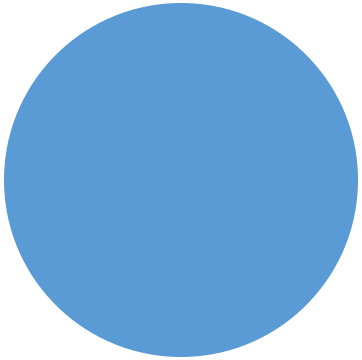



RDF basics

Descrivere i dati con RDF

Semantic Web: foto di famiglia

- RDF: permette di descrivere risorse.
  - Una risorsa può essere qualsiasi cosa: un documento, una persona, un oggetto fisico, un concetto astratto

- RDFS: permette di descrivere relazioni tra risorse
  - È un linguaggio "property-centric"
  - Propriamente, estensione di RDF

- OWL: permette di descrivere ontologie computazionali
  - Si colloca a un livello superiore di RDF
  - Permette di descrivere relazioni ricche e complesse tra entità ("complex knowledge about things, groups of things, and relations between things")

E84 Information Carrier
The "Monument to Balzac"(S1296)

P62 depicts

E21 Person
Honoré de Balzac

P62 depicts

E84 Information Carrier
The "Monument to Balzac" (plaster)

P108B was produced by

P16B was used for

E12 Production
Bronze casting"Monument to Balzac" in 1925

P134 continued

P108B was produced by

P2 has type

P2 has type

E55 Type
bronze

P4 has time-span

P120B occurs after

E55 Type
plaster

E52 Time-Span
1925

P14 carried out by

P14 carried out by

E12 Production
Rodin making "Monument to Balzac" in 1898

P7 took place at

E52 Time-Span
1917

E40 Legal Body
Rudier (Vve Alexis) et Fils

P4 has time-span

E52 Time-Span
1898

P4 has time-span

E69 Death
Rodin's death

P2 has type

E55 Type
companies

E55 Type
sculptors

P2 has type

P100B died in

E53 Place
France (nation)

E21 Person
Rodin Auguste

P98B was born

E67 Birth
Rodin's birth

P4 has time -span

E52 Time-Span
1840

Semantic Web: gli standard

- https://www.w3.org/standards/semanticweb (parte del più ampio archivio di recommendations: https://www.w3.org/standards)

- Oggi: "The term "Semantic Web" refers to W3C's vision of the Web of linked data."

- Semantic Web technologies enable people to:
  - create **data stores** on the Web
  - build **vocabularies**
  - write **rules** for handling data.
  - Linked data are empowered by **technologies** such as RDF, SPARQL, OWL, and SKOS.

Specifiche di RDF

- Le specifiche di RDF consistono in una suite di documenti:
- RDF 1.1 Primer
- RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax
- RDF 1.1 XML Syntax
- RDF 1.1 Semantics
- RDF Schema 1.1
- RDF 1.1 Test Cases

Carta d'identità di RDF

- Nato per descrivere risorse digitali
- Il suo data model è basato sul concetto di grafo
- I nodi rappresentano entità e gli archi relazioni tra di esse
- Possiede diverse serializzazioni

RDF Data Model

Elementi del data model di RDF:

- Triple
- IRI
- Letterali
- Blank nodes
- Grafi

L'unità di base di RDF è una tripla, composta di soggetto, predicato e oggetto. Il soggetto e oggetto possono essere IRI o blank nodes, l'oggetto può essere anche un letterale, il predicato può essere solo un IRI

Un insieme di triple forma un grafo

Per raggruppare le triple è possibile identificare singoli grafi

https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/

RDF: triple

- RDF è formato di triple, che hanno la forma

  Soggetto – Predicato – Oggetto

- Esempio:

  Soggetto: Monna Lisa
  Predicato: Fu creata da
  Oggetto: Leonardo da Vinci

Fonte: https://www.w3.org/TR/rdf11-primer/

Esempio: un insieme di triple (astratto)

(in pseudocodice)

<Bob> <is a> <person>.

<Bob> <is a friend of> <Alice>.

<Bob> <is born on> <the 4th of July 1990>.

