

# INTERROGATION DE DONNÉES DE TYPE GRAPHE

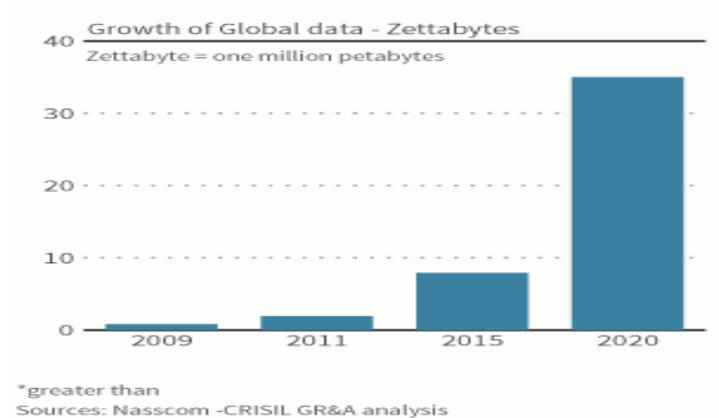
BDLE (BASES DE DONNÉES LARGE ECHELLE)  
CAMELIA CONSTANTIN -- PRÉNOM.NOM@LIP6.FR



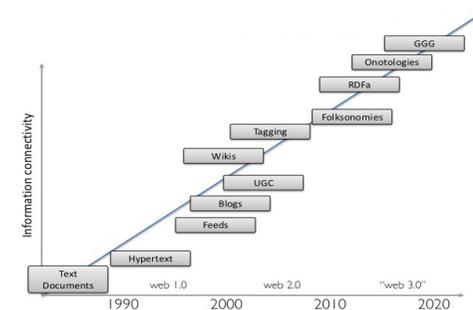
# GRAPHES DE DONNÉES : EXEMPLES ET PROPRIÉTÉS



## Croissance exponentielle du volume des données

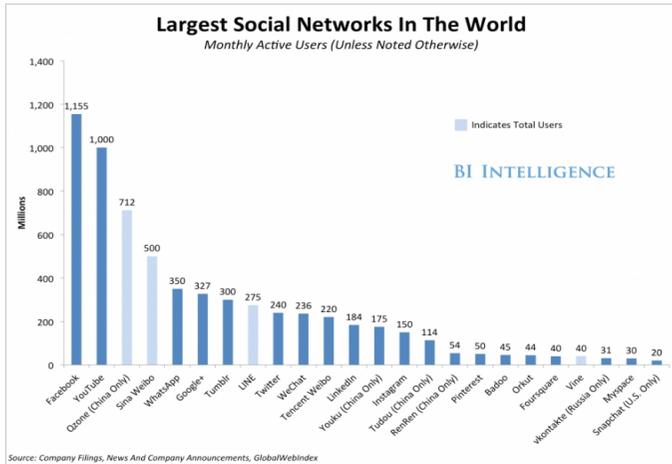


## CONNECTIVITÉ DES DONNÉES



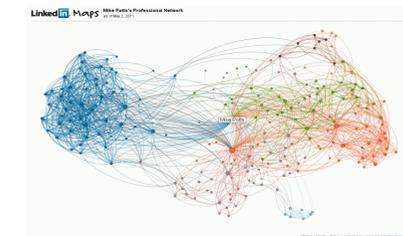
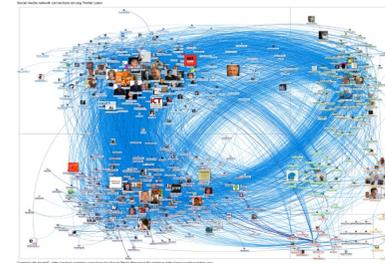
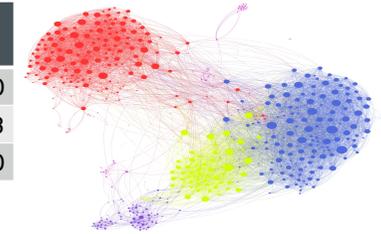
$$\text{Volume} \times \text{Connectivité} = \text{Complexité}$$

# RÉSEAUX SOCIAUX: des graphes gigantesques



# RÉSEAUX SOCIAUX (exemples 2014)

	Utilisateurs (10 <sup>6</sup> )	Arcs (10 <sup>9</sup> )
Facebook	1 300	400
LinkedIn	330	63
Twitter	650	130



# TYPES DE GRAPHE

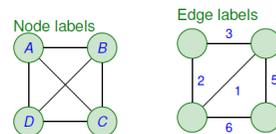
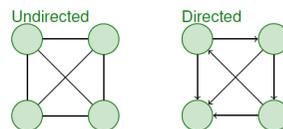
## Graphes

- dirigés : réseau social, citations bibliographiques, web hypertexte, web sémantique, graphe de recommandation, graphe d'évolution...

