

Chapitre 2 - Le modèle relationnel de données

1 Le modèle relationnel

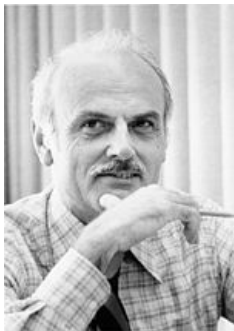
- Introduction
- Les relations
- Définitions et Notations
- Contraintes
- Spécification d'un schéma de relations

Un peu de culture

Le Modèle Relationnel de Données...

- A été introduit en 1970 par Ted Codd,
- Est attractif grâce à sa simplicité et ses fondements mathématiques,
- Utilise le concept de relation mathématique pour modéliser l'information,
- Ne peut pas être ignoré à cause de sa popularité.

Ted Codd (1923 - 2003)



https://en.wikipedia.org/wiki/Edgar_F._Codd

Origine de SQL



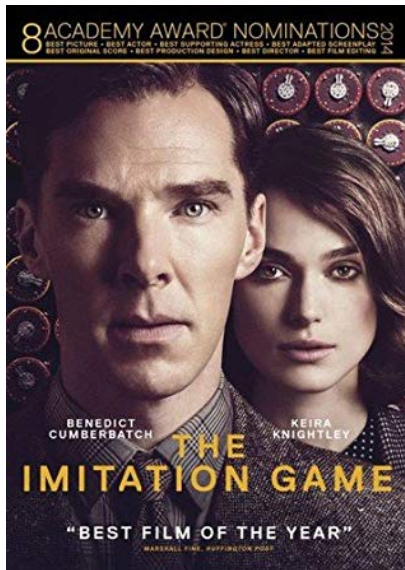
Origine de SQL



Ted Codd reçoit le Prix Turing en 1981



Ted Codd reçoit le Prix Turing en 1981



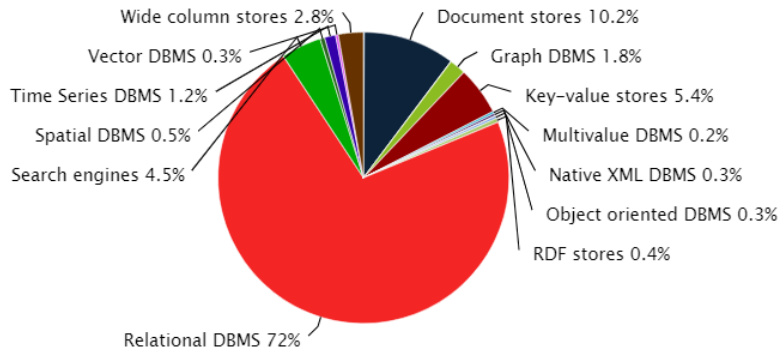
Jennifer Widom (1960 -) - Database systems



Quatre livres de référence sur les systèmes de bases de données. Stanford Database - MOOC

source : https://en.wikipedia.org/wiki/Jennifer_Widom

Polularité des Modèles de Bases de Données



© 2024, DB-Engines.com

source : https://db-engines.com/en/ranking_categories

Vocabulaire

- Une TABLE = une RELATION
- On pourra faire référence à un attribut d'une relation en utilisant la notation : Relation.Attribut

Colonne/Attribut
(nom et type)

Schéma de la relation

Extension de la relation

R1 (Cours, Etudiant, Professeur)		
COURS	ETUDIANT	PROFESSEUR
BD	Lulu	Michel
BD	Riri	Michel
BD	Fifi	Michel
PROG	Lulu	Roland
PROG	Toto	Roland
Droit	Lulu	Roland
Droit	Zoé	Roland
Droit	Toto	Roland

Ligne/Enregistrement/N-uplet

Valeur

Premières Observations

- 1 Une base de données est constituée d'un **ensemble de relations**
- 2 Chaque **relation** contient les données relatives à des **entités de même nature**
- 3 Chaque **ligne** d'une relation reprend les **données relatives à une entité**
- 4 Les **lignes** d'une relation sont **distinctes**
- 5 Chaque **colonne** d'une relation décrit une **propriété commune des entités**
- 6 On évite de stocker les informations qui peuvent être calculées

