Bases de Données

Module M2104

IUT R&T Villetaneuse

2 février 2016

Objectif d'une base de données

Objectif d'une base de données

Stocker les données communes à plusieurs applications de façon plus efficace qu'un système de fichiers.

Introduction

Base de données versus SGBD

- Une *base de données* est un ensemble de données reliées entre elles, accessibles à plusieurs utilisateurs simultanément.

Introduction

Base de données versus SGBD

- Une *base de données* est un ensemble de données reliées entre elles, accessibles à plusieurs utilisateurs simultanément.
- Un *SGBD* (Système de Gestion de Bases de Données) est un logiciel permettant de :
  - créer des bases de données
  - les interroger
  - les mettre à jour
  - assurer les contrôles d'intégrité, de concurrence et de sécurité.

Introduction

Base de données versus SGBD

- Une *base de données* est un ensemble de données reliées entre elles, accessibles à plusieurs utilisateurs simultanément.
- Un *SGBD* (Système de Gestion de Bases de Données) est un logiciel permettant de :
  - créer des bases de données
  - les interroger
  - les mettre à jour
  - assurer les contrôles d'intégrité, de concurrence et de sécurité.

Objectifs principaux

- intégration
- indépendance
- disponibilité
- sécurité

Intégration & Indépendance

Intégration

- Dans un système de traitement de données orienté fichier, l'application dialogue avec un grand nombre de fichiers $\Rightarrow$ risque de duplication ou de perte d'informations
- Dans l'approche base de données, il y a :
  - centralisation de toutes les données en un réservoir unique de données commun à toutes les applications
  - centralisation de tous les contrôles d'intégrité et de cohérence

Intégration & Indépendance

Intégration

- Dans un système de traitement de données orienté fichier, l'application dialogue avec un grand nombre de fichiers $\Rightarrow$ risque de duplication ou de perte d'informations
- Dans l'approche base de données, il y a :
  - centralisation de toutes les données en un réservoir unique de données commun à toutes les applications
  - centralisation de tous les contrôles d'intégrité et de cohérence

Indépendance

Indépendance physique : le niveau utilisateur est transparent à un changement :

- de support ou de chemin d'accès aux données
- de méthode d'accès aux données.

Disponibilité & Sécurité

Disponibilité

- Performance : tout utilisateur doit ignorer l'existence d'utilisateurs concurrents.

Disponibilité & Sécurité

Disponibilité

- Performance : tout utilisateur doit ignorer l'existence d'utilisateurs concurrents.

Sécurité

- Intégrité : protection contre la modification invalide des données.
- Confidentialité : protection contre l'accès illégal aux données.

Conception d'une base de données

Conception de BD

niveau externe

rédaction en français des besoins (cahier des charges)

Conception de BD

niveau externe

rédaction en français des besoins (cahier des charges)

niveau conceptuel

diagramme de classes UML

Conception de BD

niveau externe

rédaction en français des besoins (cahier des charges)

niveau conceptuel

diagramme de classes UML

niveau logique

schéma relationnel

Conception de BD

niveau externe

rédaction en français des besoins (cahier des charges)

niveau conceptuel

diagramme de classes UML

niveau logique

schéma relationnel

niveau physique

scripts SQL

Exemple

Cahier des charges

On souhaite développer une application informatique de gestion de vols. Cette application doit permettre de gérer l'affectation des pilotes aux différents vols.

Exemple

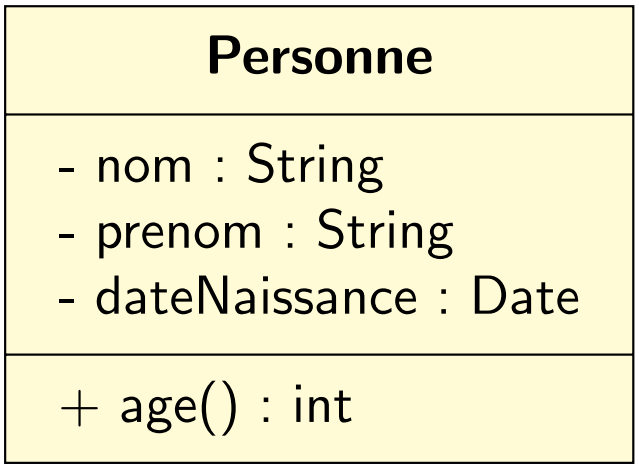
Cahier des charges

On souhaite développer une application informatique de gestion de vols. Cette application doit permettre de gérer l'affectation des pilotes aux différents vols.