- non-dirigés : réseau routier, réseau des collaborations, graphes de cooccurrences, ...

## Graphes étiquetés

- nœuds : nom, âge, contenu
- arcs : amitiés, coût, durée, ..



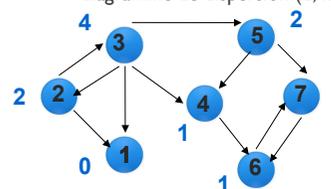
# ANALYSE STATISTIQUE ET STRUCTURELLE

## Mesures de base :

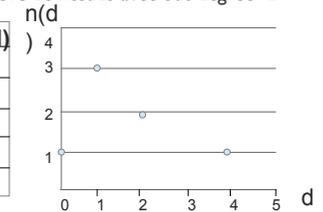
- Nombre de nœuds :  $|V|$
- Nombre d'arcs :  $|E|$  (plus important que  $|V|$ )
- in/out-degree(n) : nombre d'arcs entrants/sortants

## L'histogramme d'un graphe (décrit le graphe)

- diagramme de dispersion  $(d, n(d))$  où  $n(d)$ =nombre de nœuds avec out-degree= $d$



d	n(d)
0	1
1	3
2	2
3	0
4	1

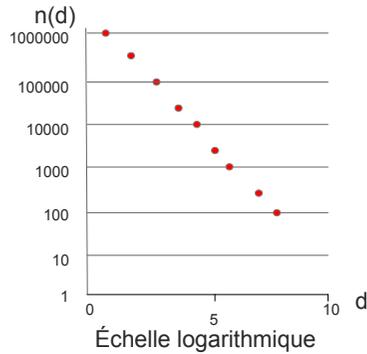
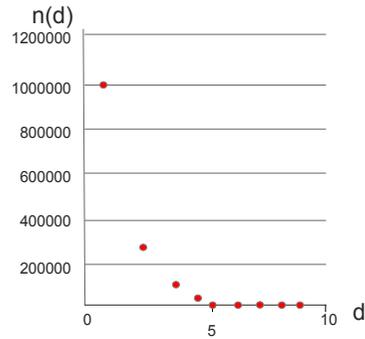


(en général  $cx^d$  pour  $x < 1$ )

## HISTOGRAMME : DISTRIBUTION EXPONENTIELLE

Graphe aléatoire

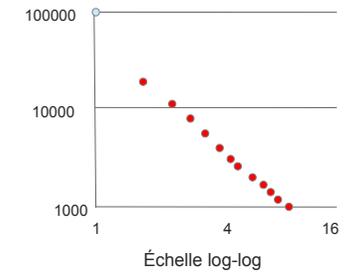
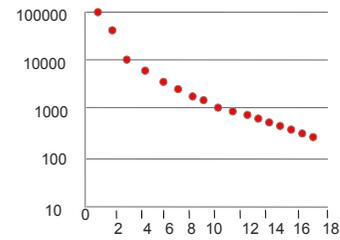
$$n(d) \approx c \left(\frac{1}{2}\right)^d$$



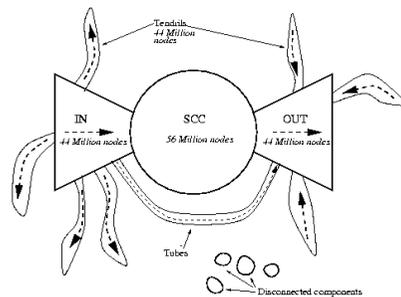
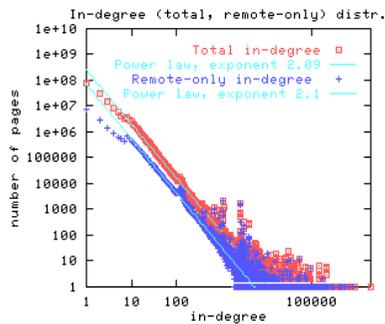
## HISTOGRAMME : DISTRIBUTION ZIPF

- Graphes générés par les applications
  - graphe occurrences mots / documents
  - graphe web

$$n(d) \approx \frac{1}{d^x}, x > 0$$



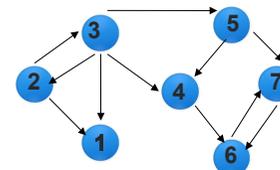
## GRAPHE DU WEB



Pages Web (Broder et al.\*, 2000) : A. Broder, R. Kumar, F. Maghoul, P. Raghavan, S. Rajagopalan, R. Stata, A. Tomkins, J. Wiener. Graph structure in the web. In WWW'00, pages 309-320. Crawl pages en 1999

## CONNEXITÉ D'UN GRAPHE

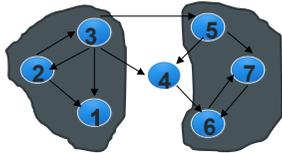
- Degré de connexité : nombre minimum de sommets qu'on doit enlever afin de déconnecter le graphe.
- Utile pour décider si un graphe est "intéressant" pour un certain type d'analyse.