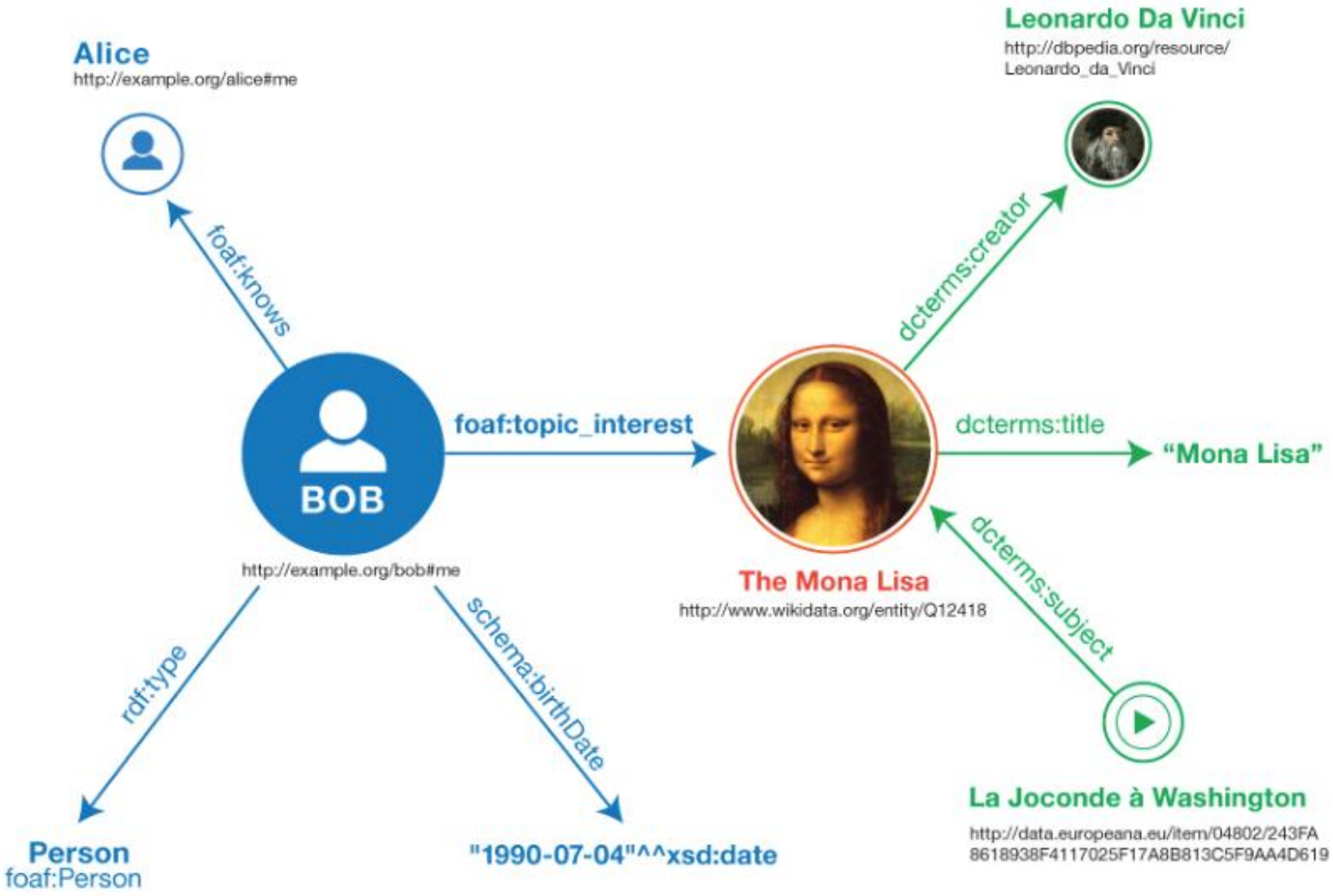
<Bob> <is interested in> <the Mona Lisa>.

<the Mona Lisa> <was created by> <Leonardo da Vinci>.

<the Mona Lisa> <is entitled> <Mona Lisa>.

<the video 'La Joconde à Washington'> <is about> <the Mona Lisa>.

