

# 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](mailto:lionel.tailhardat@orange.com)

[genears.github.io](https://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 ?

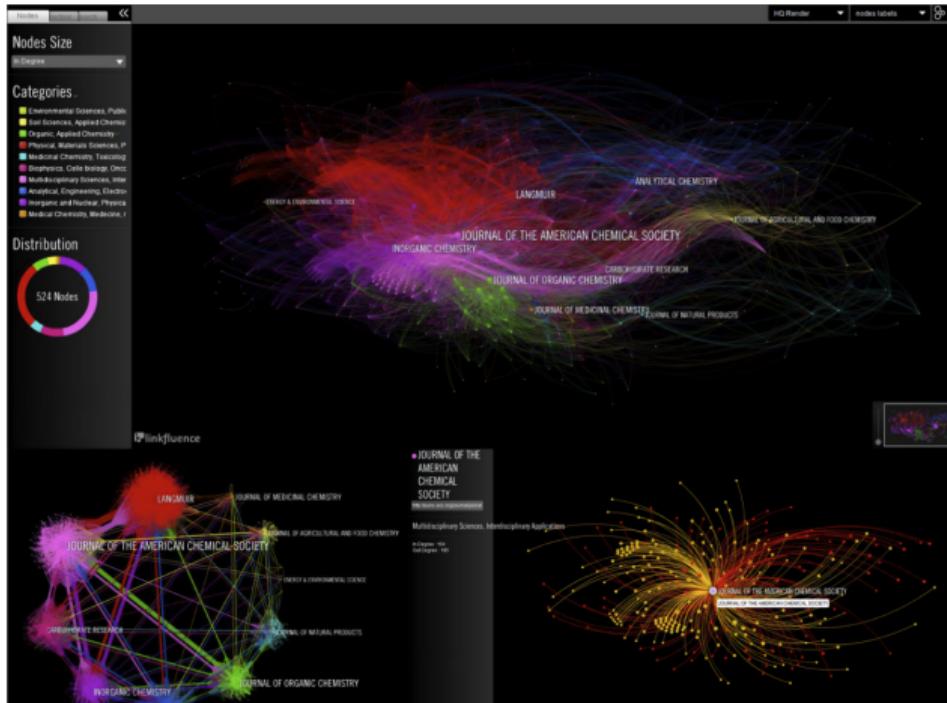
Nous verrons dans cette leçon d'introduction que les graphes de connaissances et les techniques algorithmiques associées permettent de répondre aux problématique de nombreux domaines d'application dès lors qu'il s'agit de travailler avec des **données hétérogènes**, de **raisonner sur la sémantique et 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.

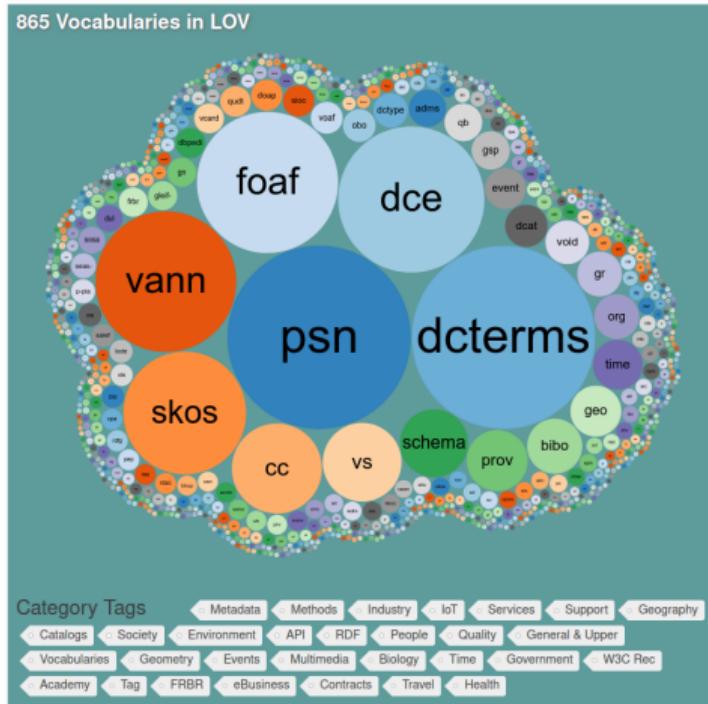
# Un avant goût – Décrire et réfléchir le monde (1)



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 Knowledge Graph Standards and Tools SPARQL	RDF (Resource Description Framework) introduction. RDF syntax (Turtle, RDF/XML, JSON-LD). Overview of standards like RDF, RDFS, OWL, and SHACL, FAIR principles. Popular knowledge graph tools and frameworks (e.g., Apache Jena, Neo4j). 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 Knowledge Graph Construction	Ontology design patterns and best practices. Ontology alignment and merging. Data extraction and integration techniques. Entity recognition and disambiguation. Knowledge graph population and curation.
Knowledge Graph Reasoning. Scalability and Performance	Inference and reasoning in KGs. Rule-based and ontology-based reasoning. 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 Domain Knowledge Graphs	Decentralized KG architectures using blockchain technology. Data ownership and security in decentralized KGs. 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 désambigüisation 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'Ingénieurs 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 :

$$\mathcal{E} \xrightarrow{\text{e.t.l.}} \mathcal{K}^{\circ^r} \xrightarrow{\text{infer.}} \mathcal{P} \tag{1}$$

$\mathcal{E}$  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](http://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**.