Exemple : degré de connexité du graphe ?  
Degré 1 : enlever 3 on a deux composantes déconnectées

## CENTRALITÉ D'UN NOEUD

- Mesure l'importance d'un sommet  $v$
- Utile par exemple pour l'analyse de communautés
- Centralité basée sur le degré :  $\text{in-degree}(v)/|E|$
- Centralité de proximité:
  - Distance moyenne des plus courts chemins vers ce nœud (graphe dirigé) □ nœud central = a une faible distance des autres nœuds
- Centralité d'intermédiarité de  $v$ :
  - La proportion des plus courts chemins entre deux autres sommets qui passent par  $v$



Exemple : centralité d'intermédiarité de 4 ?  
 (2,3,4,6), (3,4,6), (5,4,6)  
 3/nombre total de plus courts chemins  
 $3/6 = 0.5$

## MODÉLISER ET INTERROGER LES GRAPHES DE DONNÉES

## MATRICE ET LISTES D'ADJACENCE ET TABLES

compte	nom	email	...
N1	Jean	...	
N2	Lucie	...	
N3	Marc	...	

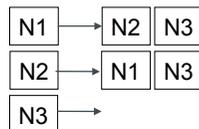
Données

	follower	followee
	N1	N2
	N1	N3
	N2	N1
	N2	N3
...	...	...

Table d'adjacence

noeud	N1	N2	N3
N1	0	1	1
N2	0	0	0
N3	0	1	0

Matrice d'adjacence



Liste d'adjacence

## COMPARAISON TAILLE

Exemple :LinkedIn

- 330 millions de nœuds
- 63 milliards d'arcs
- Matrice d'adjacence
  - $330 * 10^6 * 330 * 10^6 \text{ bits} = 10^{16} \text{ bits} = 1,2 * 10^{15} \text{ octets} = 1,2 \text{ pétaoctets}$
- Table relationnelle / liste d'adjacence
  - l'id de nœud = double = 4o
  - $63 * 10^9 * 2 * 4 \text{ octets} = 5 * 10^{11} \text{ octets} = 0,5 \text{ téraoctets}$

## EXEMPLES DE REQUÊTES

- Dans un réseau de type transport, alimentation, communication
  - Comment aller de l'adresse a à l'adresse b ?
  - Combien de chemins entre le nœud réseau a et le nœud réseau b ?
  - Le chemin le plus rapide entre l'usine a et le magasin b ?
- Dans un réseau de représentation de connaissance:
  - Une classe (élément) A est elle un sous-classe d'une classe B?
  - Existe-t'il un lien entre l'entité A et l'entité B?
  - Similarité entre l'entité A et l'entité B basé sur le graphe sémantique
- Réseaux de citations
  - Quels auteurs sont le plus cités directement et indirectement ?
  - Quels chercheurs / articles sont important dans un domaine (centralité) ?
- Réseaux sociaux
  - You Might Also Know de Facebook: si on partage beaucoup d'amis, on doit sans doute se connaître
  - Recommandation de lieux dans FourSquare d'après avis des amis: si des amis recommandent un lieu, alors de bonne chance que j'aime aussi
  - Degré de séparation (ex : nombre d'utilisateurs entre deux utilisateurs sur Facebook)

## COMPARAISON OPÉRATIONS

### Mises-à-jour

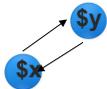
- Matrice d'adjacence :
  - noeuds: insertion / suppression de lignes et colonnes ( $\sim |N|$ )
  - arcs : maj cellule (constant)
- Liste d'adjacence
  - noeuds : creation de liste (const)
  - arcs: maj liste ( $\sim$  out-degree)
- Table relationnelle
  - arcs : insertion et suppression de nuplets (depend des index)

### Accès

- Matrice d'adjacence
  - operations logiques (AND, OR)
  - operations matricielle : +, -, \*, T
  - matrice = index "bitmap"
- Liste d'adjacence
  - parcours de listes
- Table relationnelle
  - langages de requêtes
  - stockage et indexation

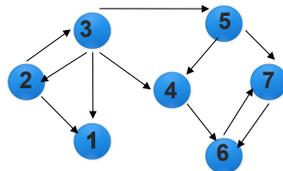
## RECHERCHE DE MOTIFS

- Trouver toutes les instances d'un motif (peut contenir des étiquettes de sommets ou d'arrêtes)
- Exemple de motif :



Instanciation :

- $\$x = 2, \$y = 3$  ( $\$x = 3, \$y = 2$ )
- $\$x = 7, \$y = 6$  ( $\$x = 6, \$y = 7$ )



