

Web sémantique Partie I

RDF - SPARQL

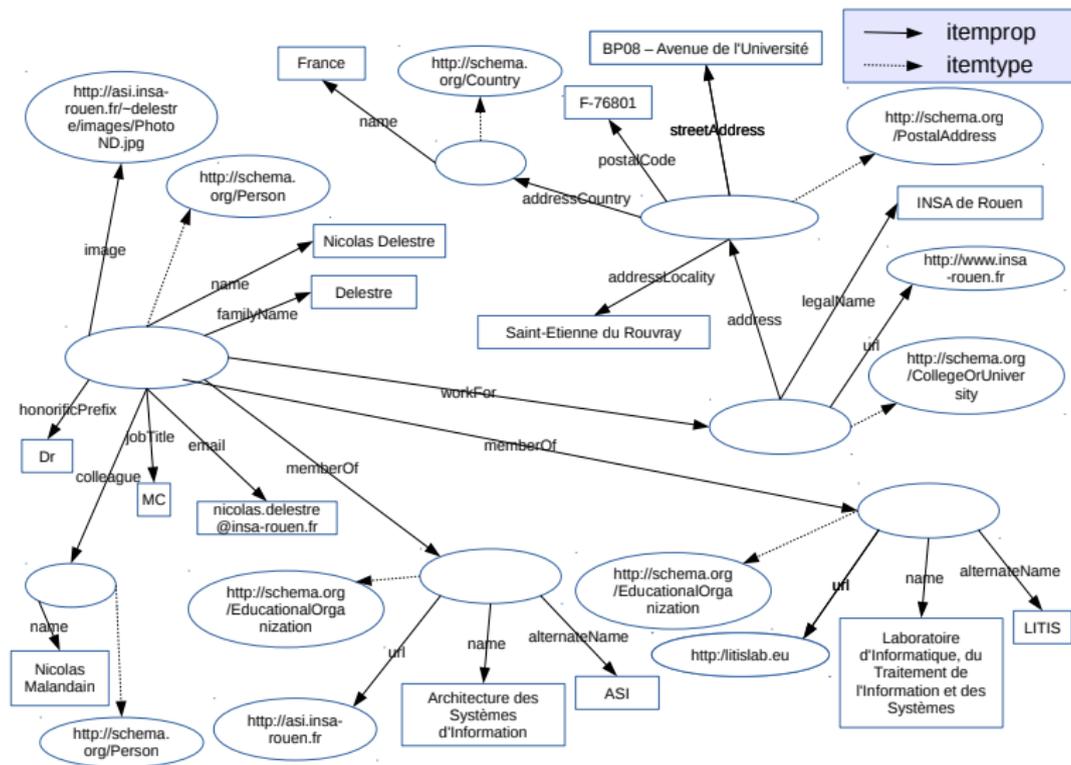
Cours « Document et Web Sémantique »

Nicolas Delestre

Plan...

- 1 Vers le Web sémantique
- 2 URI
- 3 RDF
- 4 SPARQL
- 5 Publication, requêtage
- 6 Conclusion

Les métadonnées de <https://delestre.pages.insa-rouen.fr/siteweb/>



Définition

- Le Web des données et le Web Sémantique sont le Web pour les machines :
 - « le Web » implique l'utilisation (et son extension) des technologies du Web (URI, HTTP) et des principes du Web (informations décentralisées et interconnectées)
 - « pour les machines » implique informations structurées

Le web sémantique 2 / 2

Plus exactement

	WEB des Documents	WEB des Données	WEB Sémantique
Standards et Outils	URL HTTP HTML	URI HTTP RDF SPARQL	URI HTTP RDF SPARQL
	DTD XSD Moteur de recherche	RDFS Moteur de requêtes	OWL Moteur de requêtes
Techniques	Recherche d'Information basée sur des index de mots	Mise en correspondance de graphes	Logique
	Monde des documents	Monde des bases de données	Monde des bases de connaissances
Aujourd'hui	<i>Des milliards de pages</i>	<i>Des milliards de triplets RDF</i>	<i>Des milliers d'ontologies</i>

Inspiré de la présentation de MC Rousset : http://www.college-de-france.fr/media/serge-abiteboul/UPL5540483766962034581_Rousset20120530.pdf

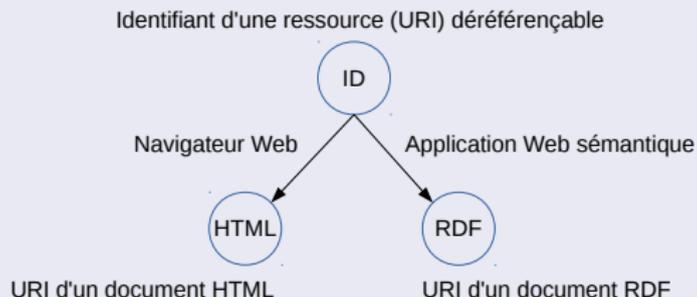
Des URL aux URI

- Les URL permettent de localiser une ressource (que l'on nomme très souvent document) sur le Web
- Les URI (et IRI) permettent de référencer une ressource (au sens large : un objet, un concept, une idée, etc.) sur le Web
- Si à partir d'un URI on peut obtenir (à l'aide du requête HTTP GET) un document qui décrit la ressource, on dit que cet URI est déréférençable