Dalla tripla al grafo

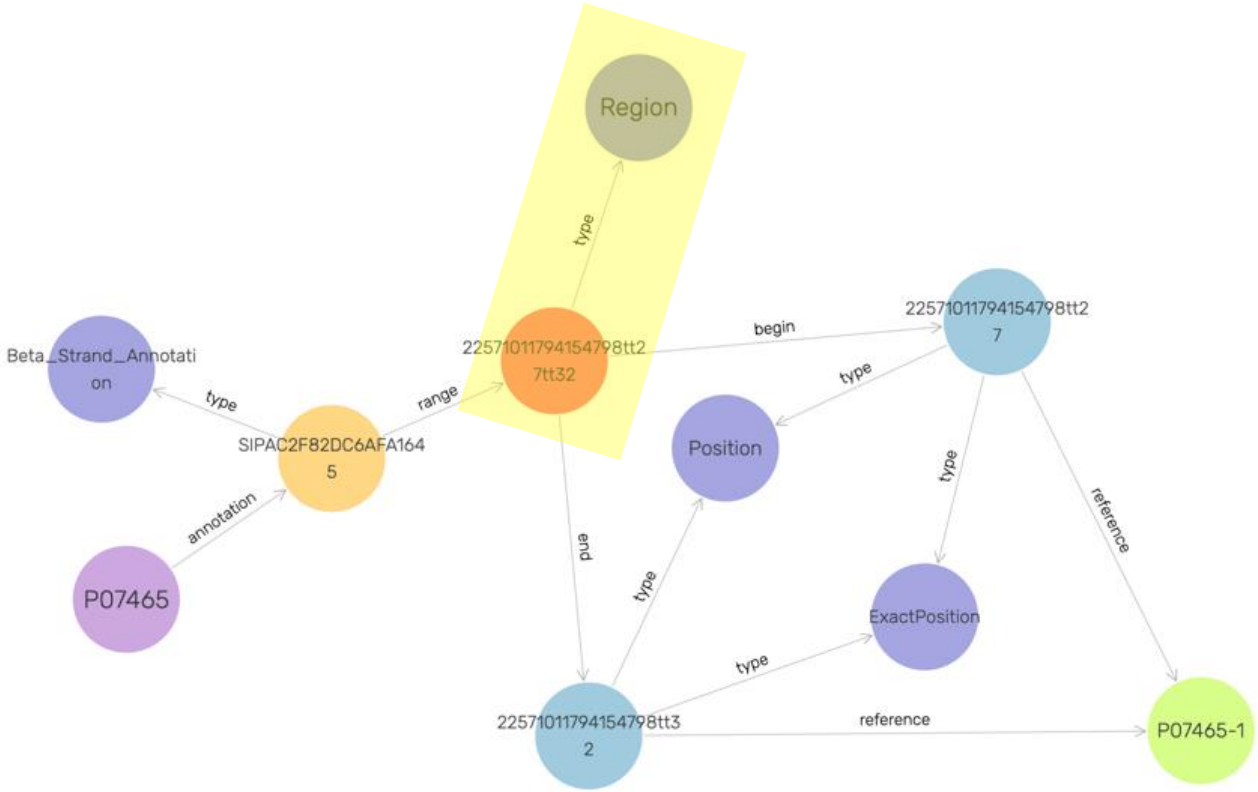


Esempio: un insieme di triple (esempio reale)

	subject	predicate	object
1	range:22571011794154798tt27tt32	faldo:begin	position:22571011794154798tt27
2	range:22571011794154798tt27tt32	faldo:end	position:22571011794154798tt32
3	range:22571011794154798tt27tt32	rdf:type	faldo:Region

- Soggetto: 22571011794154798tt27tt32
- Predicato: è una (rdf:type)
- Oggetto: Regione (http://biohackathon.org/resource/faldo#Region)

Esempio: un grafo



URI e IRI

- Gli elementi della tripla devono essere riconducibili a entità presenti nel web
- Lo strumento scelto da RDF per rappresentare le entità è dato dal sistema degli IRI
  - IRI, cioè URI Internazionalizzato (RFC 3987)
  - Cosa rappresenti nella realtà un determinato IRI non è rilevante: l'importante è che sia *de-referenziabile*
- Il predicato è sempre rappresentato da un IRI
  - Soggetto e oggetto possono essere costituiti da altri elementi