## EXEMPLE DE RECHERCHE DE MOTIFS : TRIANGLES

- Trouver les triangles ayant le motif :  $\$x \square \$y \square \$z \square \$x$  (nombre total de triangles = autre mesure de connectivité)
- Il existe beaucoup d'algorithmes. Un algorithme naïf trouvera le même triangle plusieurs fois :

$\$x \square \$y \square \$z \square \$x$

$\$y \square \$z \square \$x \square \$y$

$\$z \square \$x \square \$y \square \$z$

## EXEMPLES DE REQUÊTES (SUITE)

- Les voisins de A
- Voisins en commun entre A et B
- Existence / nombre de chemins entre A et B (et nombre, longueur, coût, etc.)
- Existence de chemins entre A et B correspondant à une expression régulière  $(A B)^*(C|D)^+$
- Recherche du plus court chemin entre A et B, entre tous les nœuds
- Recherche de motifs de graphes : cycles, "motifs de graphes", arbre couvrant, circuit hamiltonien
- Calcul de propriétés : diamètre du graphe, centralité, ..

## LANGAGES DE REQUÊTES GRAPHES

## LANGAGES DE REQUÊTES GRAPHE

- SQL2 : PL/SQL avec boucles et condition d'arrêt suivant la requête (pas de suivant, profondeur voulue, etc.)
- Requetes hiérarchiques (clause CONNECT BY), Oracle7
- SQL3 : Requetes récursives (clause WITH), Oracle 11gR2
- DATALOG : modèle théorique basé sur les clauses de Horn, des implantations mais pas de produits véritables
- SPARQL : équivalent à SQL pour des données RDF (triplets : sujet, prédicat, objet = arrête étiquetée dans un graphe)
- Cypher : pour la BD graphe Neo4j
- .....

## SQL : EXEMPLE DE REQUÊTE

- Trouver les voisins directs :
  - Le nom des utilisateurs qui suivent 'Marc'?

compte	nom	email	...
N1	Jean	...	
N2	Lucie	...	
N3	Marc	...	

Table Node

follower	followee
N1	N2
N1	N3
N2	N1
N2	N3
...	...

Table Edge

## TROUVER LES VOISINS DIRECTS

- Nom des utilisateurs qui suivent 'Marc'?

```
select B.nom
from node A, node B, edge E
where A.nom='Marc' and A.compte=E.followee
and E.follower=B.compte
```

- Liste des nœuds atteignables depuis le compte de 'Marc' ?

- Implique d'explorer le graphe depuis un nœud donné avec une profondeur d'exploration fixée

compte	nom	email
N1	Jean	...
N2	Lucie	...
N3	Marc	...

follower	followee
N1	N2
N1	N3
N2	N1
N2	N3
...	...

## SQL 3 : REQUÊTES HIÉRARCHIQUES

```
SELECT select_list
FROM table_expression
[ WHERE ... ]
[ START WITH start_expression ]
CONNECT BY [NOCYCLE] { PRIOR parent_expr = child_expr |
                  child_expr = PRIOR parent_expr }
[ ORDER SIBLINGS BY column1 [ ASC | DESC ] [, column2 [ ASC | DESC ] ] ...
[ GROUP BY ... ]
[ HAVING ... ]
```

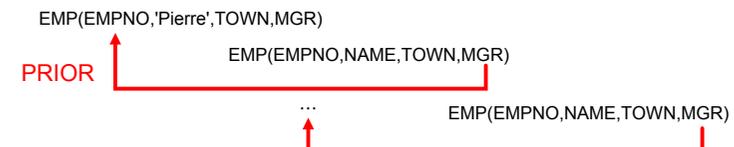
## REQUÊTES HIÉRARCHIQUES

- START WITH indique le noeud de départ
- CONNECT BY PRIOR : règle de connexion entre les nœuds, spécifie la relation entre les tuples parent/enfant dans la hiérarchie.
- WHERE supprime les tuples de la hiérarchie qui ne satisfont pas la condition (on n'arrête pas la récursion)
- LEVEL : attribut permettant de retourner la profondeur du nœud par rapport à la racine
- NOCYCLE : ne retourne pas un message d'erreur si un cycle est rencontré
- SYS\_CONNECT\_BY\_PATH : permet de construire le chemin depuis la racine
- CONNECT\_BY\_ROOT : utiliser le nœud racine dans une condition

## EXEMPLE DE REQUÊTES HIÉRARCHIQUES

Tous les subordonnés parisiens de Pierre?

```
select NAME, LEVEL
from EMP E
where E.TOWN='Paris'
start with E.NAME='Pierre'
connect by E.MGR = prior
E.EMPNO;
```



Tous les supérieurs parisiens de Pierre?

```
select NAME, LEVEL
from EMP E
where E.TOWN='Paris'
start with E.NAME='Pierre'
connect by prior E.MGR =
E.EMPNO;
```

## SQL3 : FACTORISATION AVEC WITH

### WITH [ RECURSIVE ]

```
<vue V1> [ ( <liste_colonne1> ) ] AS [( <requête SQL Q1> )],  
<vue V2> [ ( <liste_colonne2> ) ] AS [( <requête SQL Q2> )], ...  
<requête SQL Q> ;
```

- Oracle: on ne met pas le mot clé RECURSIVE
- Requête Qi peut utiliser toutes les vues Vj pour j < i
- Récursion : Qi utilise la vue Vi (avec UNION ALL)
  - Qi: **select ... from** (<requête>) **union all** (select ... **from** Vi, ...)