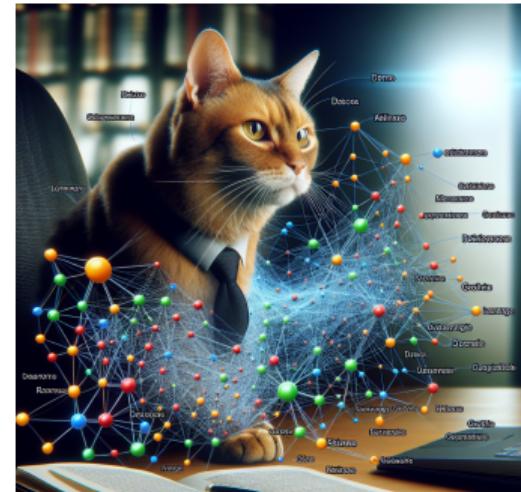
# Préambule philosophique

“appeler un chat un chat” ([fr.wiktionary.org](http://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.

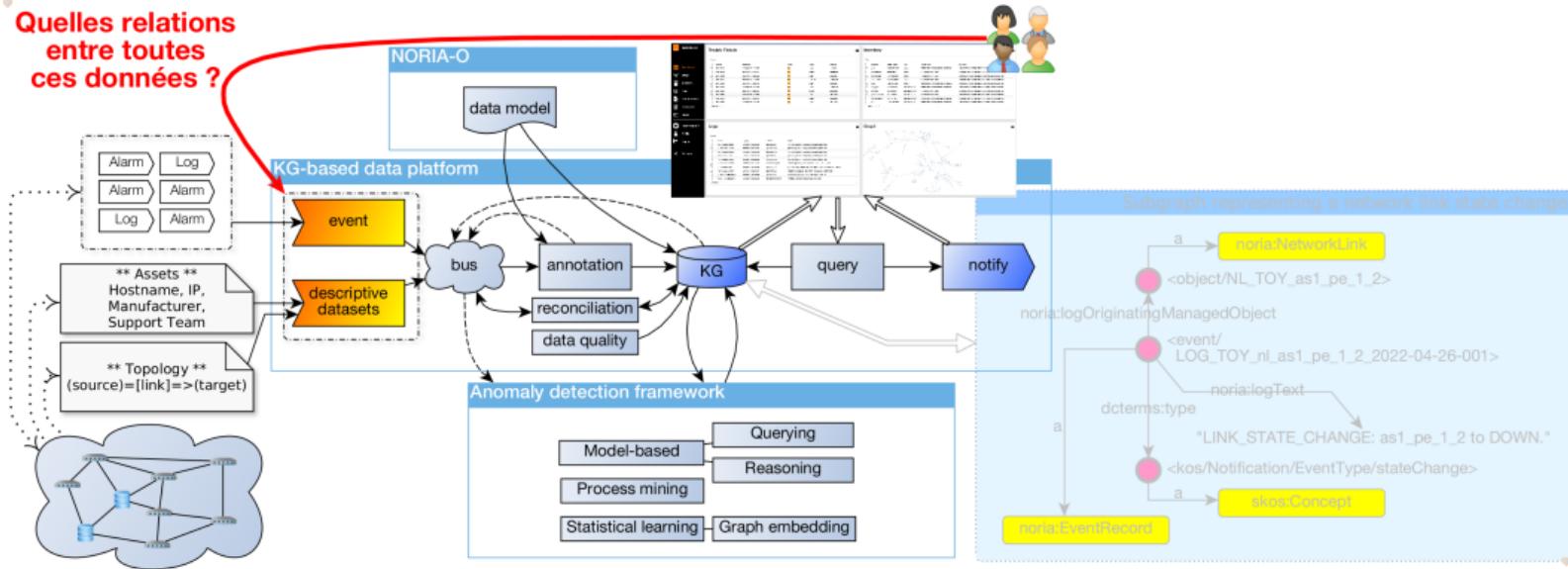
... d'accord, mais :

- 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)