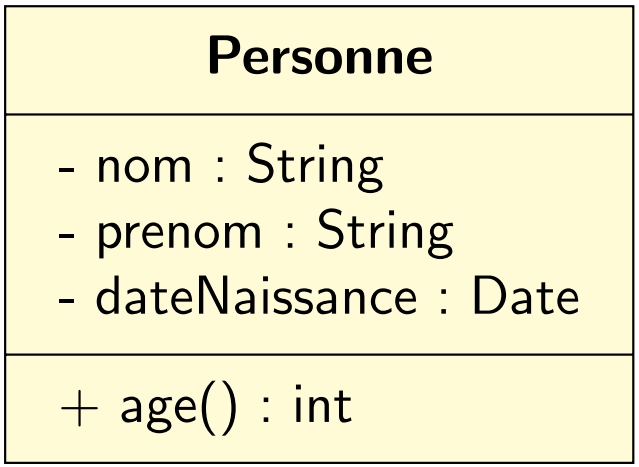
Contraintes

- Un pilote ne peut pas assurer deux vols en même temps.
- Lors d'un vol, il doit y avoir un pilote dans l'avion.

Notion de classe

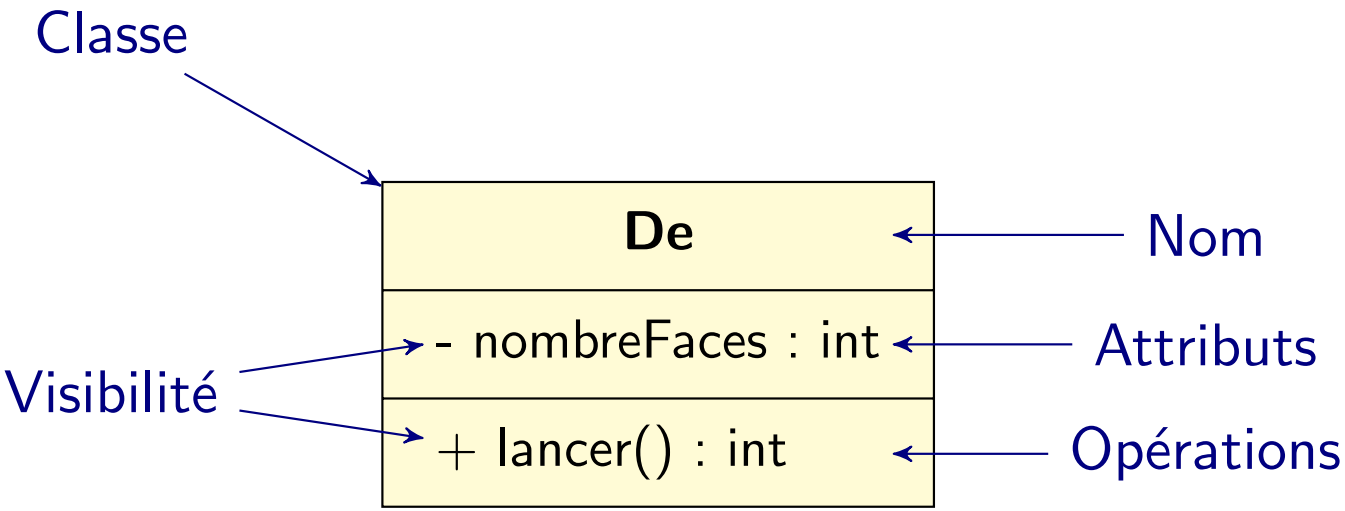


Notion de classe

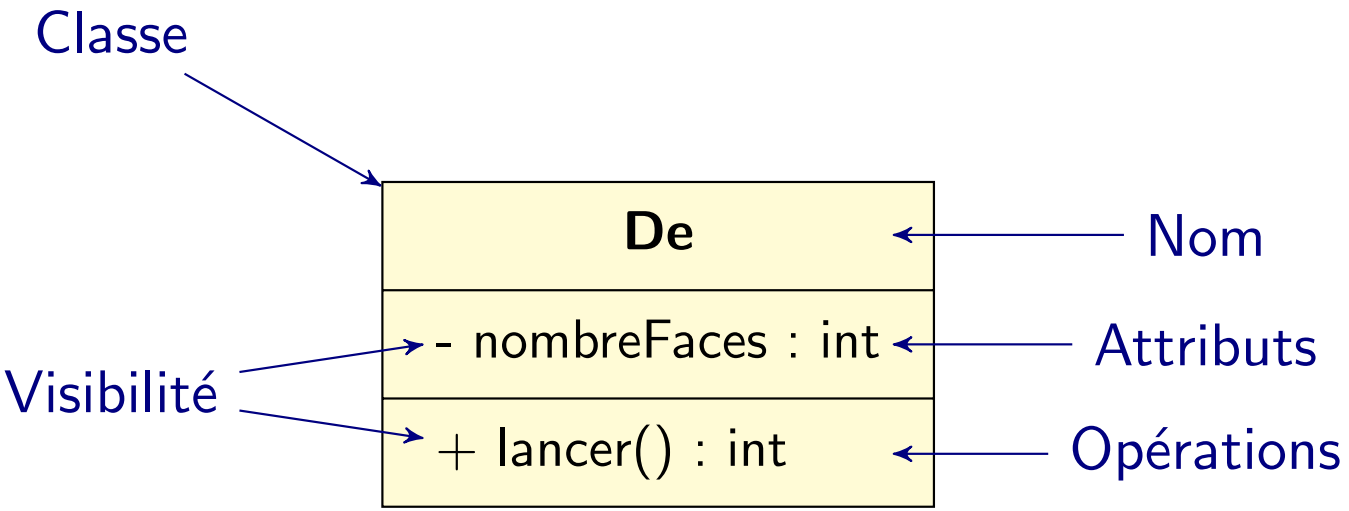


- Une classe est la description formelle d'un ensemble d'objets ayant des propriétés (attributs et méthodes) communes
- Une classe peut être instanciée : une instance d'une classe est un objet

Représentation graphique



Représentation graphique



Nom

Le nom de la classe doit évoquer le concept décrit par la classe ; il commence par une majuscule.

Attributs — Opérations ou méthodes

Attributs

- Les attributs définissent la structure d'un objet : ils répondent à la question : *Qui suis-je ?*
- Chaque attribut est défini par un nom, un type, une visibilité et une valeur qui peut différer d'un objet à un autre.
- Dans le cas général, la visibilité d'un attribut est privée.