## EXEMPLE RÉCURSION SQL3

EMP(ENO,NAME,TOWN,MGR)

### Tous les subordonnés parisiens de Pierre?

```
WITH subordonne(SUBENO, SUBENAME, TOWN)  
AS (SELECT DISTINCT sub.ENO, sub.NAME, sub.TOWN  
    FROM EMP sup, EMP sub WHERE sup.NAME='Pierre'  
    AND sup.ENO = sub.MGR  
  
UNION ALL  
SELECT sub.ENO, sub.NAME, sub.TOWN  
FROM subordonne sup, EMP sub WHERE sup.ENO=sub.MGR)  
SELECT * FROM subordonne where TOWN = 'Paris';
```

## EXEMPLE RÉCURSION SQL3

EMP(ENO,NAME,TOWN,MGR)

### Tous les supérieurs parisiens de Pierre?

```
WITH supérieur(SUPENO, SUPENAME, TOWN)  
AS (SELECT DISTINCT sup.ENO, sup.NAME, sup.TOWN  
    FROM EMP sup, EMP sub WHERE sub.NAME='Pierre'  
    AND sup.ENO = sub.MGR  
  
UNION ALL  
SELECT sup.ENO, sup.NAME, sup.TOWN  
FROM supérieur sub, EMP sup WHERE sup.ENO=sub.MGR)  
SELECT * FROM supérieur where TOWN = 'Paris';
```

## RÉCURSION EN PROFONDEUR OU EN LARGEUR

- Contrôler l'ordre d'évaluation :  
**SEARCH DEPTH | BREADTH FIRST BY** <attr> **SET** <ordre>
- ```
WITH subordonne(SUBENO, SUBENAME, TOWN)  
AS  
(  
    SELECT DISTINCT sub.ENO, sub.NAME, sub.TOWN  
    FROM EMP sup, EMP sub WHERE sup.NAME='Pierre'  
    AND sup.ENO = sub.MGR  
  
    UNION ALL  
    SELECT sub.ENO, sub.NAME, sub.TOWN  
    FROM subordonne sup, EMP sub WHERE sup.ENO=sub.MGR  
)  
SEARCH DEPTH FIRST BY SUBENO SET order1  
SELECT * FROM subordonne where TOWN = 'Paris'  
ORDER BY order1;
```

## RÉCURSION ET CYCLE

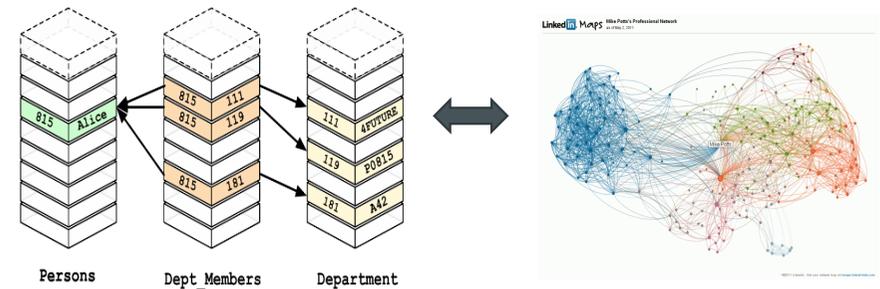
- Détection de cycles :

**CYCLE** <attr1> **SET** <attr2> **TO** <val1> **DEFAULT** <val2>

- attr2 = val1 quand un cycle est détecté sur l'attribut attr1 (attr1 = val2 sinon)
- la récursion s'arrête pour la ligne où le cycle est détecté

```
WITH subordonne(SUBENO, SUBENAME, TOWN)
AS (
  SELECT DISTINCT sub.ENO, sub.NAME, sub.TOWN
  FROM EMP sup, EMP sub WHERE sup.NAME='Pierre' AND sup.ENO =
sub.MGR
  UNION ALL
  SELECT sub.ENO, sub.NAME, sub.TOWN
  FROM subordonne sup, EMP sub WHERE sup.ENO=sub.MGR
)
CYCLE SUBENO SET cyc TO 1 DEFAULT 0
SELECT * FROM subordonne where TOWN = 'Paris';
```