Uniform Resource Identifiers 2 / 2

Qu'est ce qu'un bon URI ? (Cf. <https://www.w3.org/TR/cooluris/>)

- Être sur le Web (déréférençable) : les humains ET les machines doivent pouvoir obtenir une description qui leur sont compréhensibles, documents HTML pour les humains, documents structurés pour les machines (utilisation des attributs `accept` et `content-type`)
- Être non ambiguë : un URI ne peut pas être à la fois la référence à une ressource et la description de cette ressource

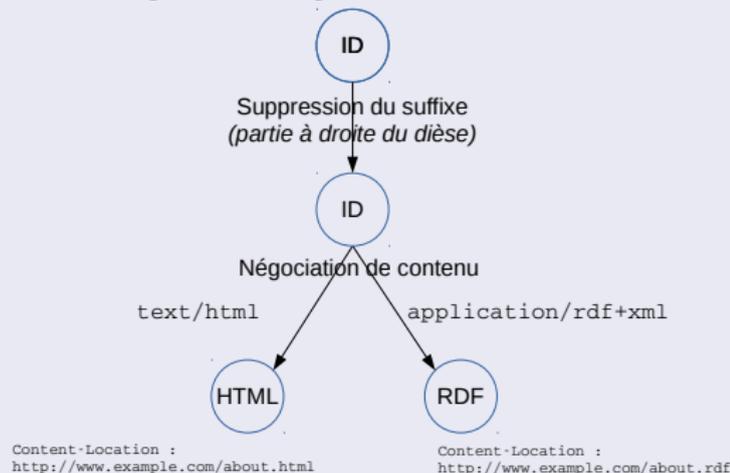


Comment créer des bons URI ? 1 / 3

Première solution : les *hash URIs* (Cf. <https://www.w3.org/TR/cooluris/>)

- Exemple :
 - `http://www.example.com/about#exampleinc`
 - `http://www.example.com/about#alice`
- Mécanisme :

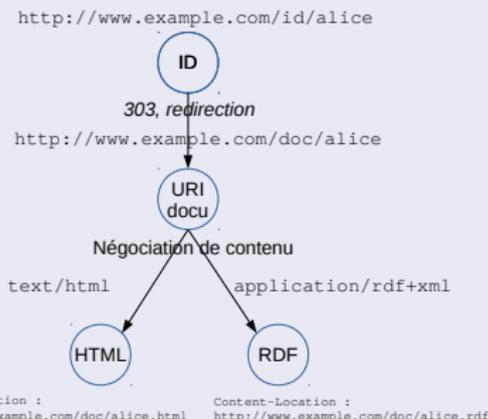
`http://www.example.com/about#alice`



Comment créer des bons URI ? 2 / 3

Deuxième solution : *303 See Other* (Cf. <https://www.w3.org/TR/cooluris/>)

- Exemple :
 - `http://www.example.com/id/exampleinc`
 - `http://www.example.com/id/alice`
- Premier mécanisme, lorsque il n'y a pas de différences informationnelles entre le document pour les humains du document pour les machines :

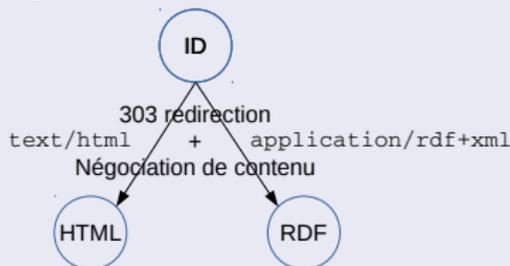


Comment créer des bons URI ? 3 / 3

Deuxième solution : *303 See Other* (Cf. <https://www.w3.org/TR/cooluris/>)

- Exemple :
 - `http://www.example.com/id/exampleinc`
 - `http://www.example.com/id/alice`
- Deuxième mécanisme, lorsque il y a des différences informationnelles entre le document pour les humains du document pour les machines :

`http://www.example.com/id/alice`



Content-Location :
`http://www.example.com/people/alice.html`

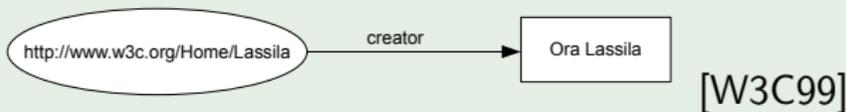
Content-Location :
`http://www.example.com/data/alice.rdf`