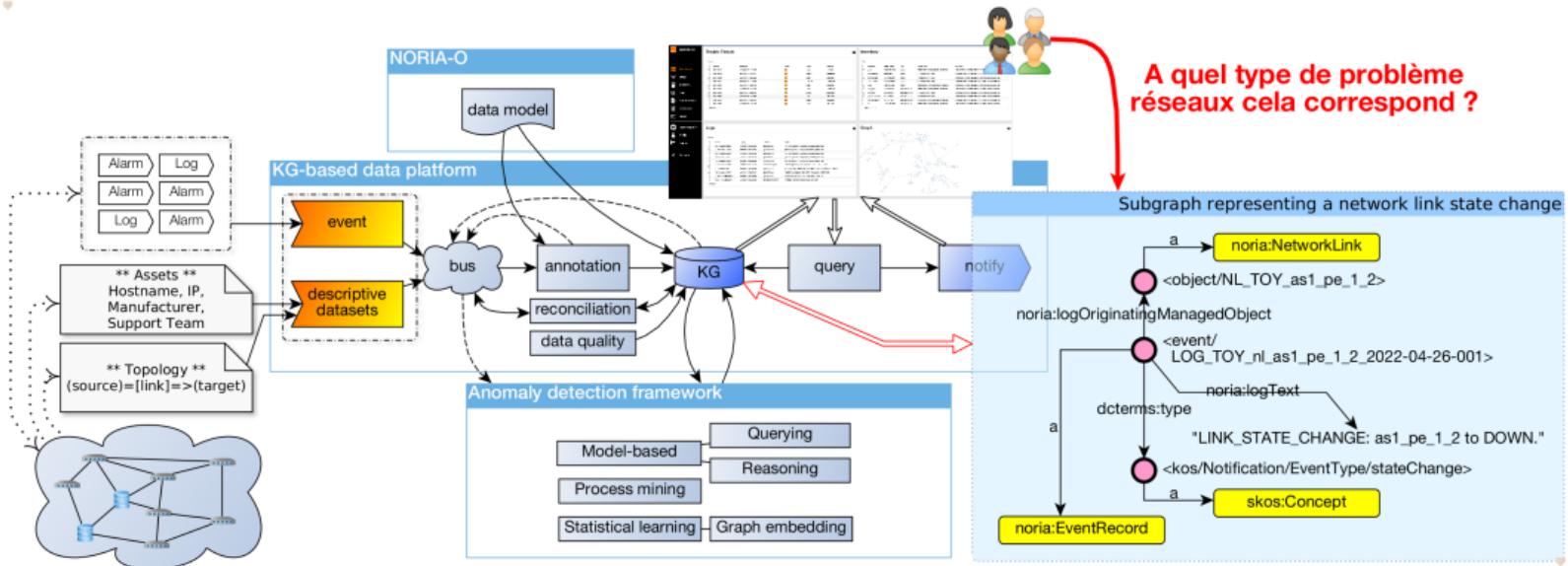
Quelles relations entre toutes ces données ?



“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**.

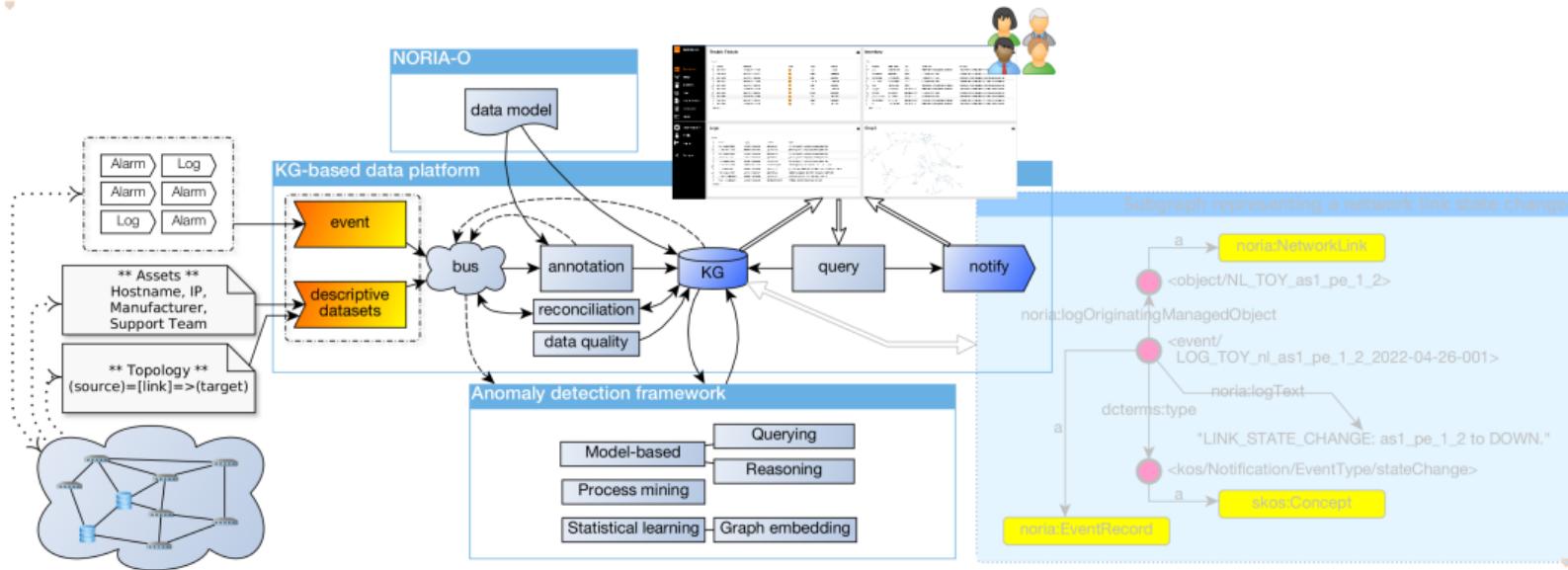
# Principes d'architecture pour la construction et l'exploitation des graphes (2)



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 composantes de l'équation:

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

... 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 noria-0.2 sur <https://w3id.org/noria/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 \(Zazuko RDF Sketch\)](#)

**Etapes** Typiquement ...

- Collecter les données à transformer → dataset/noria-0.2/datasource/
- Implémenter des règles de transformation → dataset/noria-0.2/engine/
- Exécuter les règles (produire le graphe) → dataset/noria-0.2/output/
- 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 noria-0.2 sur <https://w3id.org/noria/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 \(Zazuko RDF Sketch\)](#)