Opérations sur les relations

Interroger des relations

<i>Employees</i>	firstname	salary	address	dept
	John	120	Randwick	Toys
	Mary	130	Wollongong	Furniture
	Peter	110	Randwick	Garden
	Tom	120	Botany Bay	Toys

- **Projection** : Quels sont les noms de rayon ?
- **Sélection** : Donner les employés qui gagnent plus ou égal à 120
- **Sélection + projection** : Quelle est l'adresse de Tom ?
- **Agrégation** : Combien d'employés travaillent au rayon Toys ?

Opérations sur les relations

Interroger des relations

<i>Employees</i>	firstname	salary	address	dept
	John	120	Randwick	Toys
	Mary	130	Wollongong	Furniture
	Peter	110	Randwick	Garden
	Tom	120	Botany Bay	Toys

- **Projection** : Quels sont les noms de rayon ?
 $Employees[dept] \rightarrow \{<Toys>, <Furniture>, <Garden>\}$
- **Sélection** : Donner les employés qui gagnent plus ou égal à 120
- **Sélection + projection** : Quelle est l'adresse de Tom ?
- **Agrégation** : Combien d'employés travaillent au rayon Toys ?

Opérations sur les relations

Interroger des relations

Employees

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	130	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys

- **Projection** : Quels sont les noms de rayon ?
 $Employees[dept] \rightarrow \{ \langle Toys \rangle, \langle Furniture \rangle, \langle Garden \rangle \}$
- **Sélection** : Donner les employés qui gagnent plus ou égal à 120
 $Employees:salary \geq 120 \rightarrow \{ \langle John, 120, Randwick, Toys \rangle, \langle Mary, 130, Wollongong, Furniture \rangle, \langle Tom, 120, Botany Bay, Toys \rangle \}$
- **Sélection + projection** : Quelle est l'adresse de Tom ?
- **Agrégation** : Combien d'employés travaillent au rayon Toys ?

Opérations sur les relations

Interroger des relations

Employees

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	130	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys

- **Projection** : Quels sont les noms de rayon ?
 $Employees[dept] \rightarrow \{ \langle \text{Toys} \rangle, \langle \text{Furniture} \rangle, \langle \text{Garden} \rangle \}$
- **Sélection** : Donner les employés qui gagnent plus ou égal à 120
 $Employees:salary \geq 120 \rightarrow \{ \langle \text{John}, 120, \text{Randwick}, \text{Toys} \rangle, \langle \text{Mary}, 130, \text{Wollongong}, \text{Furniture} \rangle, \langle \text{Tom}, 120, \text{Botany Bay}, \text{Toys} \rangle \}$
- **Sélection + projection** : Quelle est l'adresse de Tom ?
 $Employees:firstname = 'Tom'[address] \rightarrow \{ \langle \text{Botany Bay} \rangle \}$
- **Agrégation** : Combien d'employés travaillent au rayon Toys ?

Opérations sur les relations

Interroger des relations

Employees

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	130	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys

- **Projection** : Quels sont les noms de rayon ?
 $Employees[dept] \rightarrow \{ \langle Toys \rangle, \langle Furniture \rangle, \langle Garden \rangle \}$
- **Sélection** : Donner les employés qui gagnent plus ou égal à 120
 $Employees:salary \geq 120 \rightarrow \{ \langle John, 120, Randwick, Toys \rangle, \langle Mary, 130, Wollongong, Furniture \rangle, \langle Tom, 120, Botany Bay, Toys \rangle \}$
- **Sélection + projection** : Quelle est l'adresse de Tom ?
 $Employees:firstname = 'Tom'[address] \rightarrow \{ \langle Botany Bay \rangle \}$
- **Agrégation** : Combien d'employés travaillent au rayon Toys ? $\rightarrow \{ \langle 2 \rangle \}$

Mettre à jour une relation

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	130	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys

- Le salaire de Mary a augmenté de 10%

Mettre à jour une relation

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	130	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys

- Le salaire de Mary a augmenté de 10%
- Phil est maintenant employé au magasin, son salaire est 140, il est affecté au rayon Furniture, son adresse est à Newtown.