Présentation

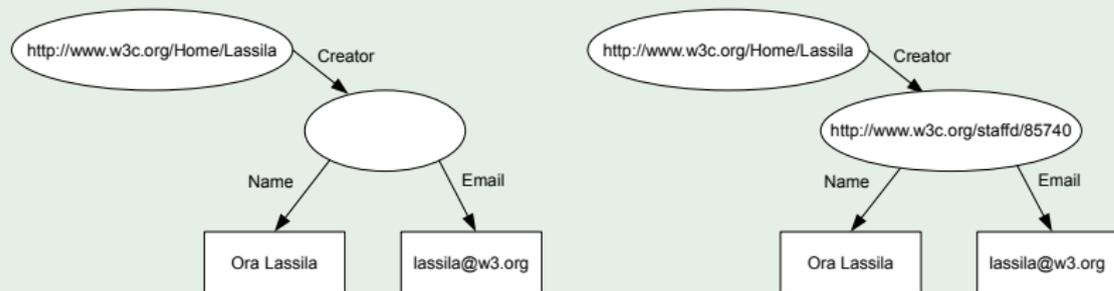
- Formalisme et syntaxes de représentation de métadonnées proposés par le W3C en 1999.
- Évolutions : 2004 version 1.0 et 2014 version 1.1
- Les documents de référence
(https://www.w3.org/standards/techs/rdf#w3c_all) :
 - 1 *RDF Schema 1.1* (2014) : schéma RDF de description de schéma RDF
 - 2 *Concepts and abstract syntax* (2014) : syntaxe abstraite définissant le RDF
 - 3 *Semantics* (2004) : Interprétation logique du RDF
 - 4 *A Datatype for RDF Plain Literals* (2012) : Définition d'un type de donnée pour les chaînes de caractères (langue, taille, etc.)
 - 5 *Linked Data Platform 1.0* (2015) : recommandations et bonnes pratiques pour utiliser le RDF (comment nommer les URI, comment répondre à des requête HTTP, etc.)
 - 6 Divers documents sur les différents formats de sérialisation (2014) : XML, Turtle, N-Triples, N-Quads, Grids,

Concepts de base

- Un triplé composé de :
 - Sujet ou Ressource : URI de la ressource sur laquelle s'applique la métadonnée
 - Prédicat ou Propriété : URI de la métadonnée appliquée à la ressource
 - Objet ou valeur : Valeur de la métadonnée (peut être une ressource ou un littéral)



Possibilité de structurer l'information



[W3C99]

L'élément XML de base : *Description*

- Ressource : Attribut *about*
- Prédicat : Élément XML inclus provenant d'un schéma (voir RDFS)
- Valeur : Spécifiée dans l'élément inclus

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:exterms="http://www.example.org/terms/">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/index.html">
    <exterms:creation-date>August 16, 1999</exterms:creation-date>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Tous les exemples qui suivent sont issus de [W3C04]

- On peut avoir plusieurs descriptions faisant référence à plusieurs schémas RDFS

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
         xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
         xmlns:exterms="http://www.example.org/terms/">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/index.html">
    <exterms:creation-date>August 16, 1999</exterms:creation-date>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/index.html">
    <dc:language>en</dc:language>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

- Les valeurs peuvent être des littéraux ou des ressources
- L'attribut *datatype* permet de typer les littéraux (possibilité d'utiliser les types *xsd*)
- Possibilité d'utiliser les *ENTITY* des DTD

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE rdf:RDF [<!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#">]>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns:exterm="http://www.example.org/terms/">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.example.org/index.html">
    <exterm:creation-date rdf:datatype="&xsd:date">1999-08-16</exterm:creation-date>
    <dc:language>en</dc:language>
    <dc:creator rdf:resource="http://www.example.org/staffid/85740"/>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

- Les attributs *nodeID* et *id* permettent de créer des nœuds vides

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns:exterms="http://example.org/stuff/1.0/">
  <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar">
    <dc:title>RDF/XML Syntax Specification (Revised)</dc:title>
    <exterms:editor rdf:nodeID="abc"/>
  </rdf:Description>
  <rdf:Description rdf:nodeID="abc">
    <exterms:fullName>Dave Beckett</exterms:fullName>
    <exterms:homePage rdf:resource="http://purl.org/net/dajobe/" />
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Bag, sequence et alternative

- Il est fréquent de devoir faire référence à plusieurs ressources (par exemple « un livre écrit par plusieurs auteurs »)
- RDF propose trois conteneurs :
 - bag** Liste non ordonnée de ressources ou de littéraux (élément *bag*)
 - sequence** Liste ordonnée de ressources ou de littéraux (élément *seq*)
 - alternative** Liste de ressources ou de littéraux qui représentent des alternatives pour une valeur unique (élément *alt*)
- Les éléments du conteneur sont listés à l'aide de l'élément *li* ou *_i* avec ($i > 0$)
 - Pour alternative il doit y avoir au moins un élément *_1* (élément par défaut)

