Démonter le moteur … de recherche

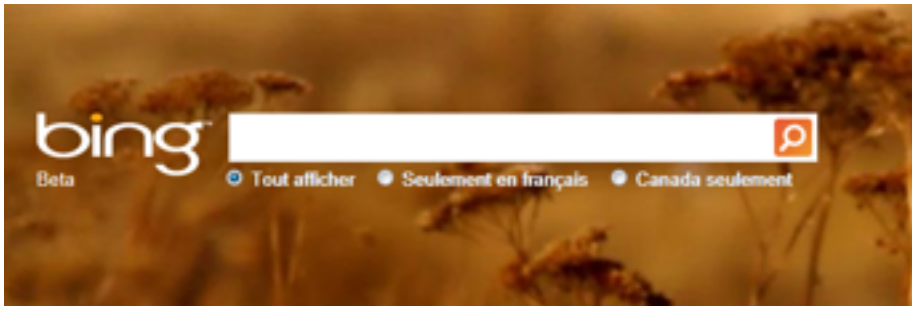
Jian-Yun Nie
DIRO
http://www.iro.umontreal.ca/~nie/
nie@iro.umontreal.ca

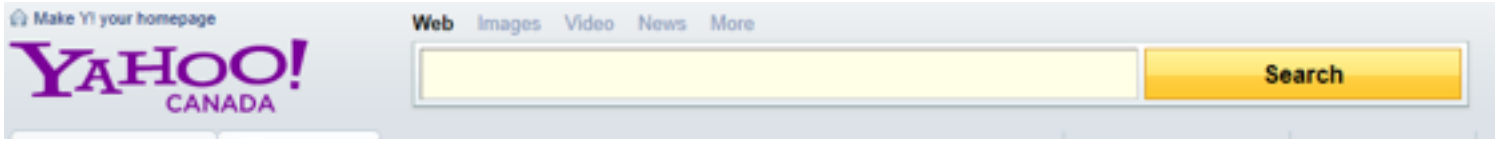
Moteur de recherche –

Search Engine journal http://www.searchenginejournal.com/24-eye-popping-seo-statistics/42665/

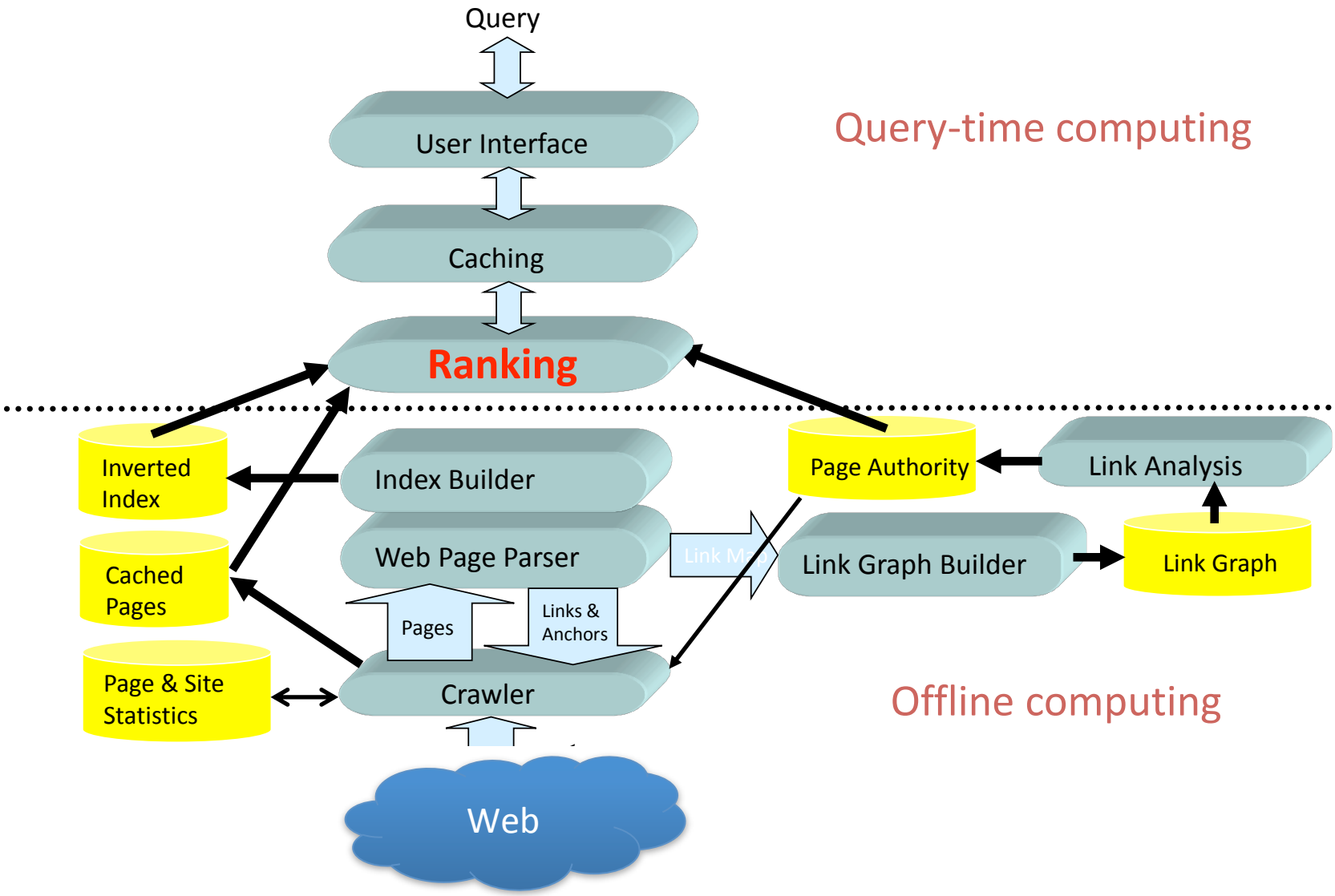
- 93% d'expériences en ligne commencent par un engin de recherche
- Plus 100 milliards de recherches globales / mois
- MarketingCharts montre que plus de 39% de consomateurs sont amenés par les engins de recherche
- Recherche (Search) est responsable de 25% d'achats d'appareils en ligne aux E.S. en 2010.
- 1.5 milliard de visiteurs en ligne en Q2 2012 (comScore)
- 70% de liens que les utilisateurs cliquent sont des résultats