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	143	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys
Phil	140	Newtown	Furniture

Ajouter un nouveau type d'information

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	143	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys
Phil	140	Newtown	Furniture

Chaque rayon est dirigé par un employé

Ajouter un nouveau type d'information

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	143	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys
Phil	140	Newtown	Furniture

Chaque rayon est dirigé par un employé

Deux solutions..... ajouter une(des) colonne(s)
ajouter une(des) relation(s)

Ajouter une colonne (#1) :

- Ajouter une marque pour chaque employé

firstname	boss	salary	address	dept
John	yes	120	Randwick	Toys
Mary	yes	143	Wollongong	Furniture
Peter	yes	110	Randwick	Garden
Tom	no	120	Botany Bay	Toys
Phil	no	140	Newtown	Furniture

Dur à lire et à décoder ...

Ajouter une colonne (#2) :

- Ajouter un nom de chef à chaque rayon

firstname	salary	address	dept	boss
John	120	Randwick	Toys	John
Mary	143	Wollongong	Furniture	Mary
Peter	110	Randwick	Garden	Peter
Tom	120	Botany Bay	Toys	John
Phil	140	Newtown	Furniture	Mary

*Redondance des données...et problématique de maintient de la coherence
"John est le chef du rayon Toys" est dit deux fois*

Ajouter une relation

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	130	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys

boss	dept
John	Toys
Mary	Furniture
Peter	Garden

*Les requêtes sont un peu plus compliquées ...
"Donner le salaire du chef du rayon Toys"*

Ensemble : définition et quelques opérations

- Un **ensemble** est une collection d'éléments (entre accolades) différents deux à deux et reliés à un domaine particulier.

$A = \{ \text{'Furniture'}, \text{'Toys'}, \text{'Garden'} \}$

$F = \{ p \in \text{ThePersons} : \text{Sexe}(p) = \text{'female'} \}$

Ensemble : définition et quelques opérations

- Un **ensemble** est une collection d'éléments (entre accolades) différents deux à deux et reliés à un domaine particulier.
 $A = \{ \text{'Furniture'}, \text{'Toys'}, \text{'Garden'} \}$
 $F = \{ p \in \text{ThePersons} : \text{Sexe}(p) = \text{'female'} \}$
- **Appartenance** : $3 \in \{1, 3, 5, 6\}, 8 \notin \{1, 3, 5, 6\}$

- **Produit cartésien** d'ensembles (noté \times) :
 $\{1, 6, 3, 5\} \times \{'Furniture', 'Toys', 'Garden'\} =$
 $\{ \langle 1, 'Furniture' \rangle, \langle 1, 'Toys' \rangle, \langle 1, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 3, 'Furniture' \rangle, \langle 3, 'Toys' \rangle, \langle 3, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 5, 'Furniture' \rangle, \langle 5, 'Toys' \rangle, \langle 5, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 6, 'Furniture' \rangle, \langle 6, 'Toys' \rangle, \langle 6, 'Garden' \rangle \}$

- **Produit cartésien** d'ensembles (noté \times) :
 $\{1, 6, 3, 5\} \times \{'Furniture', 'Toys', 'Garden'\} =$
 $\{ \langle 1, 'Furniture' \rangle, \langle 1, 'Toys' \rangle, \langle 1, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 3, 'Furniture' \rangle, \langle 3, 'Toys' \rangle, \langle 3, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 5, 'Furniture' \rangle, \langle 5, 'Toys' \rangle, \langle 5, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 6, 'Furniture' \rangle, \langle 6, 'Toys' \rangle, \langle 6, 'Garden' \rangle \}$
- **Intersection** : $\{1, 3, 5, 6\} \cap \{10, 5, 3, 9\} = \{5, 3\}$