Bag

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:s="http://example.org/students/vocab#">
  <rdf:Description rdf:about="http://example.org/courses/6.001">
    <s:students>
      <rdf:Bag>
        <rdf:li rdf:resource="http://example.org/students/Amy"/>
        <rdf:li rdf:resource="http://example.org/students/Mohamed"/>
        <rdf:li rdf:resource="http://example.org/students/Johann"/>
        <rdf:li rdf:resource="http://example.org/students/Maria"/>
        <rdf:li rdf:resource="http://example.org/students/Phuong"/>
      </rdf:Bag>
    </s:students>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Alternative

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:s="http://example.org/packages/vocab#">
  <rdf:Description rdf:about="http://example.org/packages/X11">
    <s:DistributionSite>
      <rdf:Alt>
        <rdf:li rdf:resource="ftp://ftp.example.org"/>
        <rdf:li rdf:resource="ftp://ftp1.example.org"/>
        <rdf:li rdf:resource="ftp://ftp2.example.org"/>
      </rdf:Alt>
    </s:DistributionSite>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Problème

- Lorsque la ressource est une collection, la propriété porte sur la collection ou sur les éléments de cette collection
 - Sur la collection si utilisation de l'attribut *about*
 - Sur les éléments de la collection si utilisation de l'attribut *aboutEach*

```
<rdf:Bag ID="pages">
  <rdf:li resource="http://foo.org/foo.html" />
  <rdf:li resource="http://bar.org/bar.html" />
</rdf:Bag>
<rdf:Description aboutEach="#pages">
  <s:Creator>Ora Lassila</s:Creator>
</rdf:Description>
```

<http://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222/>

Préfixe

Préfixe d'URI

- Lorsque l'on veut appliquer une propriété à un ensemble de ressources organisé hiérarchiquement (un début d'URI, préfixe, en commun), on peut utiliser la propriété au préfixe grâce à l'attribut *aboutEachPrefix*

```
<rdf:Description aboutEachPrefix="http://foo.org/doc">  
  <s:Copyright>(c) 1998, The Foo Organization</s:Copyright>  
</rdf:Description>
```

[W3C99]

Une autre méthode de sérialisation

- La syntaxe XML est verbeuse, peut être difficile à lire (par les humains)
- Une autre syntaxe *Turtle* (N3) a été proposée par Tim Berners-Lee pour être encore plus facile à lire
- Syntaxe simple :

```

@prefix ns: <URI>.
...

<ns:Sujet>
  <Predicat1> <Valeur1>;
  <Predicat2> <Valeur21>,<Valeur22>,...;
  ...
  <Predicatn> <Valeurn>.

[
  <Predicat1> <Valeur1>.
  <Predicat2> <Valeur21>,<Valeur22>,...;
  ...
  <Predicatn> <Valeurn>.
]

```

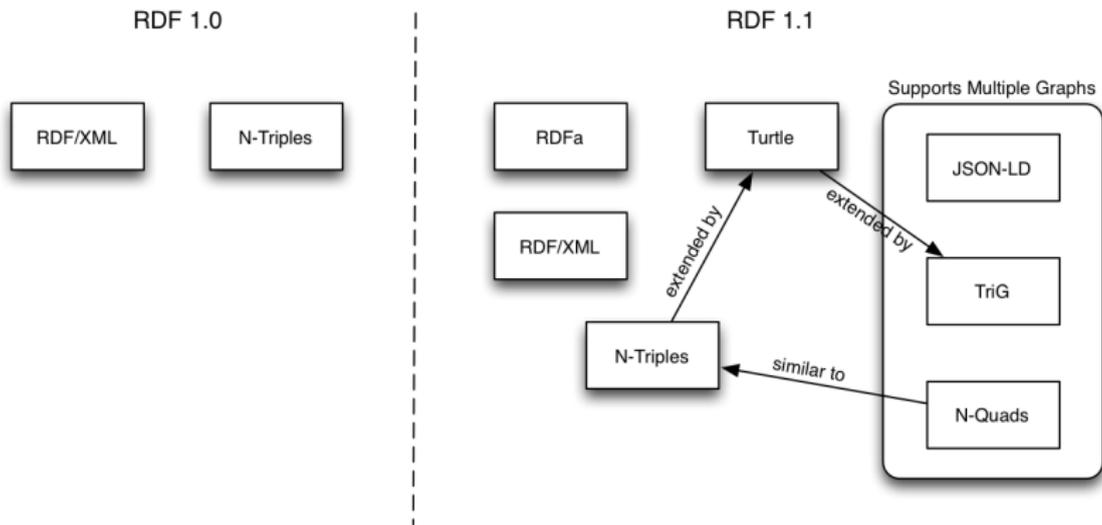
Comparaison (Wikipédia)