Les faces visibles des moteurs de



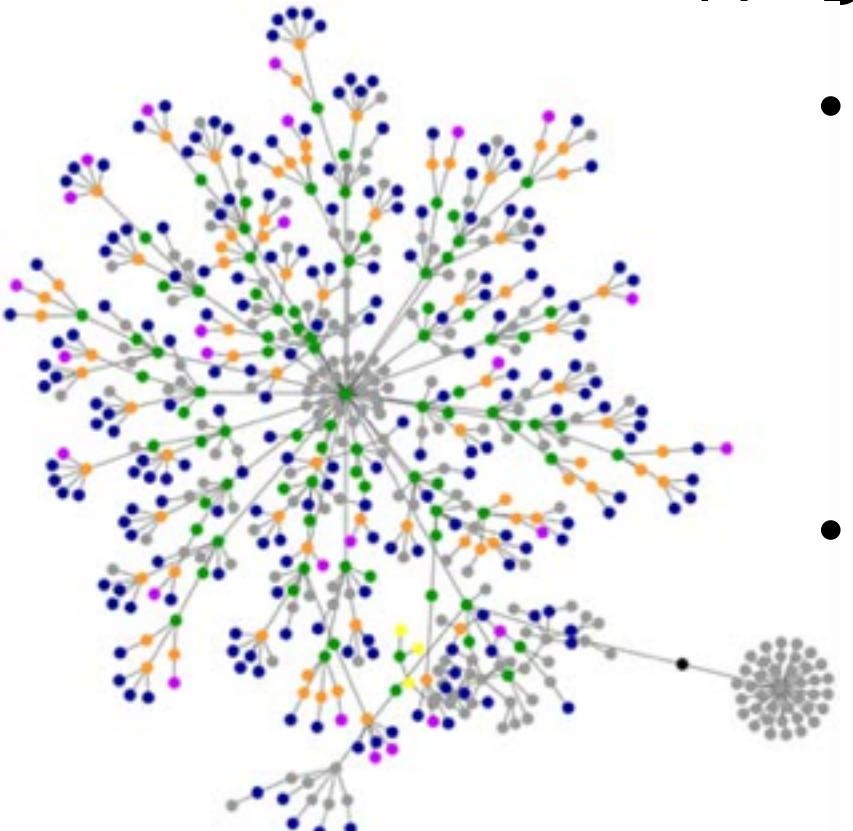


La face cachée



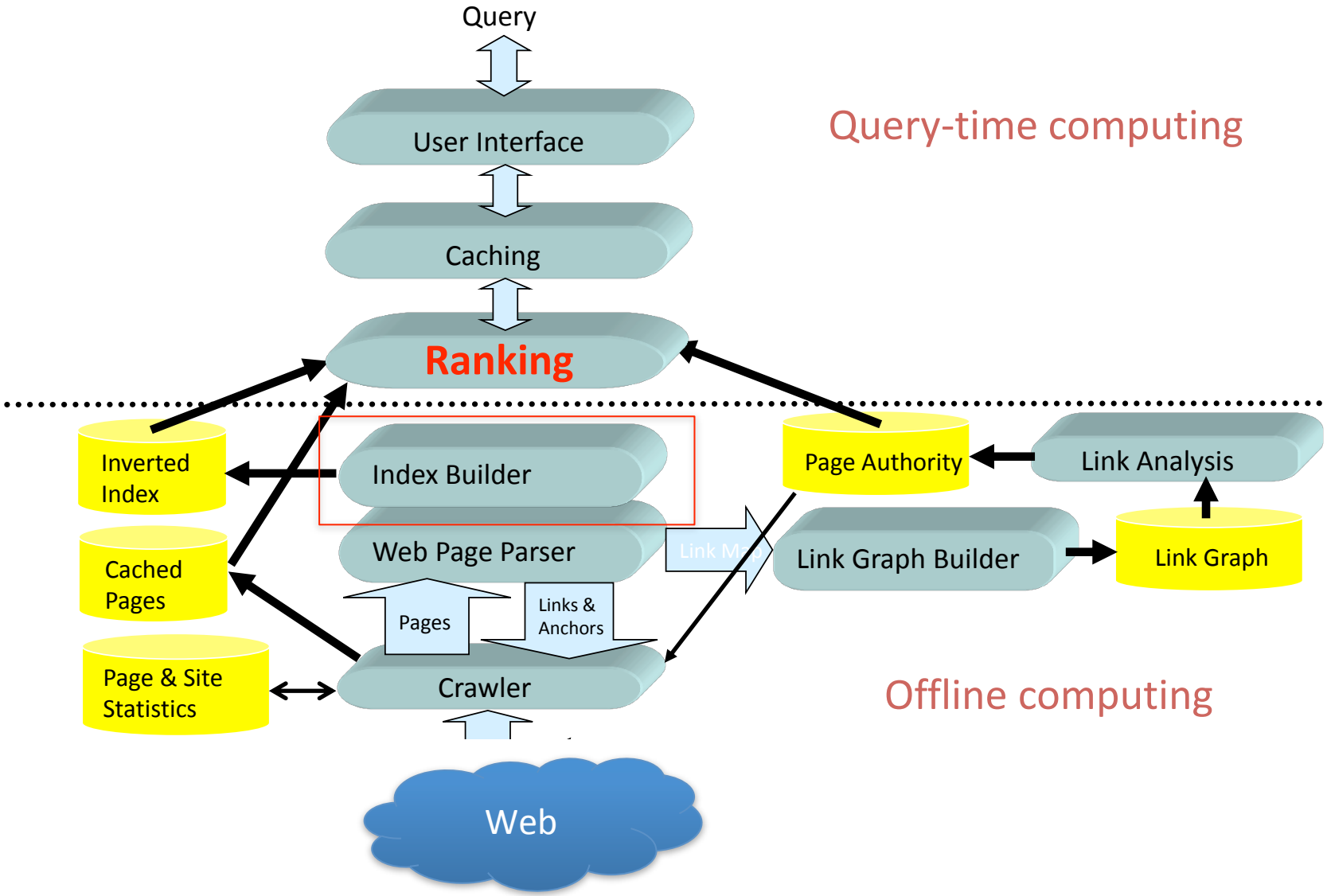
Collecter des documents - principe

- Documents “seeds”
- Explorer des hyperliens pour découvrir d’autres sites/pages



- Stratégies
  - Largeur-d’abord (couverture équilibre)
  - Prioriser des sites importants
  - …
- Taille: (Google)
  - 1 billion de pages (2008)
  - Indexe ~1 peta-octet (2012)

Ouvrons le capot



Indexer les documents

La recherche en recherche d'information est très active.