IRI e mondo reale

- https://schema.org/birthDate
- https://www.wikidata.org/wiki/Q90
- https://www.wikidata.org/wiki/Special:EntityData/Q90.json
- https://viaf.org/viaf/27073355/
- https://data.getty.edu/museum/collection/object/c88b3df0-de91-4f5b-a9ef-7b2b9a6d8abb (https://www.getty.edu/art/collection/object/103JNH)

Letterali

- Qualsiasi tipo di dato che non sia un IRI
  - Stringhe
  - Numeri in vari formati
  - Booleani
  - Date
  - …

  <Bob> <is born on> <the 4th of July 1990>.
  <the Mona Lisa> <is entitled> <Mona Lisa>.

- Solo in posizione di oggetto nella tripla
- Sostanzialmente coincidono con i data types di XML Schema, anche se il supporto può essere parziale in alcuni software

https://www.w3.org/TR/xmlschema-2/

Blank node

- Permettono di denotare risorse senza utilizzare un IRI
- Un blank node è come una variabile e può comparire in posizione di soggetto e oggetto nella tripla

  <> <has_x_coord> <12.5>.
  <> <is a> <tree>.

- Possono essere associati a un identificativo nella rappresentazione delle triple in un determinato store, ma non hanno significato al di fuori di esso
  - In alcune implementazioni, uno speciale IRI unico può essere generato per ogni blank node, usando la keyword *genid*:
  - http://example.com/.well-known/genid/d26677abc1f6

Usare vocabolari

- Per descrivere una certa entità, la tripla si basa sull'utilizzo di vocabolari condivisi
  - Invece di «inventare» ogni volta i termini per descrivere le entità di cui parla la tripla, meglio usare tutti gli stessi termini!

<Bob><likes><The Mona Lisa>.

<Bob><loves><The Mona Lisa>.

(0 meglio:)

<Bob><http://www.my_vocab#like><The Mona Lisa>.

<Bob><http://www.likesanddislikes/loves/adores><The Mona Lisa>.

Meglio concordare in anticipo su un unico termine:

<Bob><http://xmlns.com/foaf/0.1/topic_interest ><The Mona Lisa>.

Vocabolari e prefissi

- In molte serializzazioni di RDF, il vocabolario è identificato da un prefisso, che corrisponde a un namespace
- Per esempio:
  - Friend of Friend (FOAF) ha il namespace http://xmlns.com/foaf/0.1/ a cui corrisponde convenzionalmente il prefisso foaf:
  - Il vocabolario Dublin Core ha come namespace http://purl.org/dc/elements/1.1/ e come prefisso dc:

Relazioni *instance of* in RDF

- RDF non permette di specificare il significato dei predicati che mettono in relazione soggetto e oggetto