Attributs — Opérations ou méthodes

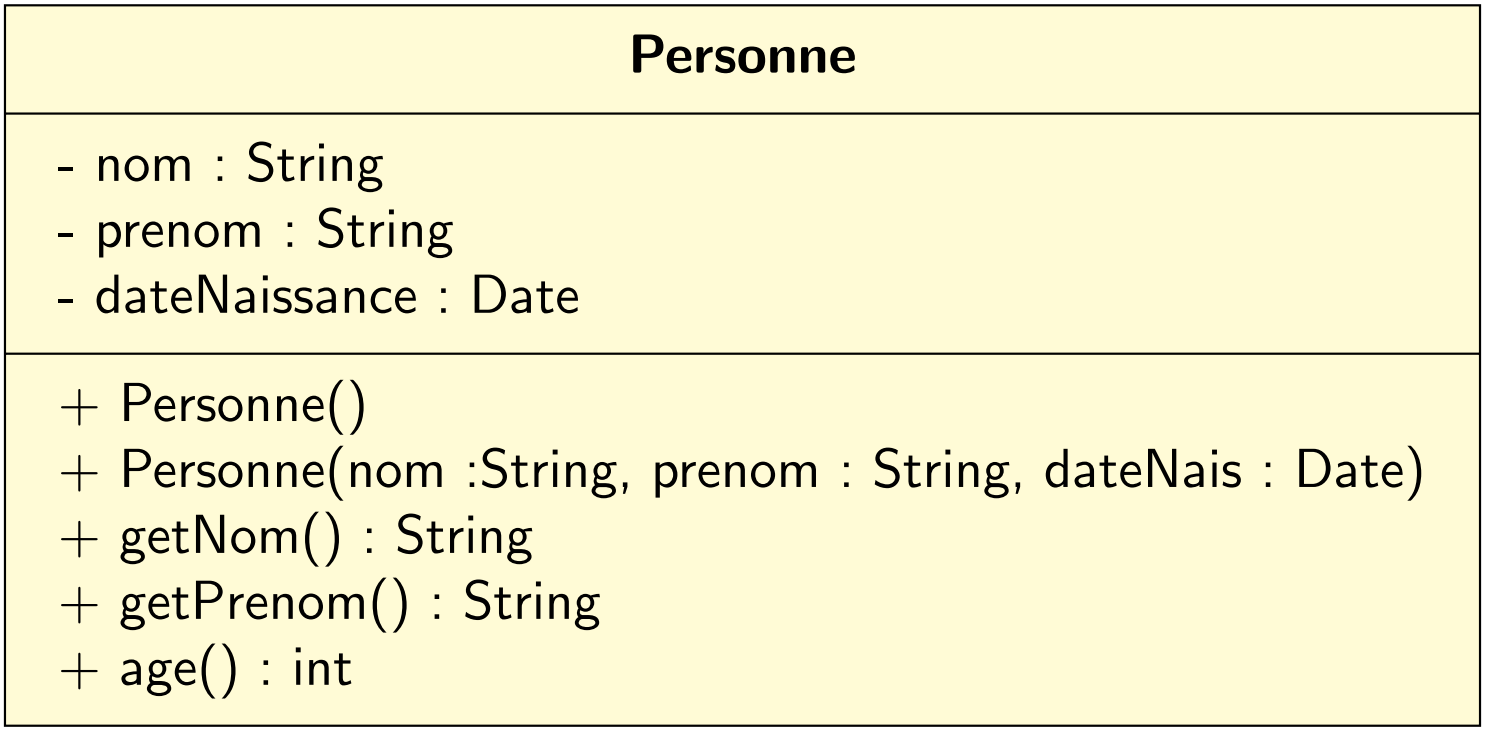
Attributs

- Les attributs définissent la structure d'un objet : ils répondent à la question : *Qui suis-je ?*
- Chaque attribut est défini par un nom, un type, une visibilité et une valeur qui peut différer d'un objet à un autre.
- Dans le cas général, la visibilité d'un attribut est privée.