Tokenisation

La, recherche, en, recherche, d, information, est, très, active

Filtrage de mots outils

recherche, recherche, information, active

Standardisation des mots

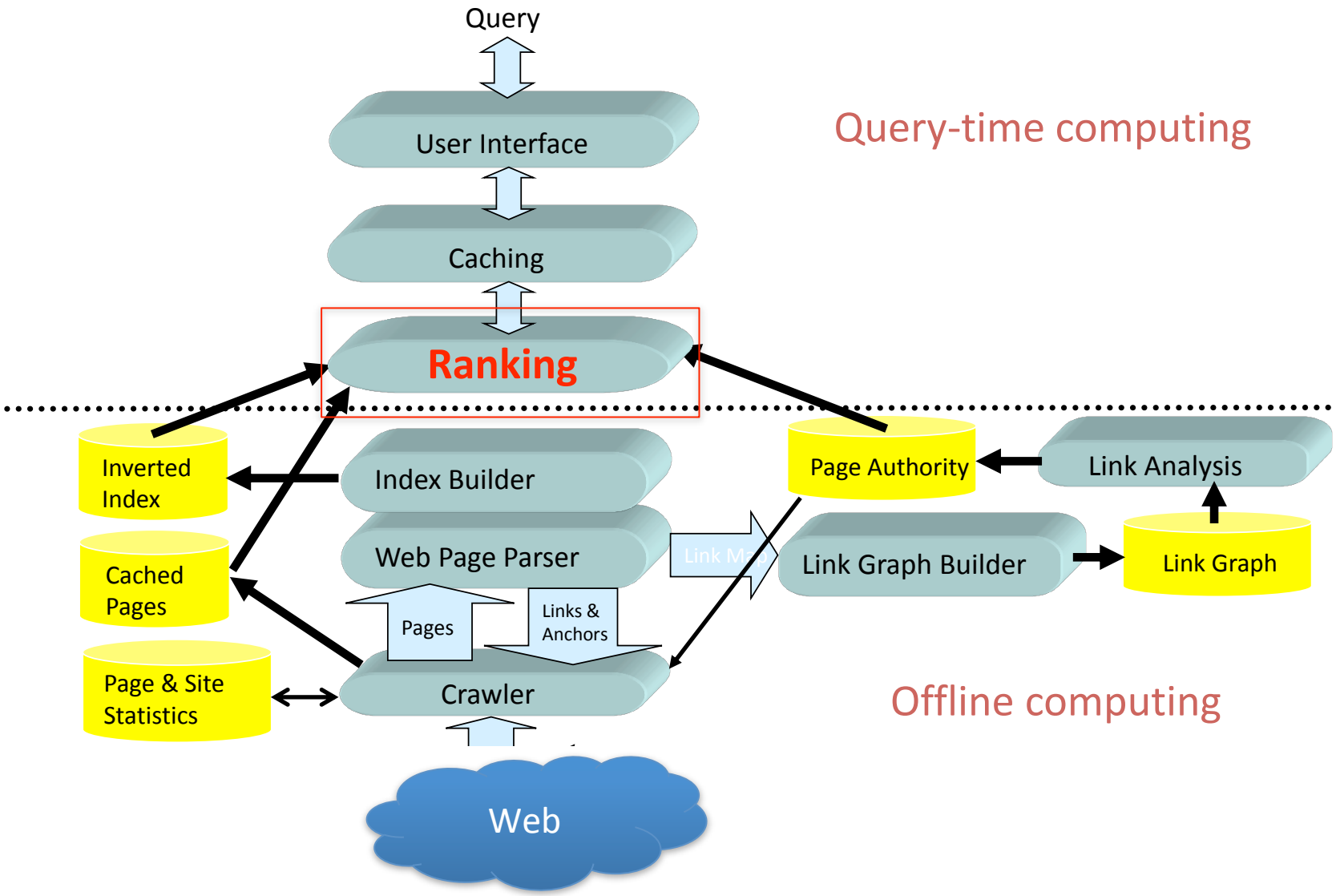
recherch, recherch, informat, actif

Créer index

recherch →{1:2 (2,4)}
informat → {1:1 (6)}
actif → {1:1 (9)}

index inversé

Ouvrons le capot



Recherche / *ranking*

- Recherche booléenne

  recherche AND information OR navigation

  recherch → 1, 2, 4, 8, 10

  informat → 1, 3, 8

  navig → 5, 6

recherch AND informat → 1, 8

recherch AND informat OR navig → 1,5,6,8

Modèle vectoriel

- Chaque mot retenu définit une dimension (~ 100K - 1 M)
- Espace vectoriel

  $<t_1, t_2, t_3, \ldots, t_n>$

- Document

  $D = < a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n>$

  a_i = poids de t_i dans D

- Requête

  $Q = < b_1, b_2, b_3, \ldots, b_n>$

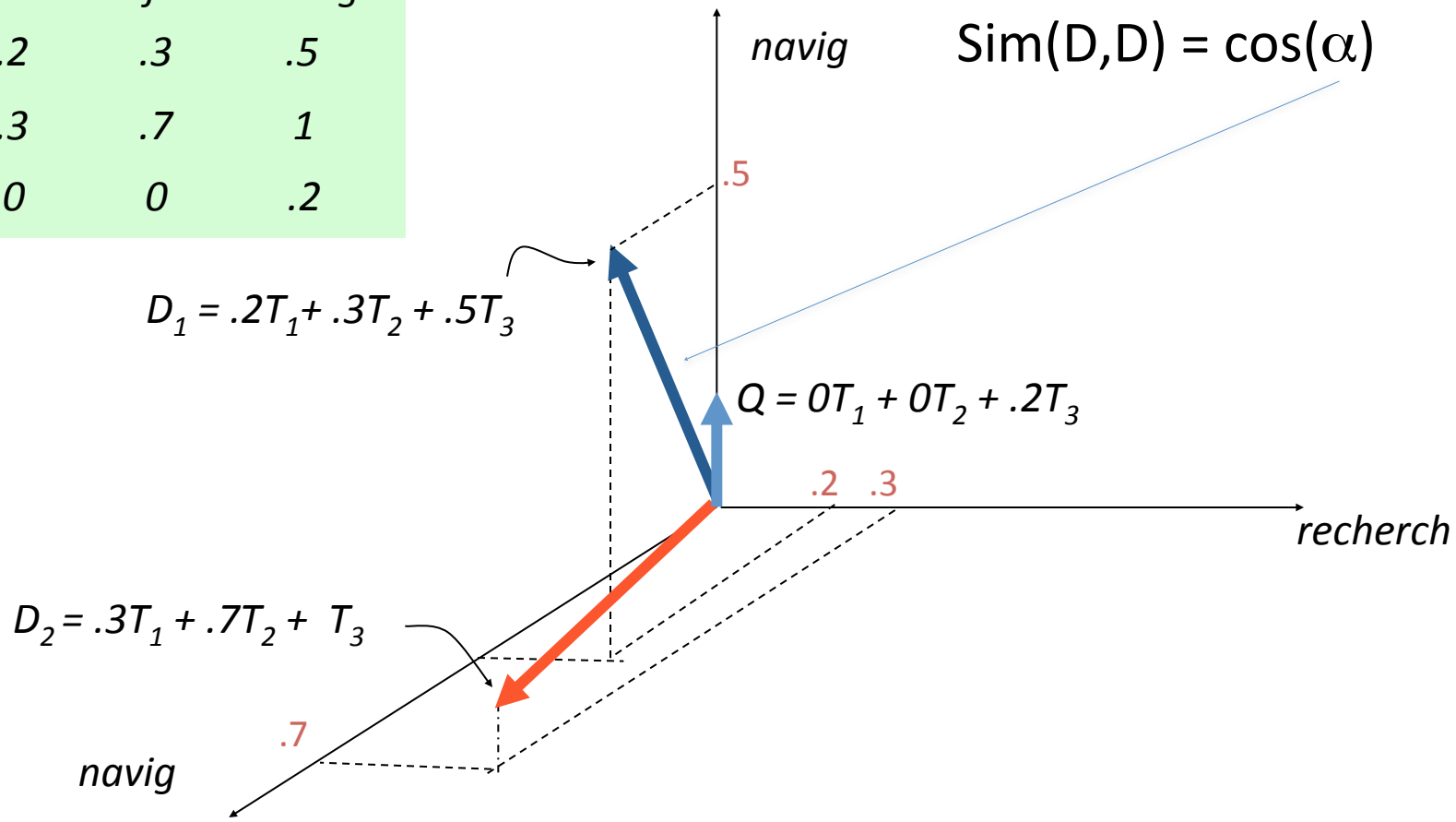
  b_i = poids de t_i dansQ

- R(D,Q) = Sim (D,Q)