## LIMITES DES BD RELATIONNELLES



Source : neo4j.com

## LIMITES DES BD RELATIONNELLES

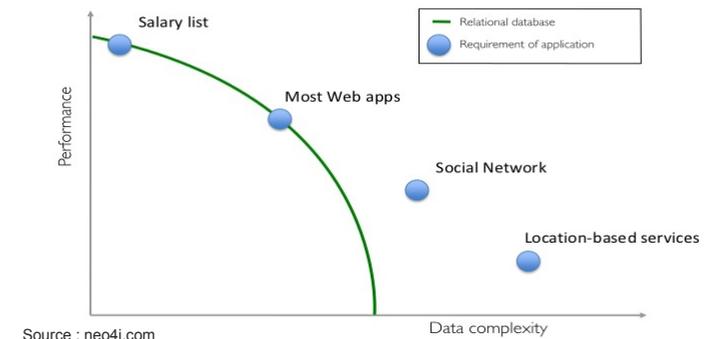
- Modèle :

- Le modèle relationnel est bien adapté pour des données structurées qui peuvent facilement être organisés en plusieurs tables
- Un graphe est une structuration libre de nœuds divers connectés par des liens
- Liens entre les nœuds modélisés par des tables supplémentaires □ modifier le schéma pour ajouter de nouveaux types de données et de relations

- Requêtes

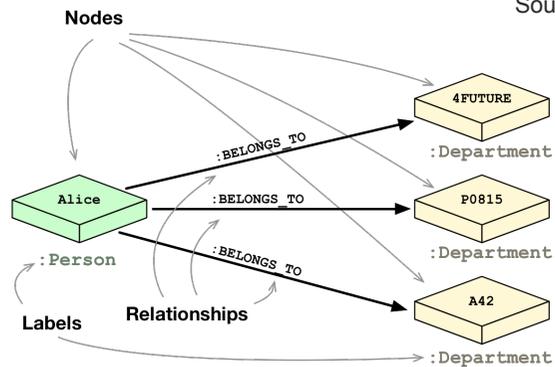
- Les requêtes SQL récursives sont complexes, expliciter les liens avec joins
- Les optimiseurs et structures d'index relationnels ne sont pas adaptés à l'évaluation de requêtes graphes => performances dégradées quand il existe beaucoup de relations

## PERFORMANCE DES BD RELATIONNELLES



Source : neo4j.com

## Alternative : BD ORIENTÉES GRAPHE



Remplacer les références logiques clés/clés étrangères par des pointeurs physiques → jointure = suivi de pointeurs

## BD ORIENTÉES GRAPHE

- Organisées selon des modèle complexes et flexibles
- Stockage optimisé pour des structures fortement connexes (stockage dédié aux nœuds et aux arcs) et pour la lecture et le parcours du graphe
- Utilisation des algorithmes graphe optimisés avec des API intégrées
  - plus court chemin, centralité, etc
- Requêtes :
  - en temps linéaire (exponentiel pour SQL) lorsque le volume/connectivité/profondeur de parcours de données augmentent
  - traversent le graphe efficacement
  - adjacente entre les éléments voisins sans indexation : pointers physiques (enregistrés comme part entière de la donnée), évitent les jointures coûteuses

## BD ORIENTÉES GRAPHE

Exemples de BD orientées graphe :

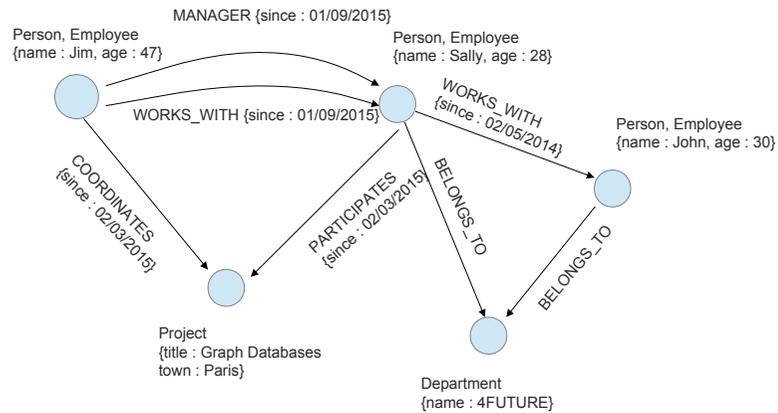
- AllegroGraph, ArangoDB, GraphEngine, Sones, HypergraphDB
- Neo4j :
  - BD transactionnelle / ACID (Atomicité, Cohérence, Isolation, Durabilité)
  - haute disponibilité (mise ne place d'un cluster)
  - scalabilité : stocker et interroger des milliards de noeuds et de relations
  - utilisateurs : Viadeo, ebay, National Geographic, Cisco, Adobe, Meetic, SFR, Voyages-SNCF, etc