- **Produit cartésien** d'ensembles (noté \times) :
 $\{1, 6, 3, 5\} \times \{'Furniture', 'Toys', 'Garden'\} =$
 $\{ \langle 1, 'Furniture' \rangle, \langle 1, 'Toys' \rangle, \langle 1, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 3, 'Furniture' \rangle, \langle 3, 'Toys' \rangle, \langle 3, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 5, 'Furniture' \rangle, \langle 5, 'Toys' \rangle, \langle 5, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 6, 'Furniture' \rangle, \langle 6, 'Toys' \rangle, \langle 6, 'Garden' \rangle \}$
- **Intersection** : $\{1, 3, 5, 6\} \cap \{10, 5, 3, 9\} = \{5, 3\}$
- **Union** :
 $\{1, 3, 5, 6\} \cup \{10, 5, 3, 9\} = \{1, 5, 3, 6, 10, 9\}$

- **Produit cartésien** d'ensembles (noté \times) :
 $\{1, 6, 3, 5\} \times \{'Furniture', 'Toys', 'Garden'\} =$
 $\{ \langle 1, 'Furniture' \rangle, \langle 1, 'Toys' \rangle, \langle 1, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 3, 'Furniture' \rangle, \langle 3, 'Toys' \rangle, \langle 3, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 5, 'Furniture' \rangle, \langle 5, 'Toys' \rangle, \langle 5, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 6, 'Furniture' \rangle, \langle 6, 'Toys' \rangle, \langle 6, 'Garden' \rangle \}$
- **Intersection** : $\{1, 3, 5, 6\} \cap \{10, 5, 3, 9\} = \{5, 3\}$
- **Union** :
 $\{1, 3, 5, 6\} \cup \{10, 5, 3, 9\} = \{1, 5, 3, 6, 10, 9\}$
- **Différence** (asymétrique) :
 $\{1, 3, 5, 6\} - \{10, 5, 3, 9\} = \{1, 6\}$
 $\{10, 5, 3, 9\} - \{1, 3, 5, 6\} = \{10, 9\}$

- **Produit cartésien** d'ensembles (noté \times) :
 $\{1, 6, 3, 5\} \times \{'Furniture', 'Toys', 'Garden'\} =$
 $\{ \langle 1, 'Furniture' \rangle, \langle 1, 'Toys' \rangle, \langle 1, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 3, 'Furniture' \rangle, \langle 3, 'Toys' \rangle, \langle 3, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 5, 'Furniture' \rangle, \langle 5, 'Toys' \rangle, \langle 5, 'Garden' \rangle,$
 $\langle 6, 'Furniture' \rangle, \langle 6, 'Toys' \rangle, \langle 6, 'Garden' \rangle \}$
- **Intersection** : $\{1, 3, 5, 6\} \cap \{10, 5, 3, 9\} = \{5, 3\}$
- **Union** :
 $\{1, 3, 5, 6\} \cup \{10, 5, 3, 9\} = \{1, 5, 3, 6, 10, 9\}$
- **Différence** (asymétrique) :
 $\{1, 3, 5, 6\} - \{10, 5, 3, 9\} = \{1, 6\}$
 $\{10, 5, 3, 9\} - \{1, 3, 5, 6\} = \{10, 9\}$
- **Inclusion** :
 $\{ \} \subseteq \{10, 5, 3, 9\}$ ($\{ \}$ est aussi noté \emptyset)
 $\{9, 10\} \subseteq \{10, 5, 3, 9\}$
 $\{9, 10\} \subset \{10, 5, 3, 9\}$
 $\{9, 10, 3, 5\} \not\subseteq \{10, 5, 3, 9\}$
 $\{1, 9, 10, 3, 5, 7\} \not\subseteq \{10, 5, 3, 9\}$