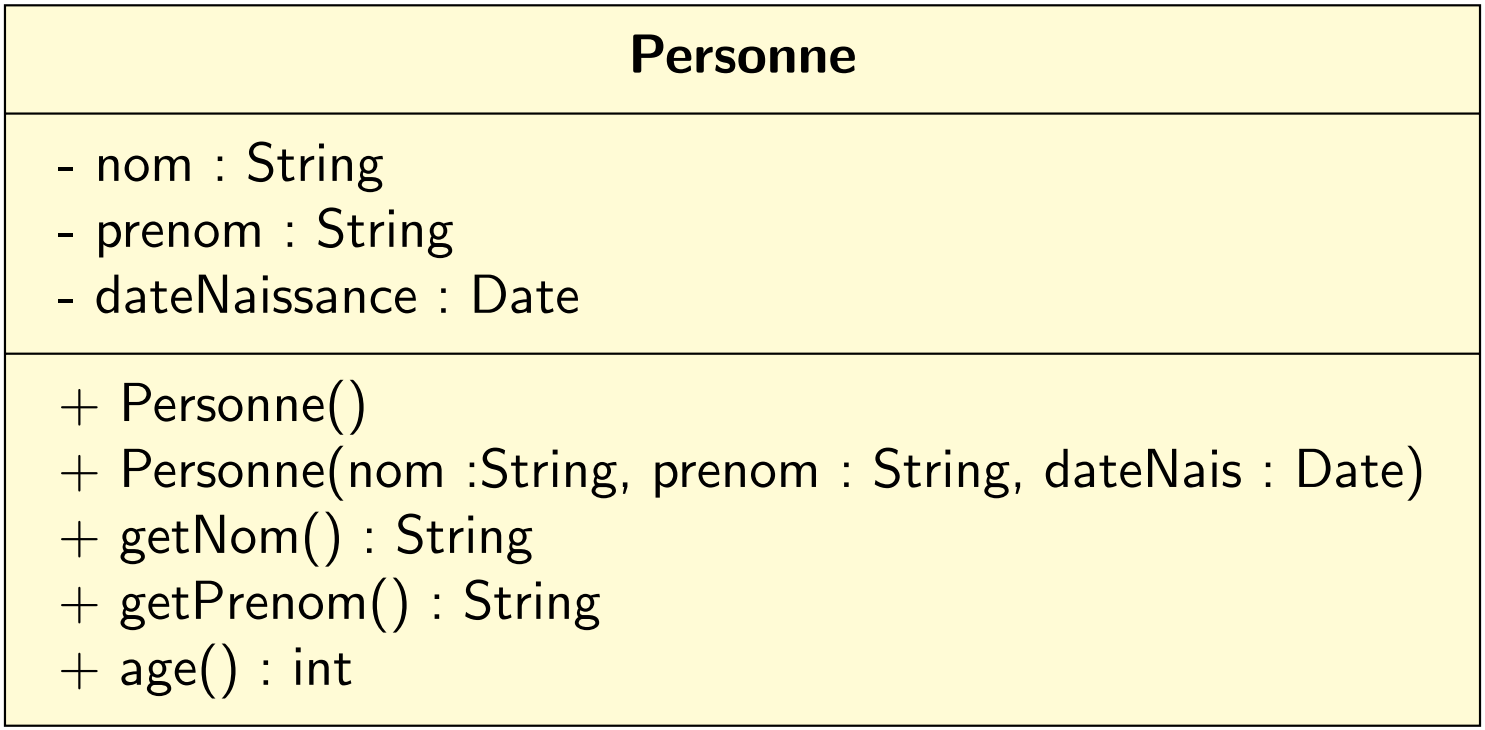
Opérations ou méthodes

- Les opérations décrivent les actions qu'un objet peut effectuer : elles répondent à la question : *Que puis-je faire ?*
- Elles peuvent prendre des valeurs en entrée, modifier les attributs et/ou produire des résultats
- L'implémentation d'une opération est appelée une méthode. Dans le cas général, la visibilité d'une méthode est publique.