**Etapes** Typiquement ...

- Collecter les données à transformer → dataset/noria-0.2/datasource/
- Implémenter des règles de transformation → dataset/noria-0.2/engine/
- Exécuter les règles (produire le graphe) → dataset/noria-0.2/output/
- 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 noria-0.2 sur <https://w3id.org/noria/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 \(Zazuko RDF Sketch\)](#)

**Etapes** Typiquement ...

- 1 Collecter les données à transformer → dataset/noria-0.2/datasource/
- 2 Implémenter des règles de transformation → dataset/noria-0.2/engine/
- 3 Exécuter les règles (produire le graphe) → dataset/noria-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 a code editor with two files open:

- noria\_users.tsv**: A tabulation-separated values file containing employee data. The first few lines are:

```
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
```
- rml\_noria.org.ttl**: An RML mapping file defining how the TSV file is converted into triples. It includes a CSV source for the TSV file and several triple maps for different columns. One triple map for 'lastName' is highlighted with a yellow box, and another for 'foaf:lastName' is highlighted with a blue box.

A red arrow points from the project tree to the **noria\_users.tsv** file. A green arrow points from the file content to the RML mapping. A yellow box highlights the `rml:source` section of the RML mapping. A red box highlights the `rr:predicateObjectMap` section for the 'lastName' triple map. A blue box highlights the `rr:predicateObjectMap` section for the 'foaf:lastName' triple map. A grey arrow points from the 'lastName' triple map to the URL `"https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_{employeedId}"`.

# 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 [```
Project
  noria-ontology
    idea
    alignment-cache
    cqs
    dataset
      noria-0.1
      noria-0.2
        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
      NORIAFunctions
      rml\_folio\_fmea.ttl - http://mapping.example.com/rml/folio/fmea.ttl
      rml\_noria\_applications.ttl - http://example.org/noria/applications
      rml\_noria\_folio\_fmea.ttl - http://mapping.example.com/rml/noria/folio/fmea.ttl
      rml\_noria.ttl - http://example.org/noria
      rml\_noria\_resources.ttl - http://example.org/noria/resources
      rml\_noria\_topology\_edges.ttl - http://example.org/noria/topology/edges
    noria-0.3
    gitkeep
    README.md
  docs
  evaluation
  kos
  lib
  ontology
    DisplayPrinter-debug.xml
    editorconfig
    .env
    FopProcessor-debug.xml
    ignore
    CITATION.cff
    CONTRIBUTING.md
    LICENSE.md

noria\_users.tsv
  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
  LName07 FName07 LF007 lname.fname@example.org Support03
  LName08 FName08 LF008 lname.fname@example.org Support03
  LName09 FName09 LF009 lname.fname@example.org Manager01

rml\_noria\_org.ttl
77
78: <LS\_NORIA\_Users>
79:   rml:source \[ a csv:Table; ... \]
80:   csv:uri "datasource/noria\_users.tsv";
81:   csv:dialect \[ a csv:Dialect; ... \]
82:   csv:separator "\t";
83: \];
84: rml:referenceFormulation ql:CSV
85:
86: # \*\*\* Triples Maps \*\*\*
87:
88: <MP\_NORIA\_Users>
89:   a rrr:TripleMap;
90:   rrr:logicalSource <LS\_NORIA\_Users>;
91:   rrr:subjectMap <SN\_NORIA\_Userid>;
92:
93:   rrr:predicateObjectMap \[ rrr:predicate rdf:type; ... \]
94:   rrr:objectMap \[ rrr:constant foaf:Person \]; ...
95:
96:   rrr:predicateObjectMap \[ rrr:predicate prov:wasDerivedFrom; ... \]
97:   rrr:objectMap \[ rrr:constant "noria-ontology-toy-example" \]; ...
98:
99:   rrr:predicateObjectMap \[ rrr:predicate foaf:lastName; ... \]
100:  rrr:objectMap \[ rml:reference "LastName" \]; ...
101:
```](https://w3id.org/noria/-agent/USER_TOY_{employeeId}</a></li><li>■ Triples Map (jaune) : chaque entité disposera d'une propriété (un arc) pour lui associer la classe <code>foaf:Person</code></li><li>■ Triples Map (bleu) : chaque entité disposera d'une propriété de sémantique <code>foaf:lastName</code> dont la valeur sera issue de la colonne <code>Lastname</code> de la Logical Source</li></ul></div><div data-bbox=)

# Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (4)

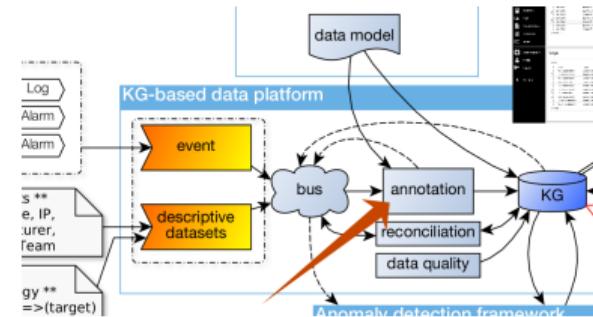
## #3.1 – Exécuter les règles (produire le graphe)

- 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 a code editor with several files open:

- `noria_users.tsv`: A TSV file containing data for users. It includes columns for LastName, FirstName, employeeId, employeeMailBox, teamId, and various support roles.
- `noria_teams.tsv`: A TSV file containing data for teams.
- `rml_noria_org.ttl`: An RML file defining the mapping between the TSV files and the generated RDF output.
- `noria_org_test.ttl`: The generated RDF output. It shows triples such as:
  - `<https://w3id.org/noria/-agent/USER_TOY_LF002> a foaf:Person ; org:memberOf <https://w3id.org/noria/-agent/TM_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/TM_TOY_Support02> ; 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/TM_TOY_Support02> ; prov:wasDerivedFrom "noria-ontology-toy-example" .`
- `noria_applications.ttl`, `noria_events.ttl`, `noria_resources_assets.ttl`, `noria_resources_location.ttl`, `noria_resources_manufacturer.ttl`, `noria_services.ttl`, and `noria_topology_edges.ttl`: These are the original noria datasets.
- `virtdb-config.sql`: A database configuration file.
- `.gitignore`, `makefile`, `noria-0.2.1ml`, `noria-ontology-UC.png`, `README.md`, `noria-0.3`, `.gitkeep`, and `README.md`: Other project files.
- `docs`, `evaluation`, `kos`, and `lib`: Directories for documentation, evaluation, knowledge organization systems, and libraries.