## NEO4J : GRAPHE DE PROPRIÉTÉS

- Noeuds :
  - étiquettes pour différencier les nœuds
    - donnent un rôle/type à un nœud, plusieurs étiquettes possibles pour un nœuds
  - propriétés clef/valeur
- Relations :
  - nœud de départ, nœud d'arrivée
  - type de relation
  - propriétés clef/valeur



## NEO4J : GRAPHE DE PROPRIÉTÉS



## NEO4J : CYPHER

■ Langage de requêtes déclaratif (inspiré de SQL)

■ Motifs de chemins / graphes

Syntaxe :

■ spécification de nœuds : (p : Person), (p : Person:Employee), (p:Person {name:jim}), ()

■ spécification de relations : (u) □ (v), (u) -[r] □ (v),

(u) - [r : MANAGER|WORKS\_WITH] □ (v),

(u) - [ :COORDINATES {since:"02/03/2015"} ] ->(p)

■ motifs de chemins :

■ (u)-->(z)<--(v), (u)-->()<--(v), (u)--(v)

■ (u) - [\*2] □ (v) équivalent à (u) □ () □ (v)

■ (u) - [\*3..5] □ (v) : longueur entre 3 et 5 (relations)

■ (u) - [\*3..] □ (v) : chemin de longueur minimum 3

■ (u) - [\*..5] □ (v) : chemin de longueur maximum 5

■ (u) - [\*] □ (v) : n'importe quelle longueur

## REQUÊTES CYPHER

■ Interrogation des données :

- ◆ MATCH (m) : retourne les instances (bindings de variables) de motif m
- ◆ WHERE : prédicats pour filtrer les résultats
- ◆ RETURN [DISTINCT]: formatage des résultats sous la forme demandée:
  - valeurs scalaires, éléments de graph, chemins, collections ou même documents.
  - DISTINCT : élimination de doublons
- ◆ LIMIT : restriction sur le nombre de résultats retournés
- ◆ ORDER BY [DESC] : ordonnancement

## REQUÊTES CYPHER

■ Modification des données :

- ◆ CREATE (DELETE) : créer (effacer) des nœuds et des relations
- ◆ MERGE (m) : cherche le motif m en le créant s'il n'existe pas (MATCH+CREATE)
- ◆ SET (REMOVE) : ajoute (enlève) des propriétés et étiquettes

## Exemple CREATE/DELETE

- Créer un nouveau nœud :

```
CREATE (jim:Person {name: 'Jim', age: 47})
```

- ◆ () : spécification de nœud
- ◆ jim : nom de variable pour le nœud, 'Person' son étiquette/rôle
- ◆ {} : spécification des propriétés (couples clé:valeur)

- Effacer le nœud (et ses éventuelles relations) :

```
MATCH (n) DETACH DELETE n
```

- ◆ DETACH : pour effacer des nœuds avec des relations attachées

## Requête

- Voir le nœud créé :

```
MATCH (n:Person) WHERE n.name='Jim' RETURN n
```

- MATCH : cherche un motif (un nœud avec l'étiquette 'Person' désigné par la suite par la variable n)
- WHERE : condition supplémentaire sur la propriété name (peut être spécifiée aussi dans le motif)
- RETURN : retourne le nœud avec toutes ses propriétés et étiquettes

## Exemple SET

- Ajouter une étiquette supplémentaire 'Employee'

```
MATCH (n:Person {name:'Jim'})  
SET n:Employee RETURN n.name, labels(n) as labels
```

- Ajouter une propriété supplémentaire (la modifier si elle existe) :

```
MATCH (n:Person {name:'Jim'})  
SET n.job='programmer' RETURN properties(n)
```

- Pour les enlever : REMOVE

```
MATCH(n) WHERE NOT (EXISTS(n.emploi))  
SET n.emploi=n.job REMOVE n.job RETURN properties(n)
```

- ◆ Alternative : ... WHERE n.emploi IS NULL

## EXEMPLES DE REQUÊTES

- Tous les nœuds du graphe

```
MATCH(n) RETURN n
```

- Tous les nœuds qui on une relation avec un autre noeud

```
MATCH(n) □ () RETURN n
```

- Toutes les relations de John (indépendamment de la direction)

```
MATCH (john {name : "John"}) - [r ] - ()  
RETURN TYPE(r)
```

- Tous les noms d'employés avec les noms de leur département :

```
MATCH (e: Employee) □ (d: Department)  
RETURN e.name, d.name
```

## EXEMPLES DE REQUÊTES

- Trouver Jim et ses subordonnés :

```
MATCH (jim :Person {name : 'Jim'}) - [:MANAGER]->(sub)
RETURN jim, sub
```

- Depuis quand participe Sally au projet "Graph Databases" ?

```
MATCH (sally:Employee { name : 'Sally' })
MATCH (projet:Project { title : 'Graph Databases' })
MATCH (sally)-[:PARTICIPATES] □ (projet)
RETURN r.since
```