Illustration

Exemple:

	recherch	*inform*	*navig*
D_1 =	.2	.3	.5
D_2 =	.3	.7	1
Q =	0	0	.2



Pondération des termes – tf*idf

tf – term frequency

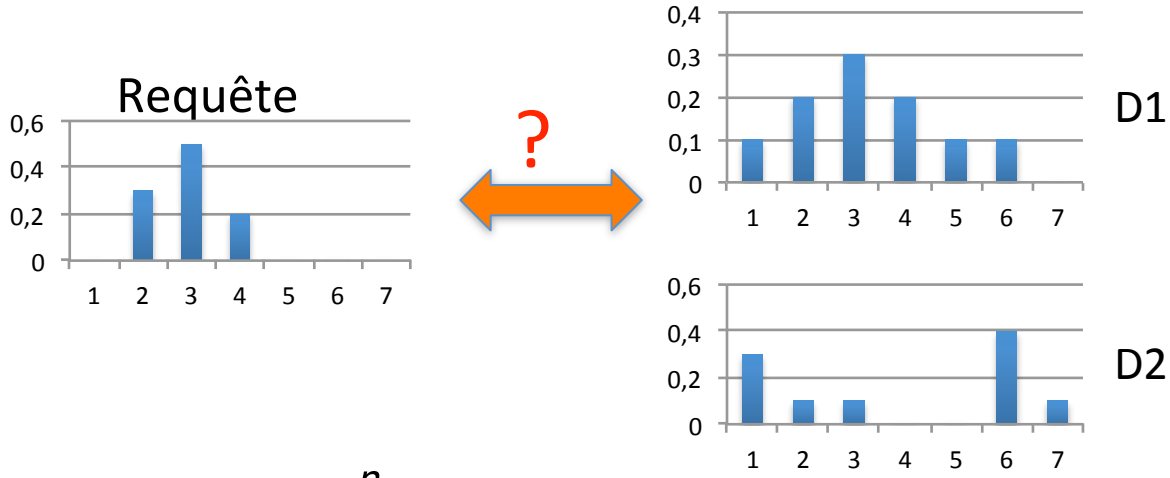
idf – inverse document frequency

Intuition:

- Plus *tf*(*t,D*) est élevée, plus *t* est important
- Plus *t* est distribué uniformément dans différents documents, moins il est important

$$tfidf(t, D) = tf(t, D)\log \frac{N}{df(t)}$$

Modèle de langue statistique



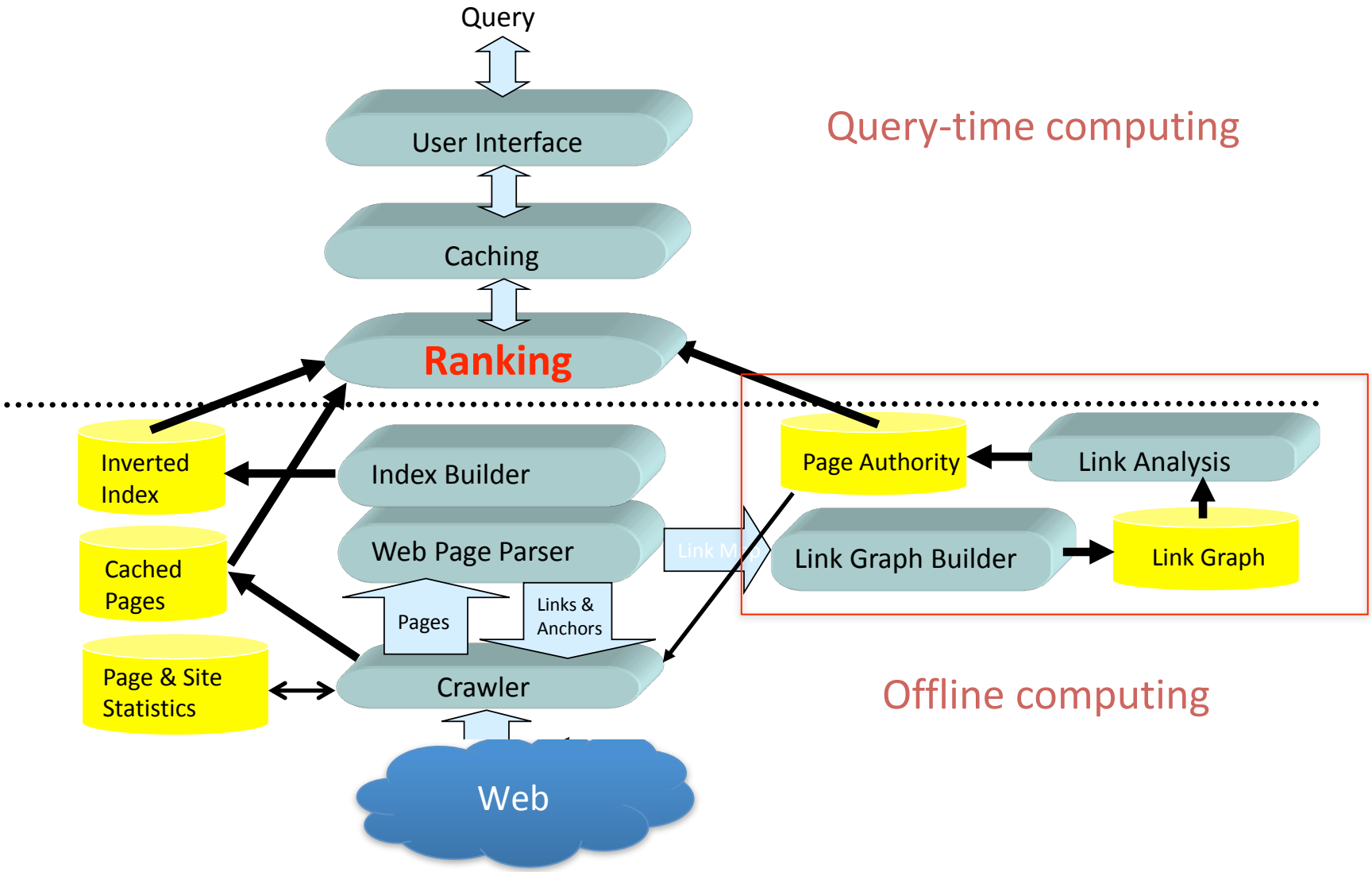
$$Score(Q,D) = \sum_{i=1}^{n} P(q_i \mid \theta_Q) * \log P(q_i \mid \theta_D)$$