Question

Produit Cartésien:

$$\{1, 3\} \times \{2, 1\} =$$

- A. $\{ \langle 1, 2 \rangle, \langle 1, 1 \rangle, \langle 3, 2 \rangle, \langle 3, 1 \rangle \}$
- B. $\{ \langle 1, 2 \rangle, \langle 3, 1 \rangle \}$
- C. $\{ \langle 1, 3, 2, 1 \rangle \}$

Question

Produit Cartésien:

$$\{1, 3\} \times \{2, 1\} = \{ \langle 1, 2 \rangle, \langle 1, 1 \rangle, \langle 3, 2 \rangle, \langle 3, 1 \rangle \}$$

- A. $\{ \langle 1, 2 \rangle, \langle 1, 1 \rangle, \langle 3, 2 \rangle, \langle 3, 1 \rangle \}$
- B. $\{ \langle 1, 2 \rangle, \langle 3, 1 \rangle \}$
- C. $\{ \langle 1, 3, 2, 1 \rangle \}$

Question

Intersection: $\{1, 2, 5, 7\} \cap \{5, 3, 1\} =$

- A. $\{1, 2, 5, 7, 3\}$
- B. $\{2, 7\}$
- C. $\{1, 5\}$

Question

Intersection: $\{1, 2, 5, 7\} \cap \{5, 3, 1\} = \{1, 5\}$

- A. $\{1, 2, 5, 7, 3\}$
- B. $\{2, 7\}$
- C. $\{1, 5\}$

Question

Union: $\{2, 1, 4, 7\} \cup \{1, 5, 3\} =$

- A. $\{2, 4, 7\}$
- B. $\{1\}$
- C. $\{2, 1, 4, 7, 5, 3\}$

Question

Union: $\{2, 1, 4, 7\} \cup \{1, 5, 3\} = \{2, 1, 4, 7, 5, 3\}$

- A. $\{2, 4, 7\}$
- B. $\{1\}$
- C. $\{2, 1, 4, 7, 5, 3\}$

Question

Minus (asymétrique):

$$\{1, 2, 5, 7\} - \{5, 3, 1\} =$$

A. $\{2, 7, 3\}$

B. $\{2, 7\}$

C. $\{3\}$

Question

Minus (asymétrique):

$$\{1, 2, 5, 7\} - \{5, 3, 1\} = \{2, 7\}$$

A. $\{2, 7, 3\}$

B. $\{2, 7\}$

C. $\{3\}$

Question

Inclusion:

$\{2, 1, 4, 7\} \subset \{7, 2, 1, 4\}$ (Vrais ou Faux?)

$\{4, 2\} \not\subset \{7, 2, 1, 4\}$ (Vrais ou Faux?)

- A. Vrais et Vrais
- B. Faux et Vrais
- C. Faux et Faux

Question

Inclusion:

$\{2, 1, 4, 7\} \subset \{7, 2, 1, 4\}$ (Vrais ou Faux?) F

$\{4, 2\} \not\subset \{7, 2, 1, 4\}$ (Vrais ou Faux?) F

- A. Vrais et Vrais
- B. Faux et Vrais
- C. Faux et Faux

Domaine, Relation, Attribut, Schéma

- Un **domaine** est un ensemble de valeurs atomiques (chaînes, nombres,...). {'Furniture', 'Toys', 'Garden'}, entiers > 100

Domaine, Relation, Attribut, Schéma

- Un **domaine** est un ensemble de valeurs atomiques (chaînes, nombres,...). $\{ \text{'Furniture'}, \text{'Toys'}, \text{'Garden'} \}$, entiers > 100
- Une **relation** est un sous-ensemble du produit cartésien d'un ensemble de domaines.
 $\{ \langle \text{'John'}, 120 \rangle, \langle \text{'Mary'}, 130 \rangle, \langle \text{'Peter'}, 110 \rangle, \langle \text{'Tom'}, 120 \rangle \} \subseteq \{ \text{'John'}, \text{'Mary'}, \text{'Peter'}, \text{'Tom'} \} \times \text{entiers} > 100$