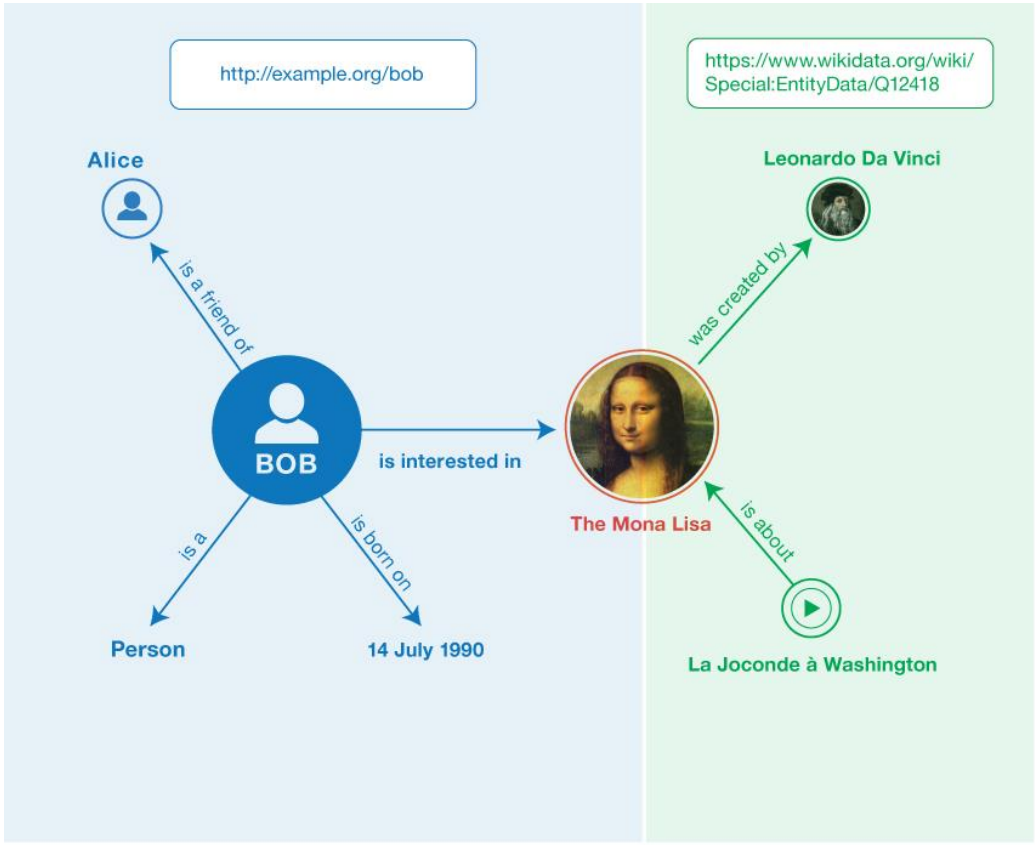
- Tuttavia, con RDF si può asserire che una risorsa appartiene a una certa tipologia (classe) utilizzando il predicato type

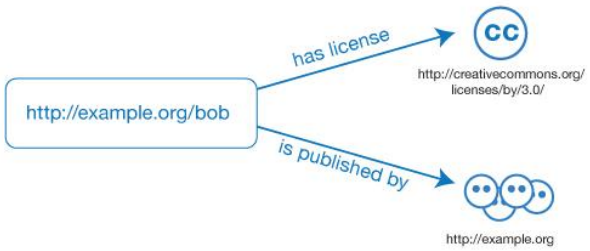
<the Mona Lisa> <type> <Painting>.

Grafi

- Per gestire le triple è meglio raggrupparle in grafi diversi
  - Novità di SPARQL accolta in RDF 1.1
- Un grafo ha un identificativo dato da un IRI (o un blank node)
  - grafo = IRI + triple
- Un data set RDF è costituito da un insieme di grafi
  - un grafo anonimo (default graph)
  - zero o più grafi con un nome (named graphs)

Esempio (dal Primer)





Le triple

BOB	*is a*	Person
BOB	*is born on*	1990-07-04
BOB	*likes*	The Mona Lisa
Mona Lisa	*was created by*	Leonardo_da_Vinci
La Joconde à Washington	*is about*	Mona Lisa

I grafi

Grafo: http://example.org/bob

BOB	is a	Person
BOB	is born on	1990-07-04
BOB	likes	The Mona Lisa

Grafo: http://www.wikidata.org/wiki/SpecialEntity/Data/Q121418

The Mona Lisa	was created by	Leonardo_da_Vinci> .
La Joconde à Washington	is about	Mona Lisa

Anche i grafi possono essere nodi di un grafo :

http://example.org/bob	*has licence*	*CC*

Serializzazioni di RDF

Formati più comuni:

- RDF/XML
- Turtle
- N-triples
- Json LD
- N3
- RDFa

Turtle

- Storicamente il formato di serializzazione è stato XML (RDF/XML), tuttavia XML si è imposto come standard per la condivisione di documenti
- Preferito a RDF/XML per la maggiore coincisione e leggibilità
- Validatori online:
  - http://ttl.summerofcode.be
  - http://www.easyrdf.org/converter