Modèle de requête

Modèle de document

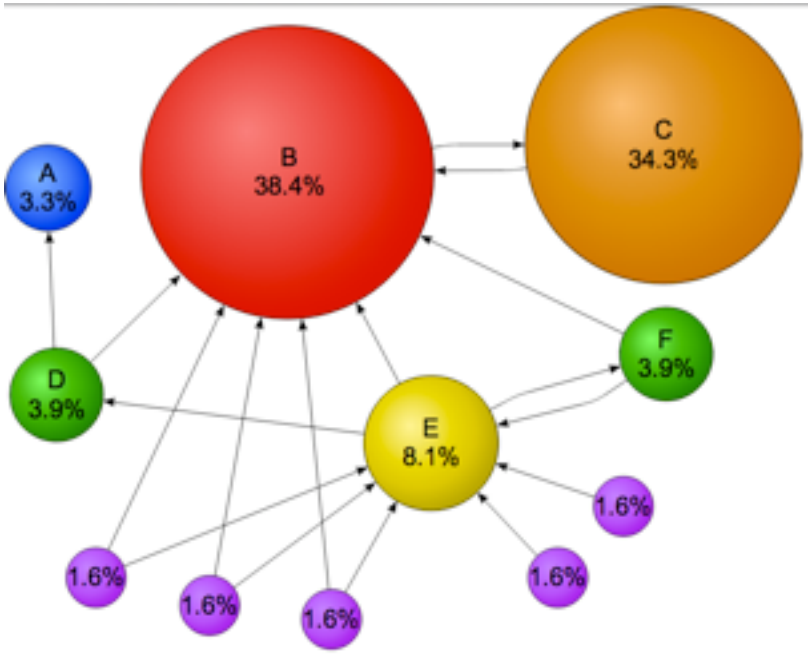
$$P(q_i \mid M_Q) = \frac{tf(q_i, Q)}{|Q|}$$

Ouvrons le capot



PageRank

- Un score « d'autorité » pour une page Web voté par les autres pages
  - Plus il y a des liens vers une page, plus cette page a d'autorité.
  - Plus les liens viennent des pages importantes, plus ce vote a d'importance



wikipedia.com

$$PR(p_i) = \frac{1-d}{N}$$

d = 0.85 damping factor

Anchor text

- Lien hypertexte venant d'une autre page (~une annotation)

… moteur de recherche …

… engin de recherche …

… voir sur wikipedia …

… recherche d'information…

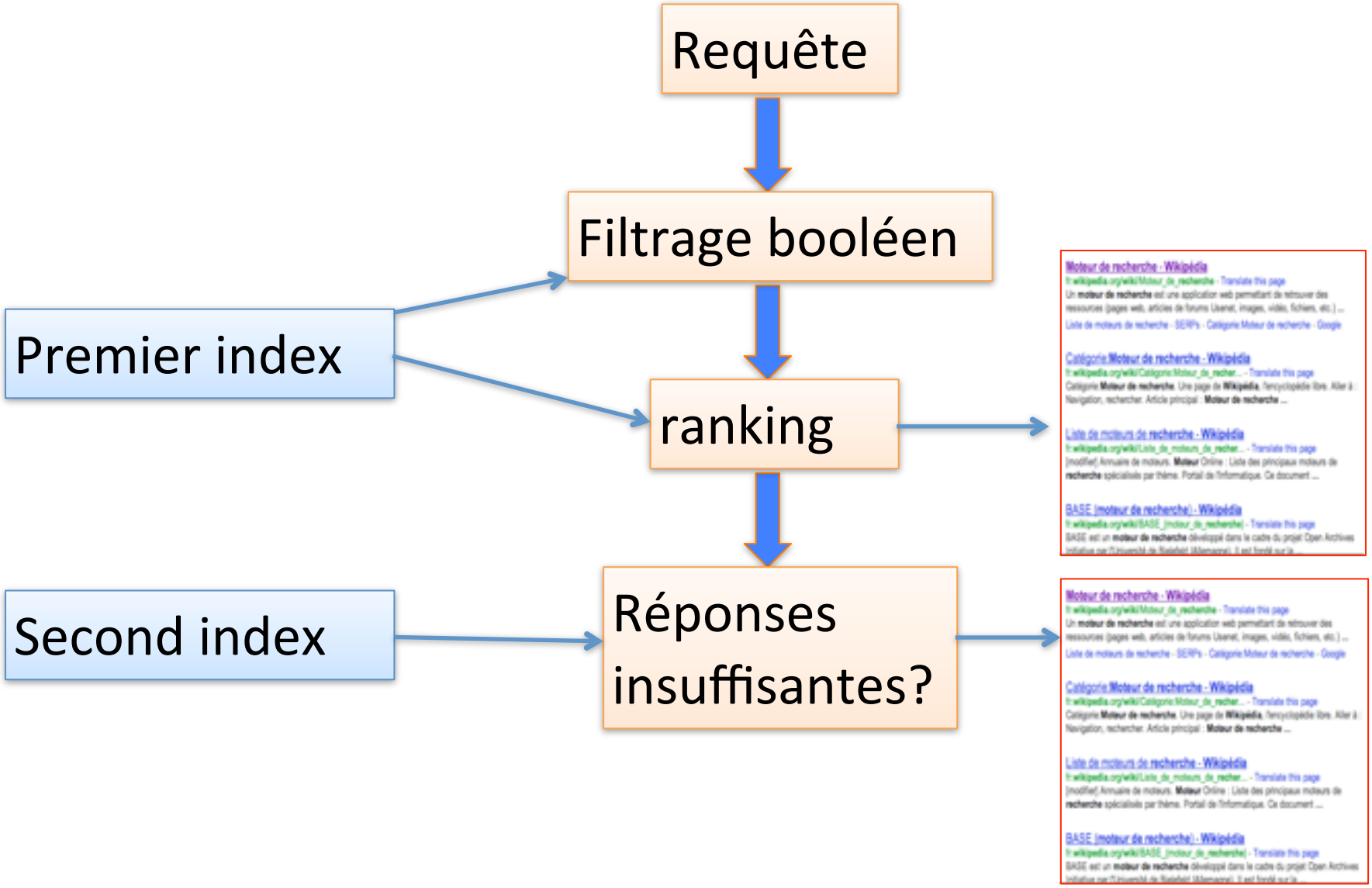
… dépistage …

… cliquer ici …

Combiner tout: *Learning to rank*

- Extraire des (milliers de) caractéristiques (features) pour Q-D
  - Poids *tf*idf* (dans le titre, corps, anchor text, …)
  - Score SIM(D,Q), Score modèle de langue, score BM25 …
  - PageRank, popularité
  - Nombre de cliques
  - … heuristiques
- Apprendre une fonction de *ranking* sur un ensemble d'exemples $\{(Q_i, D_j, score_{ij}\}$ afin d'ordonner les résultats le mieux possible

En pratique


Requête
Filtrage booléen
Premier index
ranking
Second index
Réponses insuffisantes?

Évaluation

- Évaluation par des organismes
  - Click-Through Rate (CTR) = taux de clique si présenté à l'utilisateur
- Évaluation de la qualité par des évaluateurs humains
  - Précision = documents pertinents retrouvé / retrouvés
  - Rappel = documents pertinents retrouvés / pertinents
  - Mean Average Precision (MAP) ~ Moyenne des précisions sur toutes les positions de documents pertinents
  - NDCG@k – Normalized Discounted Cumulative Gain

$$NDCG@k = Z_k^{-1} \frac{2^{v_i} - 1}{\log(i+1)}$$

v_i = valeur du résultat i

5 (parfait)
4 (excellent)
3 (très bon)
2 (bon)
1 (correct)
0 (mauvais)

Premier problème –

- Mot comme index de base
  - système d'informatique → système, informatique
  - pomme de terre → pomme, terre (?)
  - Les mots ne sont pas indépendants dans une phrase (requête)
- Des idées
  - Regrouper des syntagmes ('pomme_de_terre')
    - Dictionnaire
    - séquences de mots (n-grammes)
    - Proximité pour une plus grande flexibilité

Proximité

- Utilisée par Google: Les documents contenant des mots de la requêtes à proximité (petite distance) sont favorisés

Intégrer le critère de proximité

- Si les mots de requête apparaissent à proximité dans un document, booster son score selon la distance
- Requête = recherche information médicale

  recherche-information, information-médicale, recherche-médicale

  e.g.