Domaine, Relation, Attribut, Schéma

- Un **domaine** est un ensemble de valeurs atomiques (chaînes, nombres,...). $\{ \text{'Furniture'}, \text{'Toys'}, \text{'Garden'} \}$, entiers > 100
- Une **relation** est un sous-ensemble du produit cartésien d'un ensemble de domaines.
 $\{ \langle \text{'John'}, 120 \rangle, \langle \text{'Mary'}, 130 \rangle, \langle \text{'Peter'}, 110 \rangle, \langle \text{'Tom'}, 120 \rangle \} \subseteq \{ \text{'John'}, \text{'Mary'}, \text{'Peter'}, \text{'Tom'} \} \times \text{entiers} > 100$
- Un **attribut** indique le rôle joué par un domaine dans une relation. $\text{domaine}(\text{Salary}) = \text{entiers} > 100$

Domaine, Relation, Attribut, Schéma

- Un **domaine** est un ensemble de valeurs atomiques (chaînes, nombres,...). $\{'Furniture', 'Toys', 'Garden'\}$, entiers > 100
- Une **relation** est un sous-ensemble du produit cartésien d'un ensemble de domaines.
 $\{<'John', 120>, <'Mary', 130>, <'Peter', 110>, <'Tom', 120>\} \subseteq \{'John', 'Mary', 'Peter', 'Tom'\} \times \text{entiers} > 100$
- Un **attribut** indique le rôle joué par un domaine dans une relation. $\text{domaine}(\text{Salary}) = \text{entiers} > 100$
- La structure de la relation (**schéma**) est donnée par son nom et par un ensemble d'attributs. *Employees (firstname, salary, address, dept)*

L'**interprétation** ou **spécification** d'une relation est un prédicat :

Employees (firstname, salary, address, dept)

/ $\langle n, s, a, d \rangle \in \text{Employees} \iff$ l'employé identifié par son nom n gagne un salaire s . Il habite à l'adresse a et est affecté au rayon d . */*

Le prédicat est utile pour comprendre le schéma de la relation et le documenter.

Contraintes Relationnelles

- **Contraintes de domaine :**

$domain(A)=T$ spécifie que les valeurs de A doivent être du type T.

Contraintes Relationnelles

- **Contraintes de domaine :**

$domain(A)=T$ spécifie que les valeurs de A doivent être du type T.

- **Contraintes d'identification :**

X spécifie une contrainte d'unicité telle que les n-uplets de la relation sont distincts deux à deux pour X (X un ensemble d'attributs).

Contraintes Relationnelles

- **Contraintes de domaine :**

$domain(A)=T$ spécifie que les valeurs de A doivent être du type T.

- **Contraintes d'identification :**

\underline{X} spécifie une contrainte d'unicité telle que les n-uplets de la relation sont distincts deux à deux pour X (X un ensemble d'attributs).

- **Contraintes d'intégrité référentielle :**

R projetée sur l'attribut X se réfère à S projetée sur l'attribut Y : tous les n-uplets de R, restreints à X doivent avoir un n-uplet correspondant dans S restreinte à Y. Ce que l'on note $R[X] \subseteq S[Y]$.

- Autres

Exemple

Employees (firstname, salary, address, dept) /* *firstname est l'identifiant* */

/* $\langle n, s, a, d \rangle \in \text{Employees} \iff$ l'employé identifié par son nom n gagne un salaire s . Il habite à l'adresse a et est affecté au rayon d . */

Leaderships (boss, dept) /* 2 identifiants : boss et dept */

/* $\langle b, d \rangle \in \text{Leaderships} \iff$ l'employé b est responsable du rayon d . */

Contraintes d'intégrité référentielle :

Leaderships[boss, dept] \subseteq Employees[firstname, dept]

firstname	salary	address	dept
John	120	Randwick	Toys
Mary	130	Wollongong	Furniture
Peter	110	Randwick	Garden
Tom	120	Botany Bay	Toys

boss	dept
John	Toys
Mary	Furniture
Peter	Garden