Turtle: come si presenta

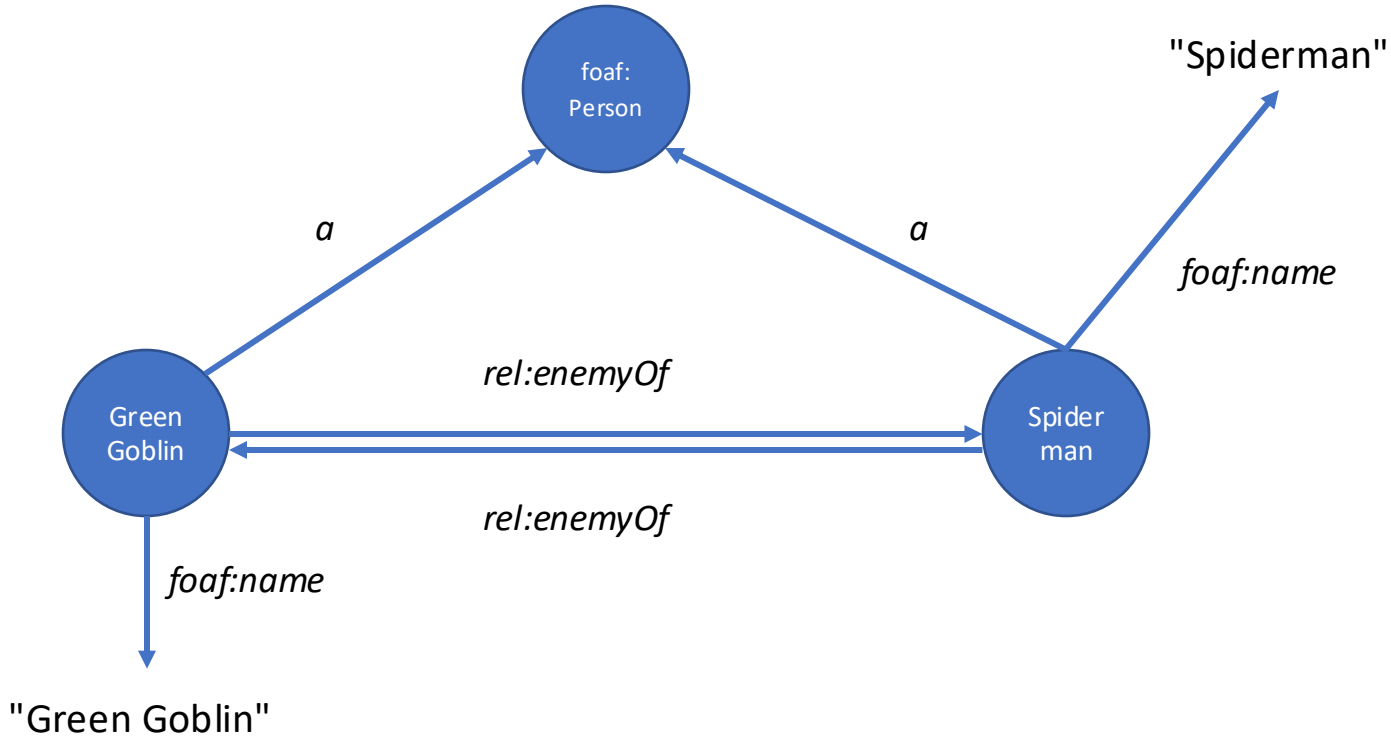
```
@base <http://example.org/> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
@prefix rel: <http://www.perceive.net/schemas/relationship/> .

<...#green-goblin>
   rel:enemyOf <...#spiderman> ;
   a foaf:Person ;    # in the context of the Marvel universe
   foaf:name "Green Goblin" .

<...#spiderman>
   rel:enemyOf <...#green-goblin> ;
   a foaf:Person ;
   foaf:name "Spiderman",
```

prefissi

commento

triple

Il grafo


foaf:
Person
"Spiderman"
a
a
foaf:name
rel:enemyOf
Green
Goblin
Spider
man
rel:enemyOf
foaf:name
"Green Goblin"

IRI

- Gli IRI sono racchiusi tra '<' and '>'

1. @prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
2. <http://example.org/#green-goblin> foaf:name "Green Goblin" .
3. <http://example.org/#spiderman> foaf:name "Spiderman" .