  $tf(\text{recherche}, D) + \lambda\ prox(\text{recherche}, \text{mots-contexte}, D)$

  ou

  utiliser une mesure de proximité comme feature additionelle (*learning-to-rank*)

Dépendances variables

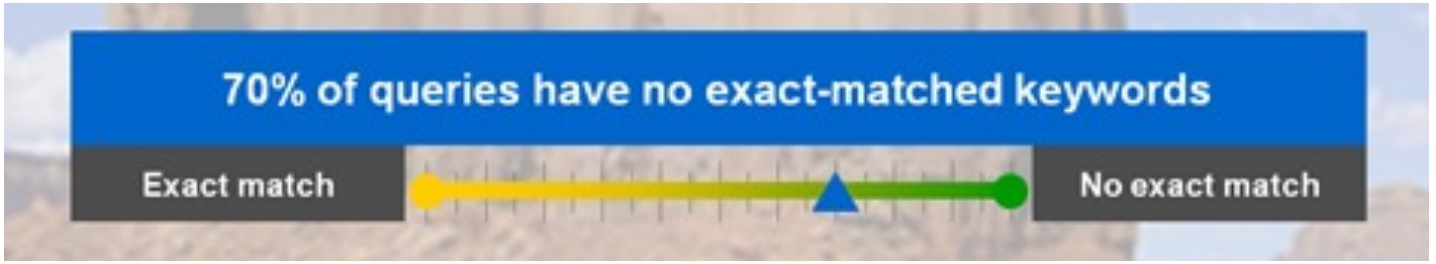
(Shi et Nie, CIKM 2010, AIRS 2010)

- Regrouper des mots: utile pour certains, mais inutile voire nuisible pour d'autres
  - Black Monday
  - Pomme de terre
  - Université de Montréal
  - Prolog input ?
  - death due to cancer ?
- Types de dépendance
  - Syntagme (côte-à-côte dans l'ordre)
  - Co-occurrence (dans proximité)

Deuxième problème – synonymes ou mots reliés

- On peut décrire une chose de multiples façons

Requête		Document
– recherche d'information	~	recherche documentaire
– computer	~	PC



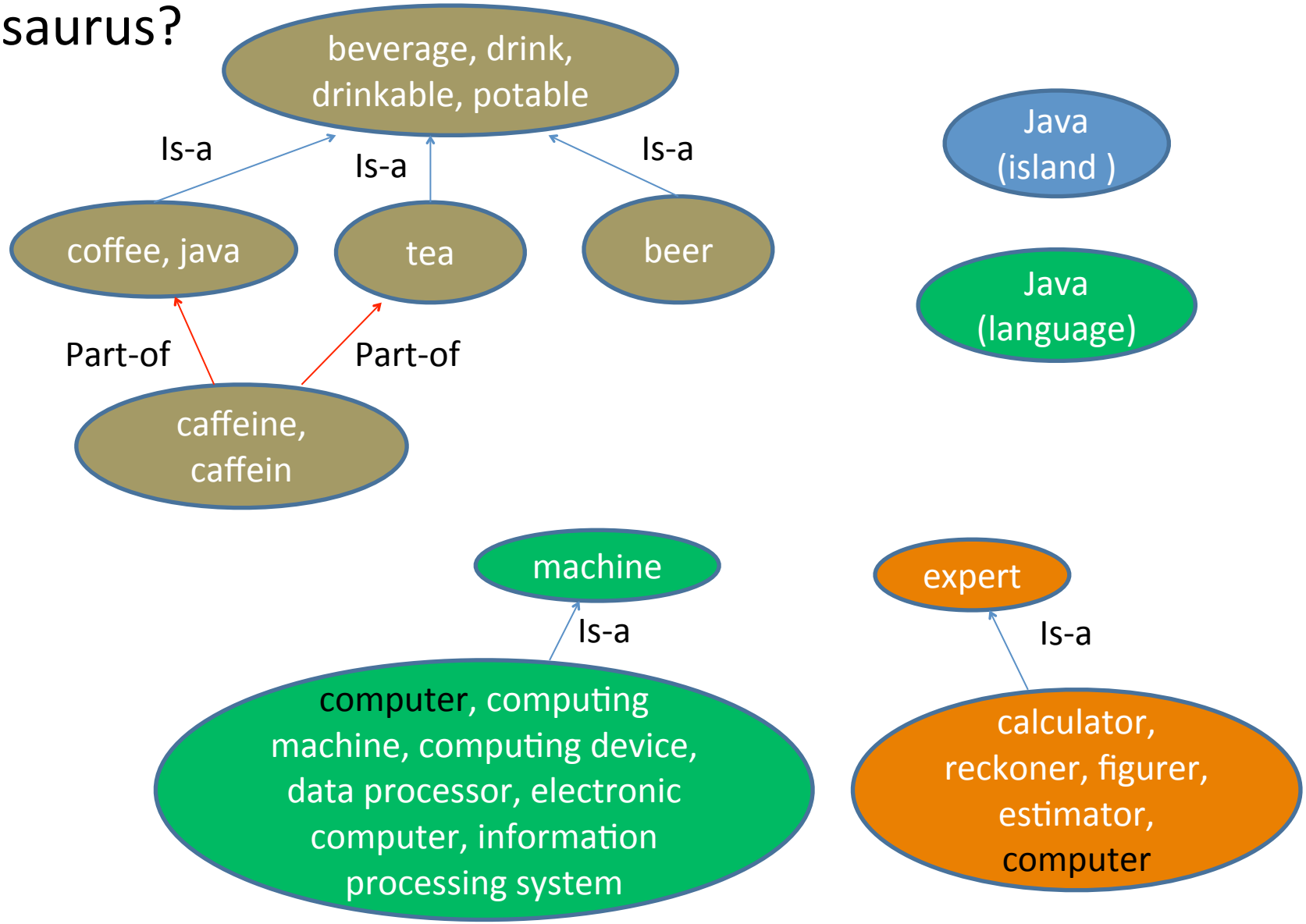
- Comment retrouver des documents pertinents avec des mots différents?

➔ Expansion: ajouter des mots reliés

– Dans le document: Expansion de document

Quels mots ajouter?

- Thésaurus?



Quels mots ajouter?

- Analyse de co-ocurrences
  - Si deux mots apparaissent ensemble souvent, ils sont sémantiquement reliés.

> L'**escouade Marteau**, bras armé de l'**Unité permanente anticorruption (UPAC)**, a procédé à l'**arrestation de 11 personnes**, jeudi, au terme d'une opération qui visait à démanteler un vaste stratagème de **collusion** qui aurait été échafaudé par **neuf entreprises de construction** de Saint-Jean-sur-Richelieu et des environs.