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org
    /1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements
    /1.1/">
  <rdf:Description rdf:about="http://en.
    wikipedia.org/wiki/Tony_Benn">
    <dc:title>Tony Benn</dc:title>
    <dc:publisher>Wikipedia</dc:publisher>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

```
@prefix dc: <http://purl.org/dc/elements
  /1.1/>.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Tony_Benn>
  dc:title "Tony Benn";
  dc:publisher "Wikipedia".
```

D'autres syntaxes



<http://www.w3.org/TR/rdf11-new/>

Classe

- En RDF il est possible d'associer à une ressource une ou plusieurs classes :
 - en utilisant la propriété `rdf:type`
 - en utilisant le nom de la classe pour la balise décrivant la ressource en remplacement `rdf:Description` (sérialisation XML)
 - en utilisant la propriété `a` (sérialisation N3)
- Cela permet de connaître l'ensemble des propriétés qui sont valides pour cette ressource, mais contrairement à la modélisation orientée objet :
 - on n'est pas obligé d'utiliser toutes les propriétés pour décrire un individu de la classe
 - on peut utiliser d'autres propriétés pour décrire un individu

SPARQL

- Deux Langages (*SPARQL Query Language* et *SPARQL Update*) et un protocole d'interrogation de bases de données RDF
- Syntaxe ressemblant à SQL
- Principe de fonctionnement : recherche de sous-graphes dans un graphe (*graph matching*)

SPARQL par l'exemple

- Tous les exemples suivants sont à tester sur Wikidata :
 - Tests en ligne : <https://query.wikidata.org/>
 - Tests depuis un programme :
<https://query.wikidata.org/sparql>
- Issus de [DM17], ils ont pour objectifs l'obtention d'informations sur Michel Bussi

Michel Bussi sur Wikidata

Michel Bussi - Wikidata - Chromium

Michel Bussi - Wikidata x

https://www.wikidata.org/wiki/Q3309133

Item Discussion Read View history Search Wikidata

Wikidata

Main page
Community portal
Project chat
Create a new item
Item by title
Recent changes
Random item
Query Service
Nearby
Help
Donate

Tools
What links here
Related changes
Special pages
Permanent link
Page information
Concept URI
Cite this page

Michel Bussi (Q3309133)

French writer, University professeur

[In more languages](#) Configure

Language	Label	Description	Also known as
English	Michel Bussi	French writer, University professeur	
French	Michel Bussi	écrivain français, professeur des universités	
Spanish	Michel Bussi	No description defined	
German	Michel Bussi	französischer Schriftsteller, Politologe, Geograph und Hochschullehrer	

[All entered languages](#)

Statements

instance of human [edit](#)

[2 references](#)

[+ add](#)

Les préfixes

Les préfixes les plus courants

PREFIX wd: <<http://www.wikidata.org/entity/>>

PREFIX wdt: <<http://www.wikidata.org/prop/direct/>>

PREFIX p: <<http://www.wikidata.org/prop/>>

PREFIX ps: <<http://www.wikidata.org/prop/statement/>>

PREFIX pq: <<http://www.wikidata.org/prop/qualifier/>>

Exemples d'URI de Wikidata

wd:Q3309133 Michel Bussi

wdt:P50 auteur (a été écrit par)