La parte finale che segue # identifica un frammento (fragment identifier)

IRI: RDF e Turtle

- In Turtle, tutti gli elementi della tripla possono essere costituiti da un IRI, incluso il predicato

  :spiderman "**http://www.marvel.net/enemyOf** "GreenGoblin"

- In RDF/XML, invece, il predicato non può essere costituito da un IRI perché, data la struttura della serializzazione in XML, il predicato viene a essere anch'esso un tag (Per abbreviare quindi si usa il prefisso del namespace)

  <owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.miaontologia#ciccio">
  <rdf:type rdf:resource="http://www. miaontologia #classe1"/>
  </owl:NamedIndividual>

Stesso soggetto, più predicati

```
:spiderman  :enemyOf    :green-goblin ;
            :name       "Spiderman" .
```

“;” indica che allo stesso soggetto si applicano più predicati (con diverso oggetto), equivale a ripetere il soggetto (:spiderman)

: è il prefisso vuoto

Un predicato con più oggetti

```
:spiderman  :name       "Spiderman",
                        "Uomo Ragno".
```

“,” equivale a ripetere soggetto e predicato

Prefissi

- Turtle supporta notazioni abbreviate per gli IRI, di cui la principale è data dai prefissi:

- Il prefisso sostituisce l'IRI (spesso termina con un fragment identifier #):

```
@prefix p: <http://two.example/> .
p:subject3 p:predicate3 p:object3 .
```

- La dichiarazione di una base permette di rimuovere il prefisso di fronte agli IRI:

```
@base <http://one.example/> .
<subject2> <predicate2> <object2> .
<http://one.example/subject2> <http://one.example/predicate2> …
```

- La sintassi concreta dei blank node in Turtle è data dalle parentesi quadre []
- [] da solo indica un soggetto o oggetto non specificato
- E' possibile raggruppare nelle parentesi un insieme di triple che hanno il blank node come *soggetto*

```
[
:predicate1 :object;
:predicate2 value
]
```

Rappresentazione dei blank node

Blank nodes in Turtle

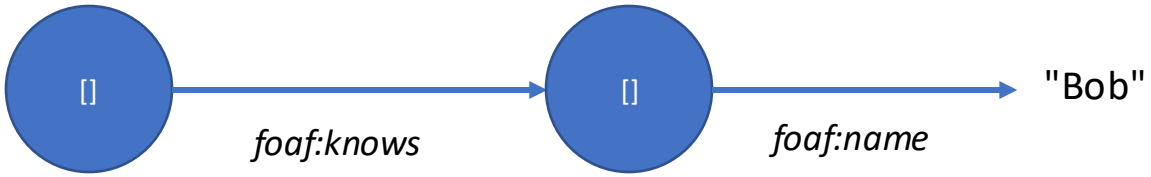
```
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
# Someone knows someone else, who has the name "Bob".
[] foaf:knows [ foaf:name "Bob" ] .

@prefix : <http://example.org/foo> .
:subject :predicate ( :a :b :c ) .
# the object of this triple is the collection blank node
```

In alternativa, si possono rappresentare i blank node con il formato _: node_label

Blank nodes nel grafo

Someone knows *someone* else, who has the name "Bob".

[] foaf:knows [foaf:name "Bob"] .



Blank nodes: rappresentazioni a confronto

```
@prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/> .
[ foaf:name "Alice" ]  foaf:knows  [ foaf:name "Bob" ;
                                     foaf:knows  [foaf:name "Eve" ] ;
                                     foaf:mbox <bob@example.com>
                                     ] .
```

```
_:a <http://xmlns.com/foaf/0.1/name> "Alice" .
_:a <http://xmlns.com/foaf/0.1/knows> _:b .
_:b <http://xmlns.com/foaf/0.1/name> "Bob" .
_:b <http://xmlns.com/foaf/0.1/knows> _:c .
 _:c <http://xmlns.com/foaf/0.1/name> "Eve" .
 _:b <http://xmlns.com/foaf/0.1/mbox> <bob@example.com> .
```

esercizio: disegnare il grafo

Letterali

```
1.  @prefix :  <http://example.org/elements>  .
2.  <http://en.wikipedia.org/wiki/Helium>
3.      :name "Helium" ;
4.      :atomicNumber "2"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#integer> ;  # xsd:integer
5.      :specificGravity "1.663E-4"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#double> . # xsd:double
```

- Il datatype segue il letterale (tra apici doppi) dopo il delimitatore ^^

- Dato che le stringhe sono molto comuni, si può *omettere* il datatype con i letterali di tipo stringa (è implicito).