Escouade Marteau → anticorruption

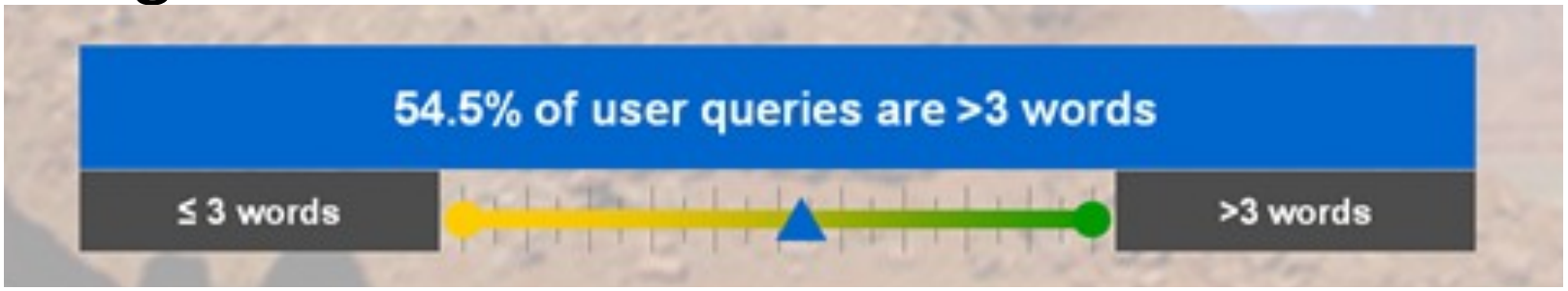
→ construction

$$P(t \mid s) = \frac{c(t,s)}{\sum_{t_i} c(t_i,s)}$$

- Méthode prouvée utile
- Mais grande ambiguïté
  - Java → coffee
  - Java → île
  - Java → langage

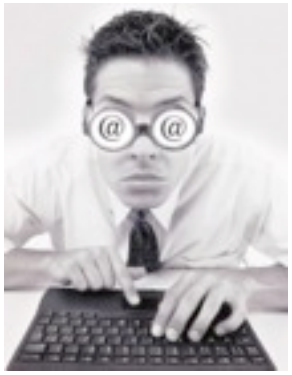
Un mot n’apparaît souvent pas seul

- Hitwise, 2011:
  - 1 word – 26.45%
  - 2 words – 23.66%
  - 3 words – 19.34%
  - 4 words – 13.17%
  - 5 words – 7.69%
  - 6 words – 4.12%
  - 7 words – 2.26%
- Google 2012



Troisième problème –

- Les utilisateurs
  - Casse-tête des moteurs de recherche: des intentions/expressions de recherche variées, imprévues et imprévisibles
  - Amis des moteurs de recherche: Ils enseignent aux moteurs de recherche comment faire (requête-cliques)
- Logs d'utilisateurs (*query logs*)
  - Stockage de toutes les interactions des utilisateurs



Query logs

[10/09 10:05:57] Query: furniture shopping [1-10]
[10/09 10:06:13] Click: [Webresult][q=furniture shopping][3]
http://www.acybermall.com/
[10/09 10:23:00] Query: hold everything [1-10]
[10/09 10:24:05] Query: hold everything catalog [1-10]
[10/09 10:24:06] Query: [Web]hold everything [11-20]
[10/09 10:24:06] Query: hold everything catalog [1-10]
[10/09 10:24:21] Query: [Web]hold everything catalog [11-20]
[10/09 10:24:41] Query: [Web]ethan allen [1-10]
[10/09 10:24:44] Click: [Webresult][q=ethan allen][1]
http://navigation.realnames.com/resolver.dll
[10/09 10:24:45] Click: [Webresult][q=ethan allen][1]
http://navigation.realnames.com/resolver.dll
[10/09 10:30:36] Query: tv media stand [1-10]
[10/09 10:30:50] Click: [Webresult][q=tv media stand][10]
http://www.gerpie.com/electronics/swivel_tv_stand.htm
[10/09 10:33:40] Query: tv furniture [1-10]
[10/09 10:34:04] Query: [Web]tv furniture [11-20]
[10/09 10:34:24] Click: [Webresult][q=tv furniture][17]
http://www.furnitureontheWeb.com/_noframe/products/p_et11nf.htm

Que cherchent les utilisateurs ?

- Une simples statistique?
  - Les requêtes les plus populaires
  - Les expressions très variées dans les requêtes

- Synonymes
- Acronymes, …
- Erreurs (>600 épellations différentes pour

Britney Spears?

488941 britney spears	29 britent spears	9 brinttany spears
40134 brittany spears	29 brittnany spears	9 britanay spears
36315 brittney spears	29 britttany spears	9 britinany spears
24342 britany spears	29 btiney spears	9 britn spears
7331 britny spears	26 birttney spears	9 britnew spears
6633 briteny spears	26 breitney spears	9 britneyn spears
2696 britteny spears	26 brinity spears	9 britrney spears
1807 briney spears	26 britenay spears	9 brtiny spears
1635 brittny spears	26 britneyt spears	9 brtittney spears
1479 brintey spears	26 brittan spears	9 brtny spears
1479 britanny spears	26 brittne spears	9 brytny spears
1338 britiny spears	26 btittany spears	9 rbitney spears
1211 britnet spears	24 beitney spears	8 birtiny spears
1096 britiney spears	24 birteny spears	8 bithney spears
991 britaney spears	24 brightney spears	8 brattany spears
991 britnay spears	24 brintiny spears	8 breitny spears
811 brithney spears	24 britanty spears	8 breteny spears
811 brtiney spears	24 britenny spears	8 brightny spears
664 birtney spears	24 britini spears	8 brintay spears
664 brintney spears	24 britnwy spears	8 brinttey spears
664 briteney spears	24 brittni spears	8 briotney spears
601 bitney spears	24 brittnie spears	8 britanys spears
601 brinty spears	21 biritney spears	8 britley spears
544 brittaney spears	21 birtany spears	8 britneyb spears
544 brittnay spears	21 biteny spears	8 britnrey spears
364 britey spears	21 bratney spears	8 britnty spears
364 brittiny spears	21 britani spears	8 brittner spears

Exploiter les logs pour connaître les

- Est-ce que 2 requêtes différentes cherchent la même chose?
  - Deux requêtes sont reliées si elles utilisent des mots identiques ou similaires
  - Deux requêtes sont reliées si elles ont amené à cliquer les mêmes documents (*co-click*)

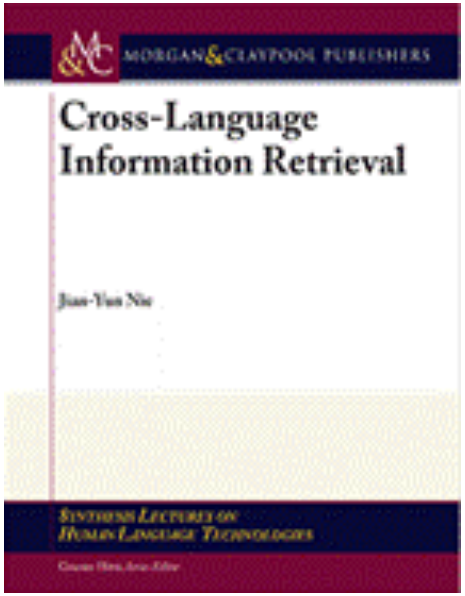
➔ combiner les 2 critères pour estimer la similarité des requêtes