Constructeurs

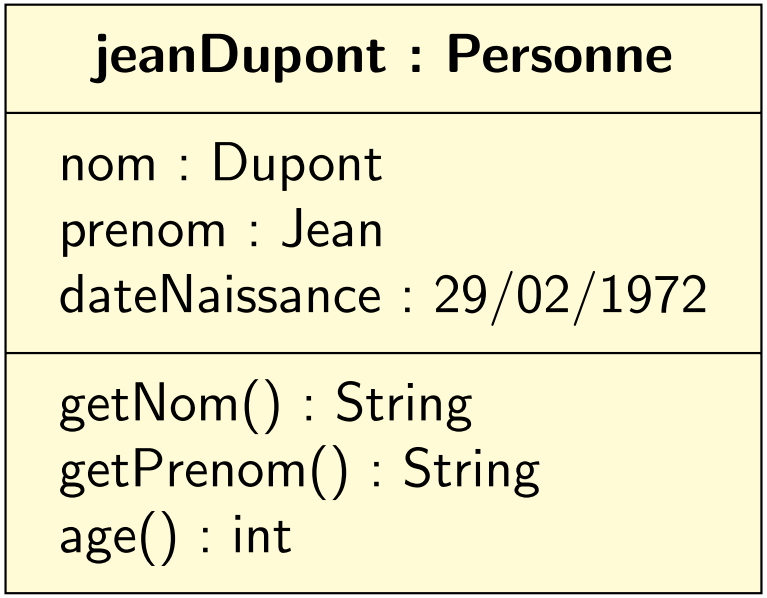


Constructeurs

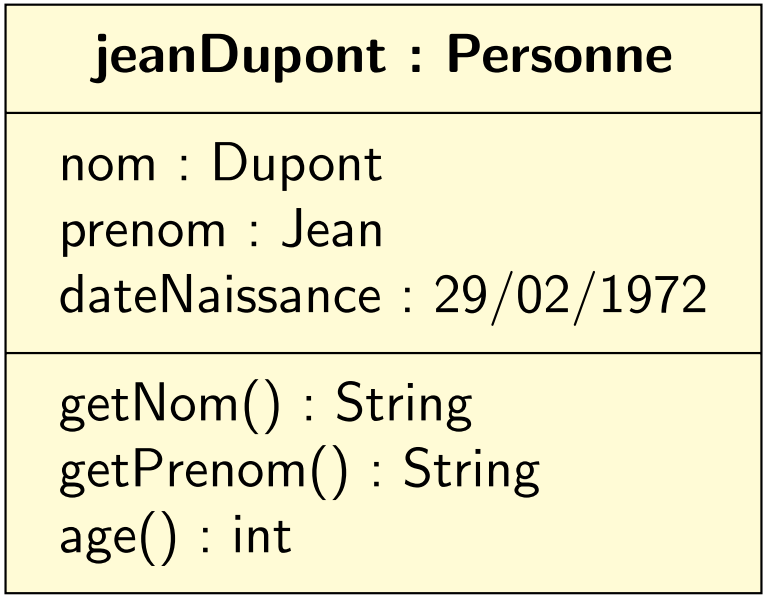


Un constructeur est une opération appelée lors de la création d'un objet.

Notion d'objet

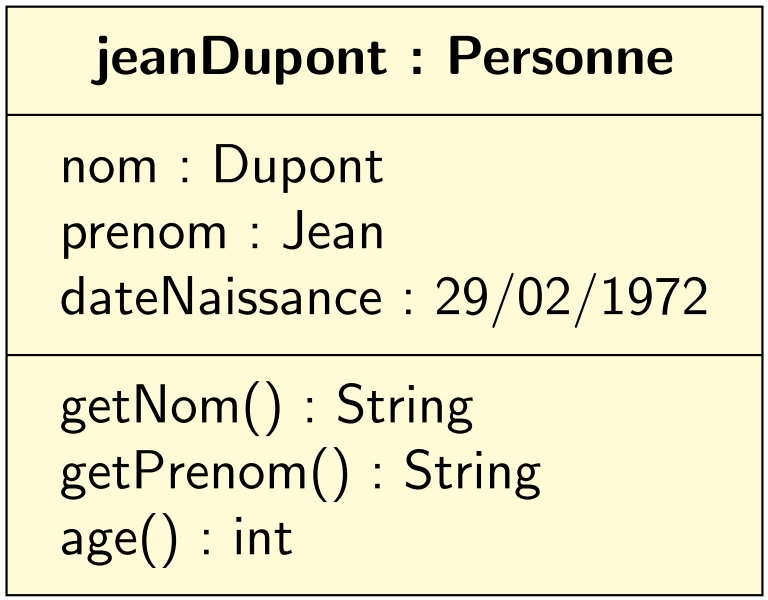


Notion d'objet



- Un objet est une instance d'une classe dotée de propriétés :
  - une identité
  - un état ou des propriétés structurelles : attributs et terminaisons d'associations
  - un comportement : ensemble de méthodes qu'il peut invoquer

Notion d'objet



- Un objet est une instance d'une classe dotée de propriétés :
  - une identité
  - un état ou des propriétés structurelles : attributs et terminaisons d'associations
  - un comportement : ensemble de méthodes qu'il peut invoquer
- Les objets sont les éléments d'un programme en cours d'exécution.