- Tous les projets à Paris dans lesquels a travaillé Sally

```
MATCH (sally:Employee)-[:PARTICIPATES]->(project)
WHERE sally.name="Sally" AND project.town ="Paris"
RETURN project.title
```

## EXEMPLES DE REQUÊTES

- Pour chaque employé le nom des chefs des projets dans lesquels il travaille :

```
MATCH (e)-[:PARTICIPATES]->(p)<-[:COORDINATES]-(c)
RETURN e.name, c.name
```

- Qui est le plus âgé parmi Jim et Sally ?

```
MATCH(p : Person)
WHERE p.name='Jim' OR p.name='Sally'
RETURN p.name as oldest
ORDER BY p.age DESC LIMIT 1
```

- Les 5 personnes les plus âgées :

```
MATCH (p:Person)
RETURN p.name
ORDER BY p.age DESC LIMIT 5
```

## EXEMPLES DE REQUÊTES

- Les projets dans lesquels travaille Sally et dans lesquels ne travaille pas John

```
MATCH (sally:Person {name:"Sally"})-[:PARTICIPATES]->(project)
MATCH (john:Person {name:"John"})
WHERE NOT (john)-[:PARTICIPATES]->(project)
RETURN DISTINCT project.title
```

- Utilisation COUNT :

- Nombre total de nœuds du graphe :

```
MATCH(n) RETURN COUNT(n)
```

- Nombre total de relations dans le graphe :

```
MATCH () □ () RETURN COUNT(*)
```

## Agrégation

- Les 10 employés qui ont travaillé dans le plus de projets :

```
MATCH (e:Employee)-[:PARTICIPATES]->(p)
RETURN e.name, count(p)
ORDER BY count(p) DESC LIMIT 10
□ Autres fonctions d'agrégation : min, max, sum, collect
```

- Agrégation :

- Similaire au GROUP BY en SQL
- e.name présent dans RETURN □ utilisé pour partitionner les données, count sera appliqué sur chaque partition
- Utilisation DISTINCT (count (DISTINCT p)) pour compter uniquement les valeurs uniques

- Pour chaque nœud ses étiquettes et le nombre total de nœuds auquel il est connecté

```
MATCH (n) -- () RETURN n, labels(n), count(*)
```

- Pour chaque type (étiquette) de relation le nombre de relations de ce type

```
MATCH () -[r] -> () RETURN type(r), count(*)
```

## EXEMPLES DE REQUÊTES

- Le collègue de Jim et le collègue de son collègue

```
MATCH (jim)-[:WORKS_WITH*1..2]-(foaf)
WHERE jim.name="Jim"
RETURN foaf.name
```

- Les employés qui travaillent avec les employés qui travaillent avec Jim et avec lesquels Jim n'a jamais travaillé:

```
MATCH (fof)-[:WORKS_WITH*2]-(jim:Person)
WHERE jim.name = "Jim" and NOT (jim)-[:WORKS_WITH]-(fof)
RETURN DISTINCT fof.name
```

## Plus court chemin

- La longueur du plus court chemin entre "Jim" et "John" :

```
MATCH p=shortestPath( (jim)-[*1..10]-(john) )
WHERE jim.name="Jim" and john.name = "John"
RETURN length(p)
```

- Afficher le nom des personnes sur le plus court chemin :

```
MATCH p=shortestPath( (jim)-[*1..10]-(john) )
WHERE jim.name="Jim" and john.name = "John"
RETURN EXTRACT ( n in nodes(p) | n.name)
```

- Tous les plus courts chemins entre 'Jim' et 'John' :

```
MATCH (jim : Person {name : 'Jim'})
MATCH (john : Person {name : 'John'}),
p=allShortestPaths((jim)-[*1..10]-(john))
RETURN p
```

## Clause WITH

- Pour des requêtes avec un pipeline d'opérations., relie les différentes opérations entre elles .
- Exemples :

- Appliquer un filtre sur le résultat d'une fonction d'agrégation

```
MATCH (sally {name : 'Sally'})-->(other)-->(x)
WITH other, count(DISTINCT x)+1 AS nbfoaf
WHERE nbfoaf > 2
RETURN other, nbfoaf
```

- Trier les résultats avant de les retourner dans une liste

```
MATCH (n) WHERE n.name is not null
WITH n
ORDER BY n.name DESC LIMIT 4
RETURN collect(n.name)
```

## Clause WITH

- Faire des traitements successifs : En partant de 'Graph Databases', trouver les voisins, les classer par nom, en gardant seulement le premier et afficher ensuite ses voisins

```
MATCH (p {title : 'Graph Databases'})--(other)
WITH other, p
ORDER BY other.name DESC LIMIT 1
MATCH (other)--(neigh) WHERE neigh <> p
RETURN distinct neigh.name
```