wdt:P1476 titre

Exemples de programme

En Python

```
#!/usr/bin/python3
# -*- coding: utf-8 -*-
from SPARQLWrapper import SPARQLWrapper, JSON
import sys

query = """
PREFIX wd: <http://www.wikidata.org/entity/>
PREFIX wdt: <http://www.wikidata.org/prop/direct/>
PREFIX p: <http://www.wikidata.org/prop/>
PREFIX ps: <http://www.wikidata.org/prop/statement/>
PREFIX pq: <http://www.wikidata.org/prop/qualifier/>
"""

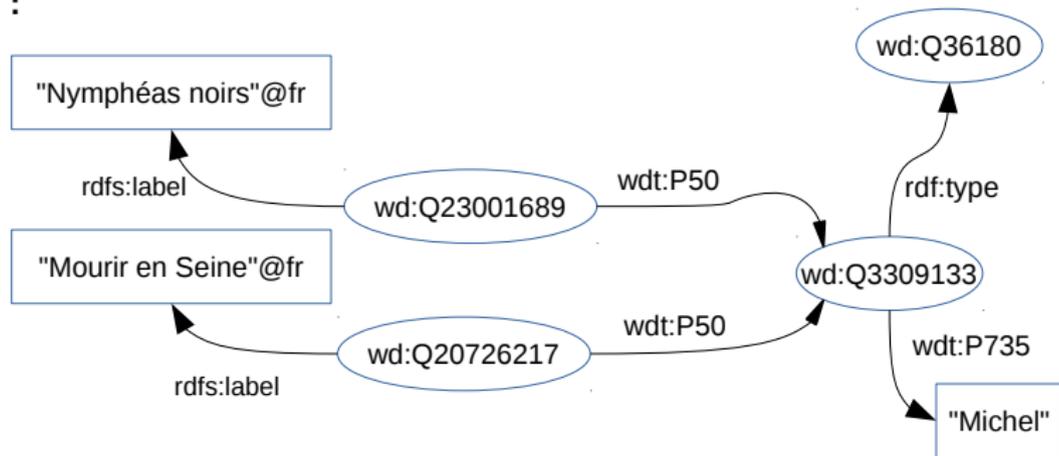
with open(sys.argv[1]) as f:
    for line in f:
        query = query + line

sparql = SPARQLWrapper("https://query.wikidata.org/sparql")
sparql.setQuery(query)
sparql.setReturnFormat(JSON)
results = sparql.query().convert()

for result in results["results"]["bindings"]:
    st = ""
    for key in result.keys():
        st = st + key + " : " + result[key][u'value'] + " , "
    print(st[:-3])
```

Principe d'une requête SPARQL

Base :



Requête :



Les URI des livres écrits par Michel Bussi

Requête

```
SELECT ?uri WHERE {  
  ?uri wdt:P50 wd:Q3309133. # a été écrit par M. Bussi  
}
```

Résultats

```
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q2981427  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q16681699  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q20726217  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23001462  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23001689  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23001767  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23653447  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23653619  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23653620  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23653624  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23653647  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q23653915  
uri : http://www.wikidata.org/entity/Q24082328
```

Les titres des livres écrits par Michel Bussi

Requête

```
SELECT ?titre WHERE {  
  ?uri wdt:P50 wd:Q3309133. # a été écrit par M. Bussi  
  ?uri wdt:P1476 ?titre. # a pour titre  
}
```

Résultats

```
titre : Code Lupin  
titre : Un avion sans elle  
titre : Death on the Seine  
titre : Mourir sur Seine  
titre : Omaha crimes  
titre : Nymphéas noirs  
titre : Ne lâche pas ma main  
titre : Sang famille  
titre : N'oublier jamais  
titre : Gravé dans le sable  
titre : Maman a tord  
titre : Éléments de géographie électorale à travers l'exemple de la France de l'Ouest  
titre : Pour une nouvelle géographie du politique : Territoire, démocratie, élections.  
titre : Le temps est assassin
```

Les titres, en français, des livres écrits par Michel Bussi

Requête

```
SELECT ?titre WHERE {  
  ?uri wdt:P50 wd:Q3309133. # a été écrit par M. Bussi  
  ?uri wdt:P1476 ?titre. # a pour titre  
  FILTER (LANGMATCHES(LANG(?titre),"FR"))  
}
```

Résultats

```
titre : Code Lupin  
titre : Un avion sans elle  
titre : Mourir sur Seine  
titre : Omaha crimes  
titre : Nymphéas noirs  
titre : Ne lâche pas ma main  
titre : Sang famille  
titre : N'oublier jamais  
titre : Gravé dans le sable  
titre : Maman a tort  
titre : Éléments de géographie électorale à travers l'exemple de la France de l'Ouest  
titre : Pour une nouvelle géographie du politique : Territoire, démocratie, élections.  
titre : Le temps est assassin
```

Les titres, en français, des romans écrits par Michel Bussi

Requête

```
SELECT ?titre WHERE {  
  ?uri wdt:P50 wd:Q3309133. # a été écrit par M. Bussi  
  ?uri wdt:P1476 ?titre. # a pour titre  
  ?uri wdt:P136 wd:Q8261. # est de genre roman  
  FILTER (LANGMATCHES(LANG(?titre),"FR"))  
}
```

Résultats

titre : Un avion sans elle

Les titres, en français, des romans (ou romans policiers) écrits par Michel Bussi

Requête

```
SELECT ?titre WHERE {
  ?uri wdt:P50 wd:Q3309133. # a été écrit par M. Bussi
  ?uri wdt:P1476 ?titre. # a pour titre
  VALUES (?type_livre) {(wd:Q208505) (wd:Q8261)}
  ?uri wdt:P136 ?type_livre. # est de genre
  FILTER (LANGMATCHES(LANG(?titre),"FR"))
}
```

Résultats

```
titre : Code Lupin
titre : Un avion sans elle
titre : Mourir sur Seine
titre : Omaha crimes
titre : Nymphéas noirs
titre : Ne lâche pas ma main
titre : Sang famille
titre : N'oublier jamais
titre : Gravé dans le sable
titre : Maman a tord
titre : Le temps est assassin
```