Association

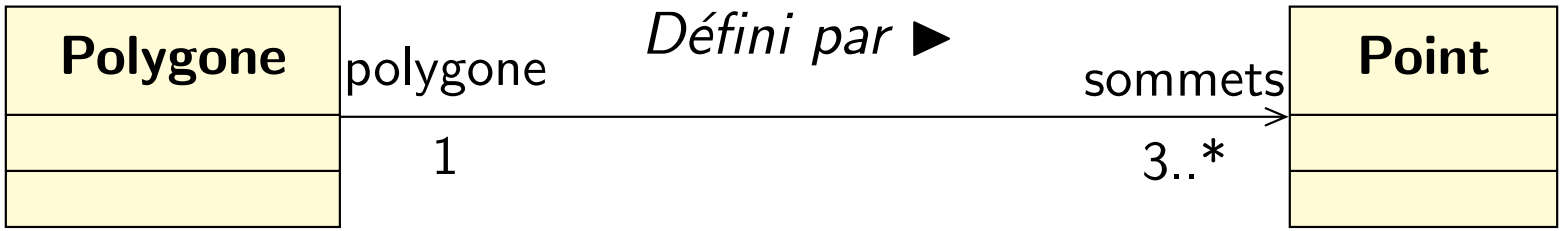
Définition

Une association est une relation entre des classes qui décrit les connexions structurelles entre leurs instances

Association

Définition

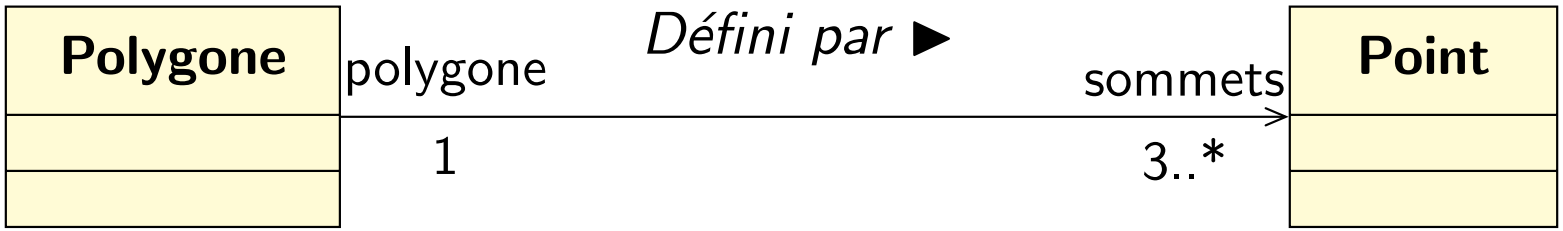
Une association est une relation entre des classes qui décrit les connexions structurelles entre leurs instances



Association

Définition

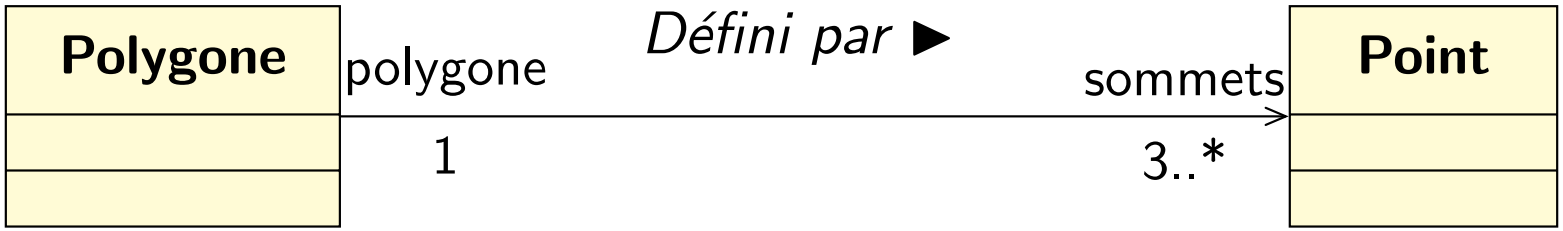
Une association est une relation entre des classes qui décrit les connexions structurelles entre leurs instances