→ "Mona Lisa" è uguale a "Mona Lisa"^^xsd:string.

- Dopo una stringa, è possibile apporre il language tag: @it, @en, ecc

Notazione abbreviata per numeri

I valori numerici possono essere scritti in modo esteso (forma lessicale seguita da datatype) oppure in modo abbreviato:

- xsd:integer: "-5"^^xsd:integer → -5
- xsd:decimal: "-5.0"^^xsd:decimal → -5.0
- xsd:double: "4.2E9"^^xsd:double → 4.2E9

- Lo stesso vale per i booleani (true/false)

Monna Lisa in Turtle

```
01  BASE   <http://example.org/>
02  PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
03  PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
04  PREFIX schema: <http://schema.org/>
05  PREFIX dcterms: <http://purl.org/dc/terms/>
06  PREFIX wd: <http://www.wikidata.org/entity/>
07
08  <bob#me>
09      a foaf:Person ;
10      foaf:knows <alice#me> ;
11      schema:birthDate "1990-07-04"^^xsd:date ;
12      foaf:topic_interest wd:Q12418 .
13
14  wd:Q12418
15      dcterms:title "Mona Lisa" ;
16      dcterms:creator <http://dbpedia.org/resource/Leonardo_da_Vinci> .
17
18  <http://data.europeana.eu/item/04802/243FA8618938F4117025F17A8B813C5F9AA4D619>
19      dcterms:subject wd:Q12418 .
```

N-triples

- Sottoinsieme di Turtle senza abbreviazioni e senza prefissi
- Verboso e meno leggibile per la mancanza di abbreviazioni
- Migliore per il trasferimento dei data set tra applicazioni
- N-Quads è la sua estensione che aggiunge alla tripla un quarto elemento, il graph IRI

Monna Lisa in N-Triples

<http://example.org/bob#me> <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type> <http://xmlns.com/foaf/0.1/Person> .

<http://example.org/bob#me> <http://xmlns.com/foaf/0.1/knows> <http://example.org/alice#me> .

<http://example.org/bob#me> <http://schema.org/birthDate> "1990-07-04"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date> .

<http://example.org/bob#me> <http://xmlns.com/foaf/0.1/topic_interest> <http://www.wikidata.org/entity/Q12418> .

<http://www.wikidata.org/entity/Q12418> <http://purl.org/dc/terms/title> "Mona Lisa" .

<http://www.wikidata.org/entity/Q12418> <http://purl.org/dc/terms/creator> <http://dbpedia.org/resource/Leonardo_da_Vinci> .

<http://data.europeana.eu/item/04802/243FA86...> <http://purl.org/dc/terms/subject> <http://www.wikidata.org/entity/Q12418> .

Formati RDF: trade-off

- RDF/XML → strumenti per XML
- Turtle → leggibilità e compatibilità con SPARQL
- N-triples → portabilità dei dati
- Json LD → comunicazione client server via API

https://ontola.io/blog/rdf-serialization-formats/

Codifica RDF/XML

```
01  <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
02  <rdf:RDF
03        xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/"
04        xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
05        xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
06        xmlns:schema="http://schema.org/">
07    <rdf:Description rdf:about="http://example.org/bob#me">
08      <rdf:type rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
09      <schema:birthDate rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/
                                        XMLSchema#date">1990-07-04</schema:birthDate>
10      <foaf:knows rdf:resource="http://example.org/alice#me"/>
11      <foaf:topic_interest rdf:resource="http://www.wikidata.org/entity/Q12418"/>
12    </rdf:Description>
13    <rdf:Description rdf:about="http://www.wikidata.org/entity/Q12418">
14      <dcterms:title>Mona Lisa</dcterms:title>
15      <dcterms:creator rdf:resource="http://dbpedia.org/resource/Leonardo_da_Vinci"/>
16    </rdf:Description>
17    <rdf:Description rdf:about="http://data.europeana.eu/item/
                                        04802/243FA8618938F4117025F17A8B813C5F9AA4D619">
18      <dcterms:subject rdf:resource="http://www.wikidata.org/entity/Q12418"/>
19    </rdf:Description>
20  </rdf:RDF>
```

Dal documento: https://www.w3.org/TR/rdf11-primer/