Les titres et éditeurs des livres écrits par Michel Bussi

Requête

```

SELECT ?titre ?nom_editeur WHERE {
  ?uri_livre wdt:P50 wd:Q3309133. # a été écrit par M. Bussi
  ?uri_livre wdt:P1476 ?titre. # a pour titre
  FILTER (LANGMATCHES(LANG(?titre),"FR"))
  ?uri_livre wdt:P123 ?uri_editeur. # est édité par
  ?uri_editeur wdt:P1448 ?nom_editeur. # a pour nom
}

```

Résultats

```

titre : Un avion sans elle , nom_editeur : Presses de la cité
titre : Nymphéas noirs , nom_editeur : Presses de la cité
titre : Ne lâche pas ma main , nom_editeur : Presses de la cité
titre : N'oublier jamais , nom_editeur : Presses de la cité

```

Les titres et optionnellement l'éditeur des livres écrits par Michel Bussi

Requête

```

SELECT ?titre ?nom_editeur WHERE {
  ?uri_livre wdt:P50 wd:Q3309133. # a été écrit par M. Bussi
  ?uri_livre wdt:P1476 ?titre. # a pour titre
  FILTER (langmatches(lang(?titre),"FR"))
  OPTIONAL {
    ?uri_livre wdt:P123 ?uri_editeur. # éditeur
    ?uri_editeur wdt:P1448 ?nom_editeur. # nom officiel
  }
}

```

Résultats

```

titre : Un avion sans elle , nom_editeur : Presses de la cité
titre : Nymphéas noirs , nom_editeur : Presses de la cité
titre : Ne lâche pas ma main , nom_editeur : Presses de la cité
titre : N'oublier jamais , nom_editeur : Presses de la cité
titre : Code Lupin
titre : Mourir sur Seine
titre : Omaha crimes
titre : Sang famille
titre : Gravé dans le sable
titre : Maman a tord
titre : Éléments de géographie électorale à travers l'exemple de la France de l'Ouest
titre : Pour une nouvelle géographie du politique : Territoire, démocratie, élections.

```

Et ce n'est pas fini ! (cf. [DuC11]) 1 / 2

SPARQL Query Language

- Possibilité d'enchaîner plusieurs propriétés (opérateur /)
- Possibilité de répéter plusieurs fois une propriété (opérateur +)
- Possibilité d'utiliser des fonctions dans le SELECT : MIN, MAX, COUNT, ...
- Possibilité d'ordonner les résultats : ORDER BY
- Possibilité de grouper des résultats (GROUP BY) et d'agréger des résultats (HAVING) avec différentes fonctions d'agrégation (MAX, AVG, SUM, ...)
- Possibilité de limiter le nombre de résultats LIMIT (à utiliser sur des grandes base) ou de demander les résultats à partir d'un certain rang (OFFSET)
- Possibilité d'utiliser des variables : AS
- Possibilité de rechercher dans plusieurs bases à la fois : SERVICE
- Possibilité d'autres types de requêtes : DESCRIBE, ASK, CONSTRUCT
- ...

Et ce n'est pas fini ! (cf. [DuC11]) 2 / 2

SPARQL Update

- Possibilité d'ajouter des triplets RDF
- Possibilité de supprimer (sous conditions ou pas) des triplets RDF
- Possibilité de mettre à jour (par ajout(s) et suppression(s) conditionnel(s)) des triplets RDF

Publication : Outils, API

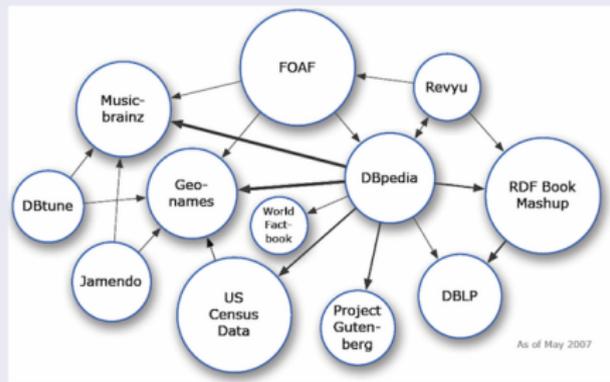
Publication

- Publication de triplets RDF : format N3 (.ttl) ou XML (.rdf)
- Utilisation d'une base de données (par exemple JENA) proposant une entrée SPARQL (par exemple Fuseki)