```
Terminal Local x
84:37:34.093 [main] DEBUG o.e.rdf4j.rio.RDFWriterRegistry     .<init>(54) - Registered service class org.eclipse.rdf4j.rio.rdfxml.RDFXMLWriterFact
84:37:34.093 [main] DEBUG o.e.rdf4j.rio.RDFWriterRegistry     .<init>(54) - Registered service class org.eclipse.rdf4j.rio.trig.TriGWriterFactory
84:37:34.093 [main] DEBUG o.e.rdf4j.rio.RDFWriterRegistry     .<init>(54) - Registered service class org.eclipse.rdf4j.rio.trigstar.TriGStarWriter
84:37:34.093 [main] DEBUG o.e.rdf4j.rio.RDFWriterRegistry     .<init>(54) - Registered service class org.eclipse.rdf4j.rio.trix.TriXWriterFactory
84:37:34.093 [main] DEBUG o.e.rdf4j.rio.RDFWriterRegistry     .<init>(54) - Registered service class org.eclipse.rdf4j.rio.turtle.TurtleWriterFact
84:37:34.093 [main] DEBUG o.e.rdf4j.rio.RDFWriterRegistry     .<init>(54) - Registered service class org.eclipse.rdf4j.rio.turtlestar.TurtleStarWriter
84:37:34.103 [main] INFO be.ugent.rml.Main .writeOutputUncompressed(659) - Writing to file /data/output/noria_org_test.ttl is done.
```

# 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 the Eclipse IDE interface with the following details:

- Project View:** Shows files like `NORIAFunctions`, `rml_folio_fmea.ttl`, `rml_noria_applications.ttl`, etc.
- noria\_org.ttl Tab:** Displays the generated RDF triples. A red arrow points to the first few triples:

```
<https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001> a foaf:Person ;  
    org:memberOf <https://w3id.org/noria/agent/TM_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" .
```
- noria\_org\_test.ttl Tab:** Shows the RML rule definitions used to generate the triples.
- Terminal Tab:** Shows log output related to the RDF writer registry.

# Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (6)

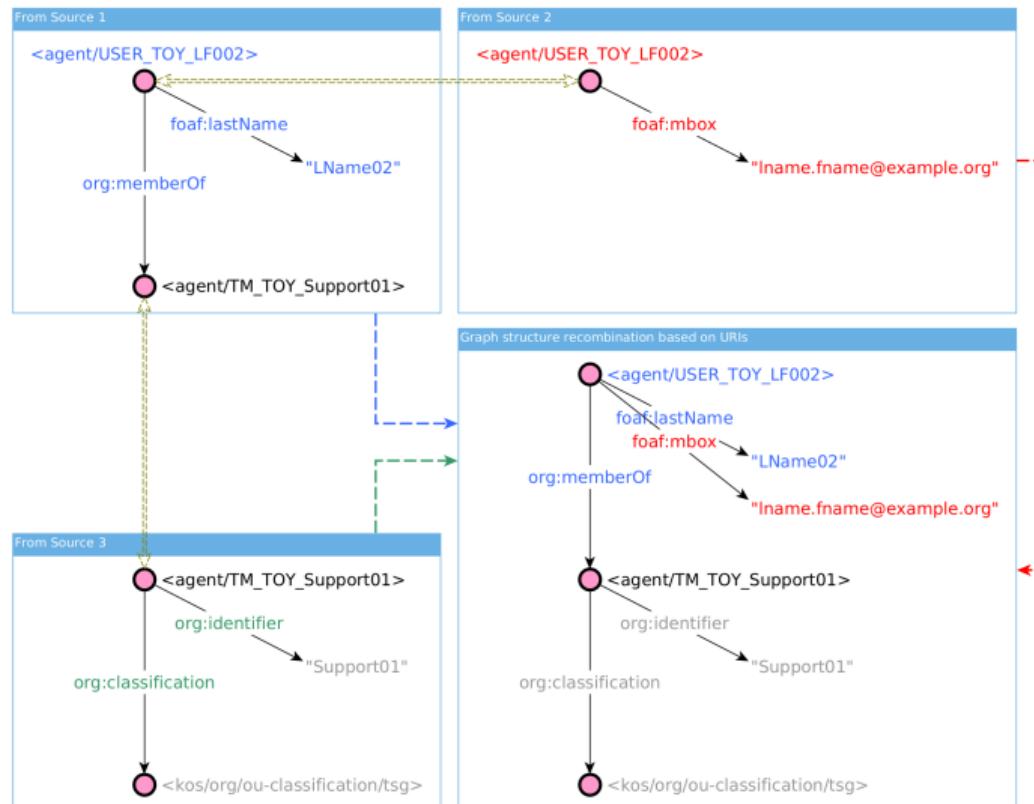
## #3.3 – Exécuter les règles

- 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 (analogie 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)

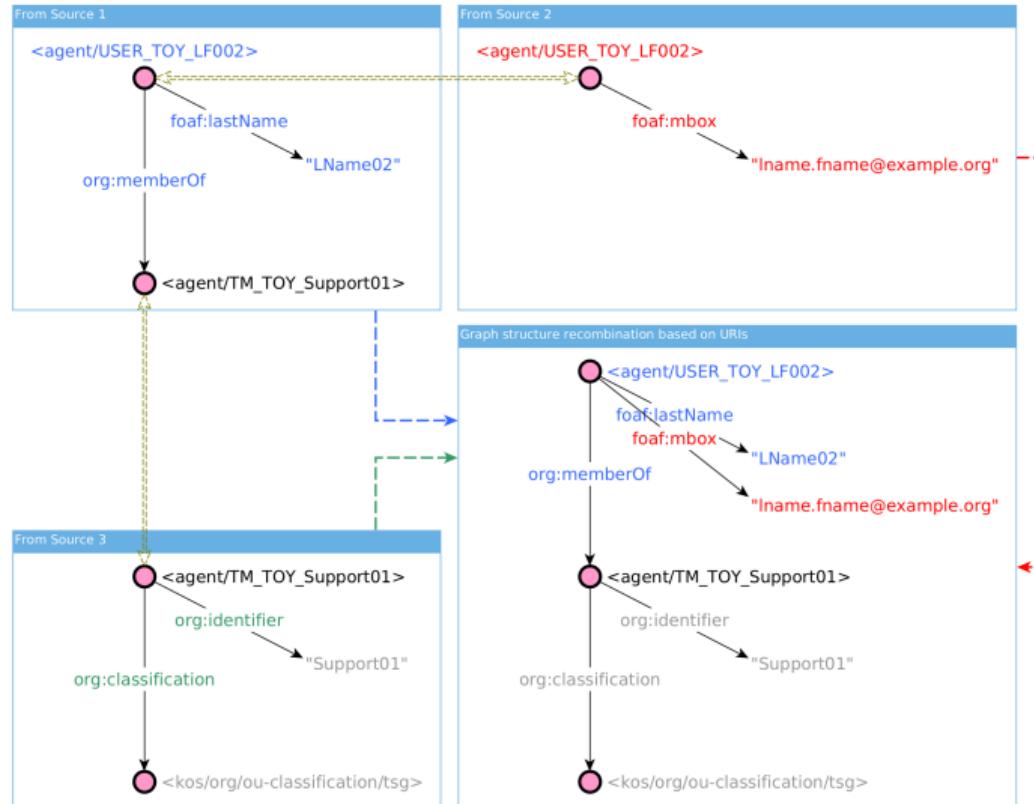
## #3.3 – Exécuter les règles

- 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
```

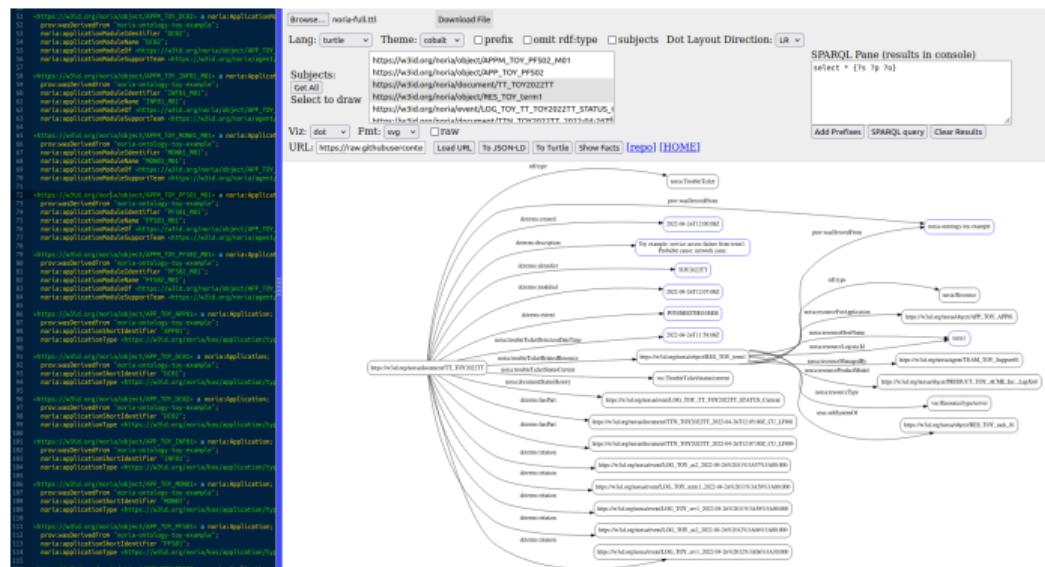
- L'utilisation d'Uniform Resource Identifiers ([URIs](#)) cohérents à travers les règles/processus de construction garantit une déduplication des informations lors d'une agrégation de graphes (analogue à un système multi-silos). Il s'agit de la mise en application de la Unique Name Assumption ([UNA](#)).



