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_as1></code>	<code><https://e616.org/norcia/agent/USER_TOY_LF002></code>

→ Sur ces bases, quelle autres approches & techniques imaginez-vous ?

→ ... quelques pistes que vous pourriez explorer : raisonnement automatique (FOLIO, CFGOWI), caractéristiques du graphe (kglab, statistical relational learning), plongement de graphes (pyRDF2Vec, INK), etc.

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (9)

#4.3 – Interroger le graphe

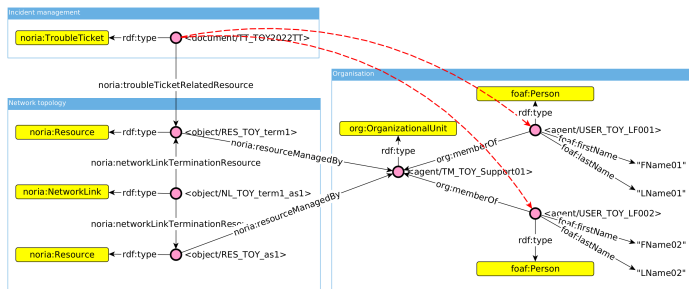
- Exemple : fichier `norcia-full.ttl` produit en #3.3
- Exécuter la requête SPARQL de #4.2 à l'aide de Jena **SPARQL CLI** ou **Semantechs turtle-editor-viewer**.

```
# JENA CLI
~/local/jena/bin/sparql \
--query ./rq_tt_org.sparql \
--data ./output/norcia-full.ttl
```

- Les entités du graphe satisfaisant le motif de graphe (la forme décrite dans la requête SPARQL en #4.2) sont retournées.

- Sur ces bases, quelle autres approches & techniques imaginez-vous ?

- ... quelques pistes que vous pourriez explorer : raisonnement automatique (FOLIO, CFGOwl), caractéristiques du graphe (kglab, statistical relational learning), plongement de graphes (pyRDF2Vec, INK), etc.



```
./dataset/norcia-0.15 ~/local/jena/bin/sparql --query ./rq_tt_org.sparql --data ./output/norcia-full.ttl
```

st	res	tech	res2	tech2
<code><https://e616.org/norcia/document/TT_TOY2022TT></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/USER_TOY_LF001></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/USER_TOY_LF001></code>
<code><https://e616.org/norcia/document/TT_TOY2022TT></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e616.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>

Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (9)

#4.3 – Interroger le graphe

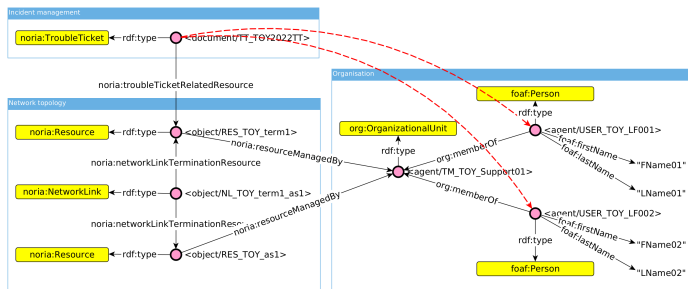
- Exemple : fichier `norcia-full.ttl` produit en #3.3
- Exécuter la requête SPARQL de #4.2 à l'aide de Jena **SPARQL CLI** ou **Semantechs turtle-editor-viewer**.

```
# JENA CLI
~/local/jena/bin/sparql \
--query ./rq_tt_org.sparql \
--data ./output/norcia-full.ttl
```

- Les entités du graphe satisfaisant le motif de graphe (la forme décrite dans la requête SPARQL en #4.2) sont retournées.

- Sur ces bases, quelle autres approches & techniques imaginez-vous ?

- ... quelques pistes que vous pourriez explorer : raisonnement automatique (**FOLIO**, **CFGowl**), caractéristiques du graphe (**kglab**, **statistical relational learning**), plongement de graphes (**pyRDF2Vec**, **INK**), etc.



```
dataset/norcia-0.15 ~/local/jena/bin/sparql --query ./rq_tt_org.sparql --data ./output/norcia-full.ttl
```

tt	res	tech	res2	tech2
<code><https://e516.org/norcia/document/TT_TOY2022TT></code>	<code><https://e516.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e516.org/norcia/object/USER_TOY_LF001></code>	<code><https://e516.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e516.org/norcia/object/USER_TOY_LF001></code>
<code><https://e516.org/norcia/document/TT_TOY2022TT></code>	<code><https://e516.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e516.org/norcia/object/USER_TOY_LF002></code>	<code><https://e516.org/norcia/object/RES_TOY_term1></code>	<code><https://e516.org/norcia/object/USER_TOY_LF002></code>

Merci !

lionel.tailhardat@orange.com

www.orange.com