➔ Regroupements les requêtes (clusters) ~

Surmonter la barrière de langue – recherche d'information tranalinguistique

- Requête en français, documents en anglais, chinois, japonais, …
- Pourquoi faire ça?
  - On n'a pas toujours les informations pertinentes dans sa langue (informations locales)
  - Recherche exhaustive (examen d'une demande de brevet)
  - Informations indépendantes de langue
  - …

Plus de détails sur la RI translinguistique



Une question de taille

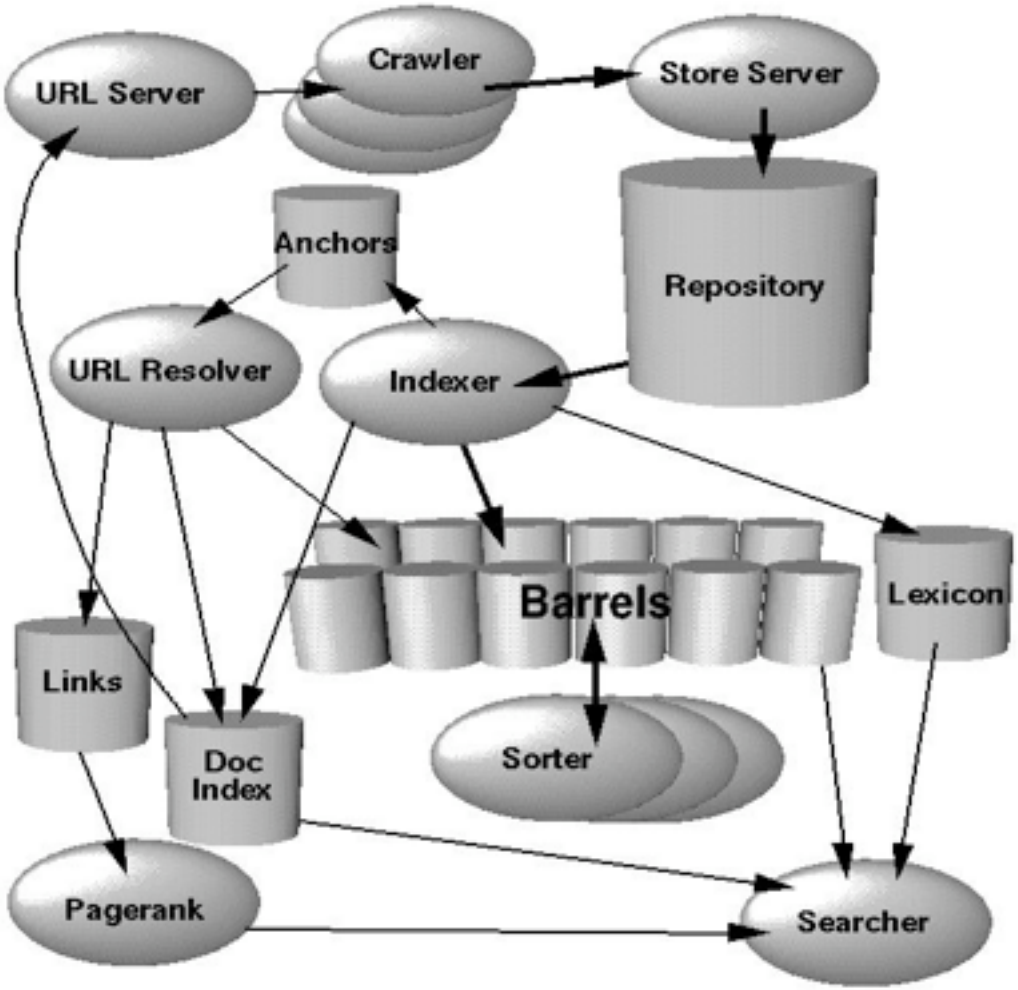
- Google
  - 1998: 25 million de pages (10^7)
  - 2000: 1 milliard (10^9)
  - 2008: 1 billion (10^{12})
  - 2012: Index de 100 peta-octets de données (10^{15} ~ ½ des documents imprimés de toute l'humanité)

Rendre ceci possible

- Google 2010: 34,000 recherches /seconde, 2 millions /minute; 121 millions /heure; 3 milliards /jour; 88 milliards /mois
- *Cloud computing*, paralélisme massif
- Google: 900 000 serveurs (estimation en 2011 selon l'électricité consommée)

Rendre ceci possible

- Google 2010: 34,000 recherches /seconde, 2 millions /minute; 121 millions /heure; 3 milliards /jour; 88 milliards /mois
-
-



n 2011 selon

Rendre ceci possible

- Google 2010: 34,000 recherches /seconde, 2 millions /minute; 121 millions /heure; 3 milliards /jour; 88 milliards /mois
- *Cloud computing*, paralélisme massif
- Google: 900 000 serveurs (estimation en 2011 selon l'électricité consommée)

Vaut-il la peine de continuer à investir

- La valeur de l'industry de moteur de recherche est estimée à 16 milliard $.
- Google:
  - Revenue 2011: 37.9 milliard $
  - Profit: 9.7 milliard $
  - 96% du revenue: publicités

Vaut-il la peine de continuer à investir

- La valeur de l'industry de moteur de recherche est estimée à 16 milliard $.
- Google:
  - Revenue 2011: 37.9 milliard $
  - Profit: 9.7 milliard $
  - 96% du revenue: publicités
- Q2 2012:
  - Pub on ligne: 8.4 milliard $ (Interactive Advertising Bureau)
  - … encore 95% de budgets pour les pub. pour les média traditionnels
  - Recherche (search) a un taux de conclusion (close rate) 14.6%, tandis que les méthodes *outbound* (email ou pub

Vaut-il la peine de continuer à investir

- La valeur de l'industry de moteur de recherche est estimée à 16 milliard $.
- Google:
  - Revenue 2011: 37.9 milliard $
  - Profit: 9.7 milliard $
  - 96% du revenue: publicités
- Q2 2012:
  - Pub on ligne: 8.4 milliard $ (Interactive Advertising Bureau)
  - … encore 95% de budgets pour les pub. pour les média traditionnels
  - Recherche (search) a un taux de conclusion (close rate) 14.6%, tandis que les méthodes *outbound* (email ou pub

Vaut-il la peine de continuer à investir

- La va
  estim
- Goog
  - Re
  - Pr
  - 96% du revenue: publicités
- Q2 2012:
  - Pub on ligne: 8.4 milliard $ (Interactive Advertising Bureau)
  - … encore 95% de budgets pour les pub. pour les média traditionnels
  - Recherche (search) a un taux de conclusion (close rate) 14.6%, tandis que les méthodes *outbound* (email ou pub

Encore beaucoup de chemin à faire pour satisfaire les utilisateurs

Vaut-il la peine de continuer à investir

- La va
  estim
- Goog
  - Re
  - Pr
  - 96%
- Q2 2
  - Pub on ligne: 8.4 milliard $ (Interactive Advertising Bureau)
  - … encore 95% de budgets pour les pub. pour les média traditionnels
  - Recherche (search) a un taux de conclusion (close rate) 14.6%, tandis que les méthodes *outbound* (email ou pub

Encore beaucoup de chemin à faire pour satisfaire les utilisateurs

L'avenir est devant nous!