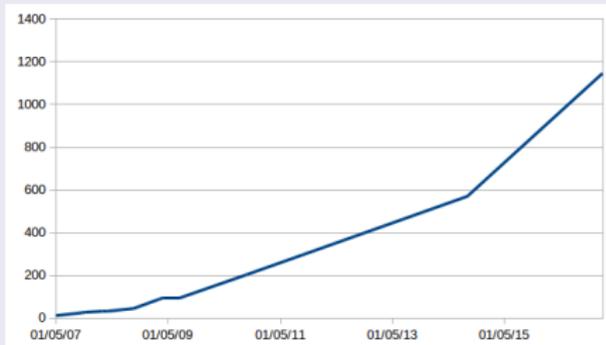
Requête

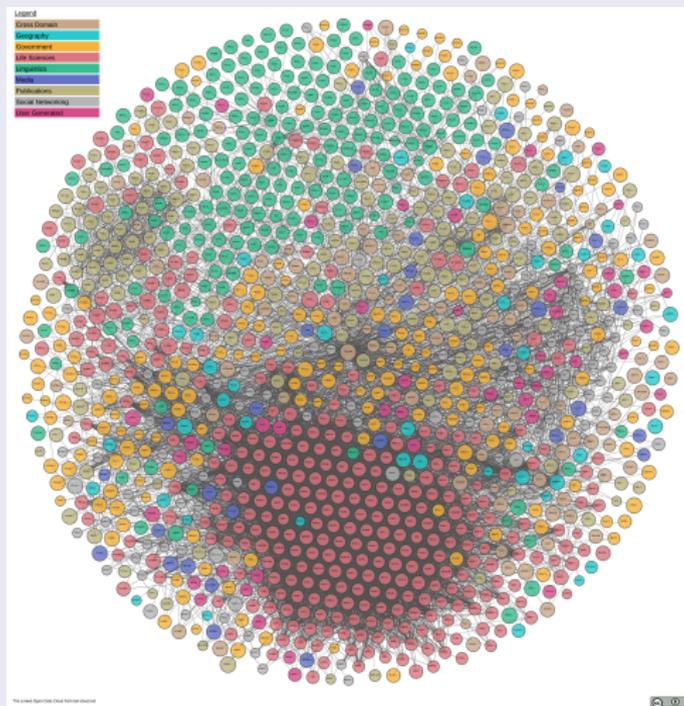
- Utilisation de la méthode GET HTTP avec le type mime application/rdf+xml, lorsque l'URI est une URL
- Utilisation d'utilitaire de requête SPARQL (par exemple arq)
- Utilisation d'une API (par exemple Jena)

Conclusion 1 / 5

Évolution du web sémantique source : <http://lod-cloud.net/>

2007



Le web sémantique aujourd'hui *source : <http://lod-cloud.net/> (2019)*

1239 jeux de données reliés par 16147 liens

Quelques points d'entrée SPARQL

- DBpédia : <https://dbpedia.org/sparql>
- Wikidata : <https://query.wikidata.org/>
- DBnary (données wikitionnaire) : <http://kaiko.getalp.org/sparql>
- DBLP : <http://dblp.13s.de/d2r/snorql>
- INSEE : <http://rdf.insee.fr/sparql>
- LinkedGeoData (données OpenStreetMap) : <http://linkedgeodata.org/sparql>
- MeSH : <https://id.nlm.nih.gov/mesh/query>
- EMBL-EBI (European Bioinformatics Institute) : <http://www.ebi.ac.uk/rdf/services/sparql>
- ...
- Ceux de l'INSA Rouen Normandie : <http://linkeddata.insa-rouen.fr/>

Catalogue de données

- Datahub : <https://old.datahub.io/>

L'Open data défini par Tim Berners-Lee en 2006



<http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>

Ce qui n'a pas été présenté

- Les autres méthodes de sérialisation
- Le conteneur *list*
- La réification
- La notion de graphe et le *Global Giant Graph*

Références

- [DM17] Nicolas Delestre and Nicolas Malandain.
Du Web des documents au Web sémantique.
Klog, 2017.
- [DuC11] B. DuCharme.
Learning SPARQL.
O'Reilly Media, 2011.
- [Gen08] D. Genest.
Cours sur le web sémantique, 2008.
<http://www.info.univ-angers.fr/pub/genest/enseignement/index.html>.
- [GFZC12] Fabien Gandon, Catherine Faron-Zucker, and Olivier Corby.
Le Web sémantique : comment lier les données et les schémas sur le web ?
InfoPro. Dunod, Paris, 2012.
- [GFZC15] Fabien Gandon, Catherine Faron-Zucker, and Olivier Corby.
Web sémantique et web de données.
https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/courses/inria/41002/Trimestre_1_2015/info, Mars 2015.
- [Sac15] Harald Sack.
Semantic web technologies.
<https://open.hpi.de/courses/semanticweb2017>, 2015.
- [W3C99] Resource description framework, 1999.
<http://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222/>.
- [W3C04] Rdf primer, 2004.
<http://www.w3.org/TR/rdf-primer/>.