# 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.



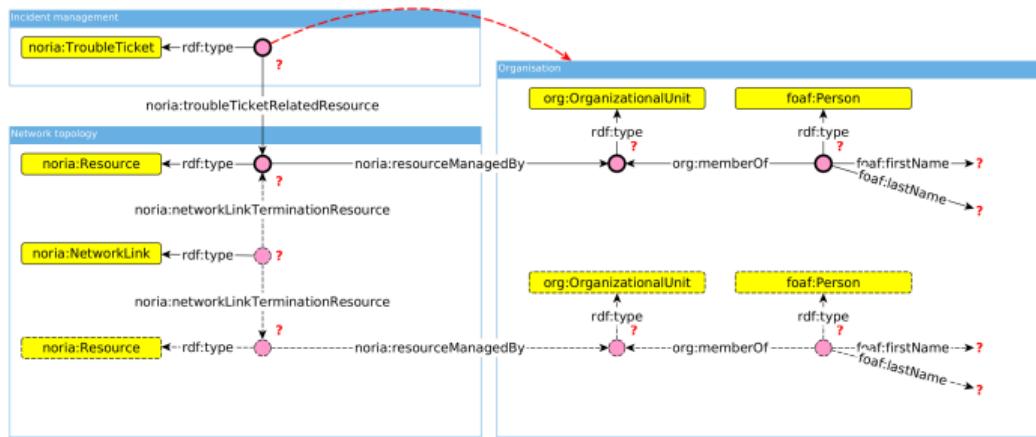
# Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (8)

## #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 . }
}
```



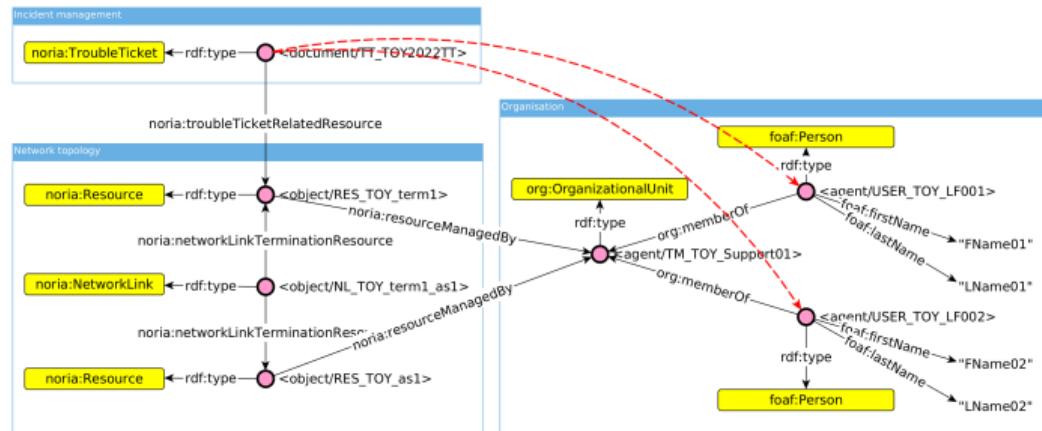
# Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (9)

## #4.3 – Interroger le graphe

- Exemple : fichier `noria-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/noria-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](#), [CFG Owl](#)), caractéristiques du graphe ([kglab](#), [statistical relational learning](#)), plongement de graphes ([pyRDF2Vec](#), [INK](#)), etc.



| tt                                                                                                                     | res | ten | res2 | text2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>! dataset/noria-0.15 -f ./local/jena/bin/sparql --query ./rq_tt_org.sparql --data ./output/noria-full.ttl</code> |     |     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                        |     |     |      | <code>! https://w3id.org/noria/Document/TI_TOY2022TT ! https://w3id.org/noria/object/RES_TOY_term1 ! https://w3id.org/noria/object/RES_TOY_as1 ! https://w3id.org/noria/NetworkLink/NL_TOY_term1_as1 ! https://w3id.org/noria/NetworkLink/NL_TOY_as1 ! https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001 ! https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002 ! https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001 ! https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002 ! https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001 ! https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002 ! https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001 ! https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002</code> |

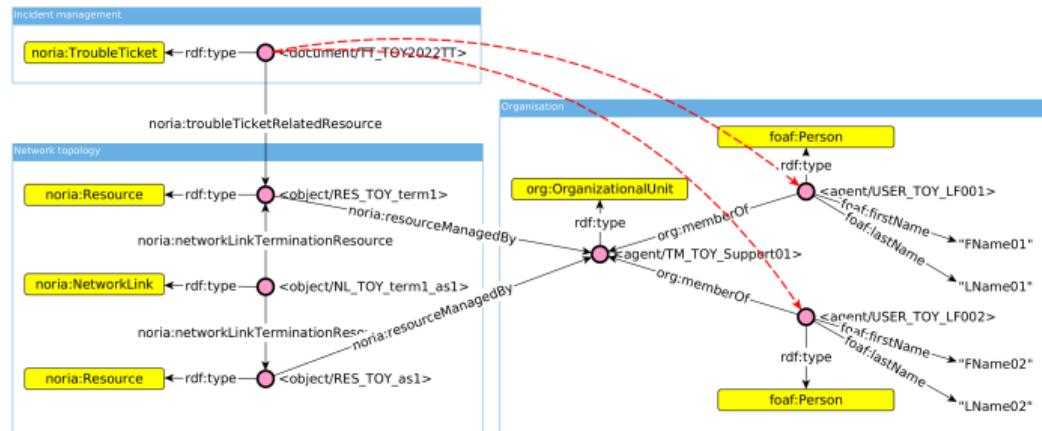
# Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (9)

## #4.3 – Interroger le graphe

- Exemple : fichier `noria-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/noria-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](#), [CFG Owl](#)), caractéristiques du graphe ([kglab](#), [statistical relational learning](#)), plongement de graphes ([pyRDF2Vec](#), [INK](#)), etc.



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

| tt                                                | res                                                  | term                                              | res2                                              | term2                                             |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1                                                 | 1                                                    | 1                                                 | 1                                                 | 1                                                 |
| 1 <https://w3id.org/noria/documents/TT_TOY2022TT> | 1 <https://w3id.org/noria/subject/000_TOY_term1>     | 1 <https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001>   | 1 <https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001>   | 1 <https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001>   |
| 1 <https://w3id.org/noria/documents/TT_TOY2022TT> | 1 <https://w3id.org/noria/subject/000_TOY_as1>       | 1 <https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002>   | 1 <https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002>   | 1 <https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002>   |
| 1 <https://w3id.org/noria/documents/TT_TOY2022TT> | 1 <https://w3id.org/noria/subject/000_TOY_term1_as1> | 1 <https://w3id.org/noria/agent/TM_TOY_Support01> | 1 <https://w3id.org/noria/agent/TM_TOY_Support01> | 1 <https://w3id.org/noria/agent/TM_TOY_Support01> |

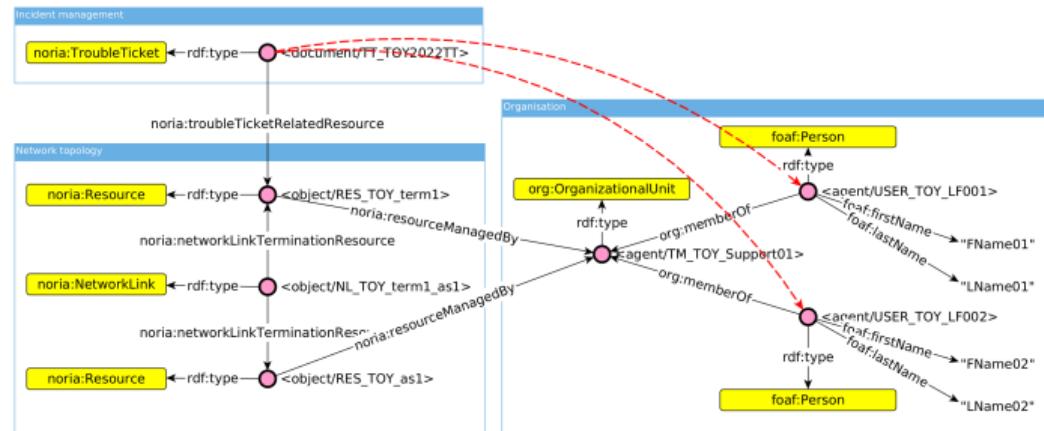
# Travaux pratiques avec le NORIA-O dataset (9)

## #4.3 – Interroger le graphe

- Exemple : fichier `noria-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/noria-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/noria-0.15 ->/local/jena/bin/sparql --query ./rq_tt_org.sparql --data ./output/noria-full.ttl
```

| tt                                                                                                        | res                                                                                                     | ten                                                                                                   | res2                                                                                                          | ten2                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                         | 1                                                                                                       | 1                                                                                                     | 1                                                                                                             | 1                                                                                                     |
| <a href="https://w3id.org/noria/documents/TI_TOY2022TT">https://w3id.org/noria/documents/TI_TOY2022TT</a> | <a href="https://w3id.org/noria/subject/RES_TOY_term1">https://w3id.org/noria/subject/RES_TOY_term1</a> | <a href="https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001">https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001</a> | <a href="https://w3id.org/noria/subject/NL_TOY_term1_as1">https://w3id.org/noria/subject/NL_TOY_term1_as1</a> | <a href="https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002">https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002</a> |
| 1                                                                                                         | 1                                                                                                       | 1                                                                                                     | 1                                                                                                             | 1                                                                                                     |
| <a href="https://w3id.org/noria/documents/TI_TOY2022TT">https://w3id.org/noria/documents/TI_TOY2022TT</a> | <a href="https://w3id.org/noria/subject/RES_TOY_as1">https://w3id.org/noria/subject/RES_TOY_as1</a>     | <a href="https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001">https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF001</a> | <a href="https://w3id.org/noria/subject/RES_TOY_term1">https://w3id.org/noria/subject/RES_TOY_term1</a>       | <a href="https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002">https://w3id.org/noria/agent/USER_TOY_LF002</a> |
| 1                                                                                                         | 1                                                                                                       | 1                                                                                                     | 1                                                                                                             | 1                                                                                                     |

# Merci !

lionel.tailhardat@orange.com

[www.orange.com](http://www.orange.com)