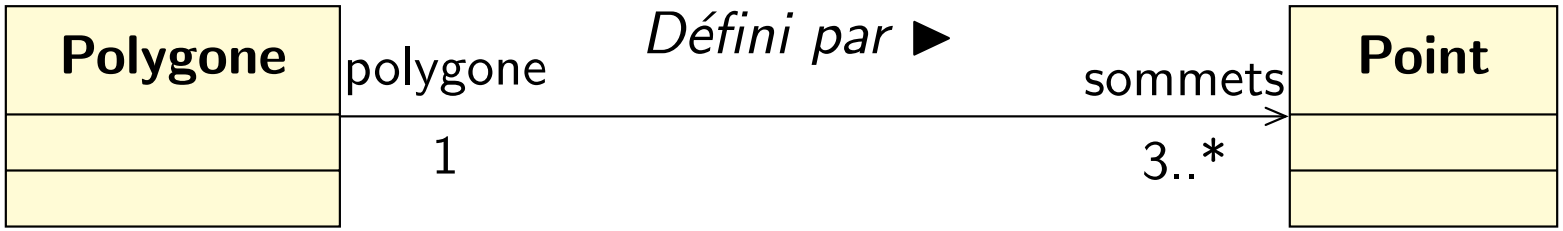
Représentation graphique

- Une association binaire est matérialisée par un trait plein entre les classes associées.
- Elle peut avoir un nom : celui-ci figure alors au milieu du lien d'association.
- Elle peut avoir un sens de lecture (▶ ou ◀).
- De part et d'autre du lien d'association peuvent figurer des rôles.

Multiplicité ou cardinalité



Multiplicité ou cardinalité

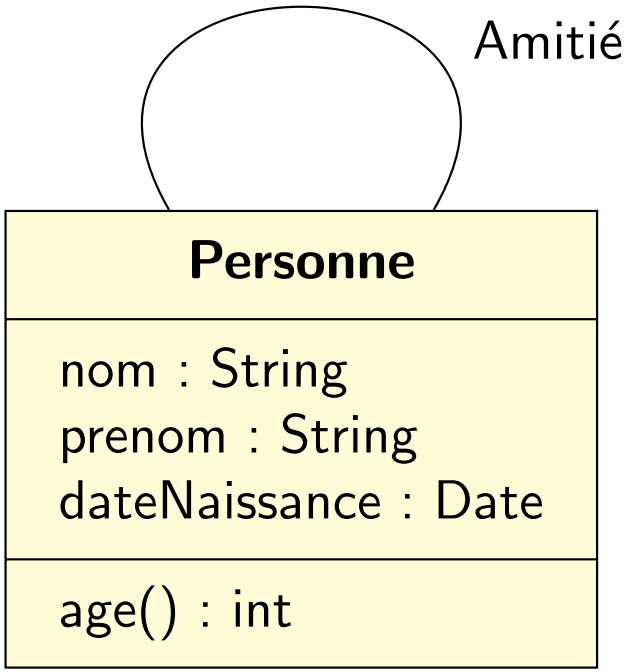


Association binaire

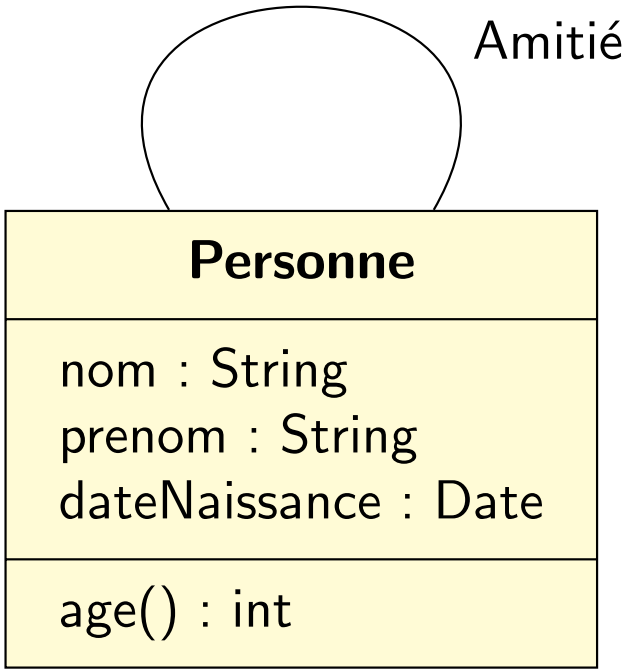
La multiplicité sur la terminaison cible fixe le nombre d'objets de la classe cible pouvant être associés à un seul objet donné de la classe source (la classe de l'autre terminaison de l'association) :

- exactement un : 1 ou 1..1
- plusieurs : $*$ ou 0..$*$
- au moins un : 1..$*$
- de un à six : 1..6

Association réflexive



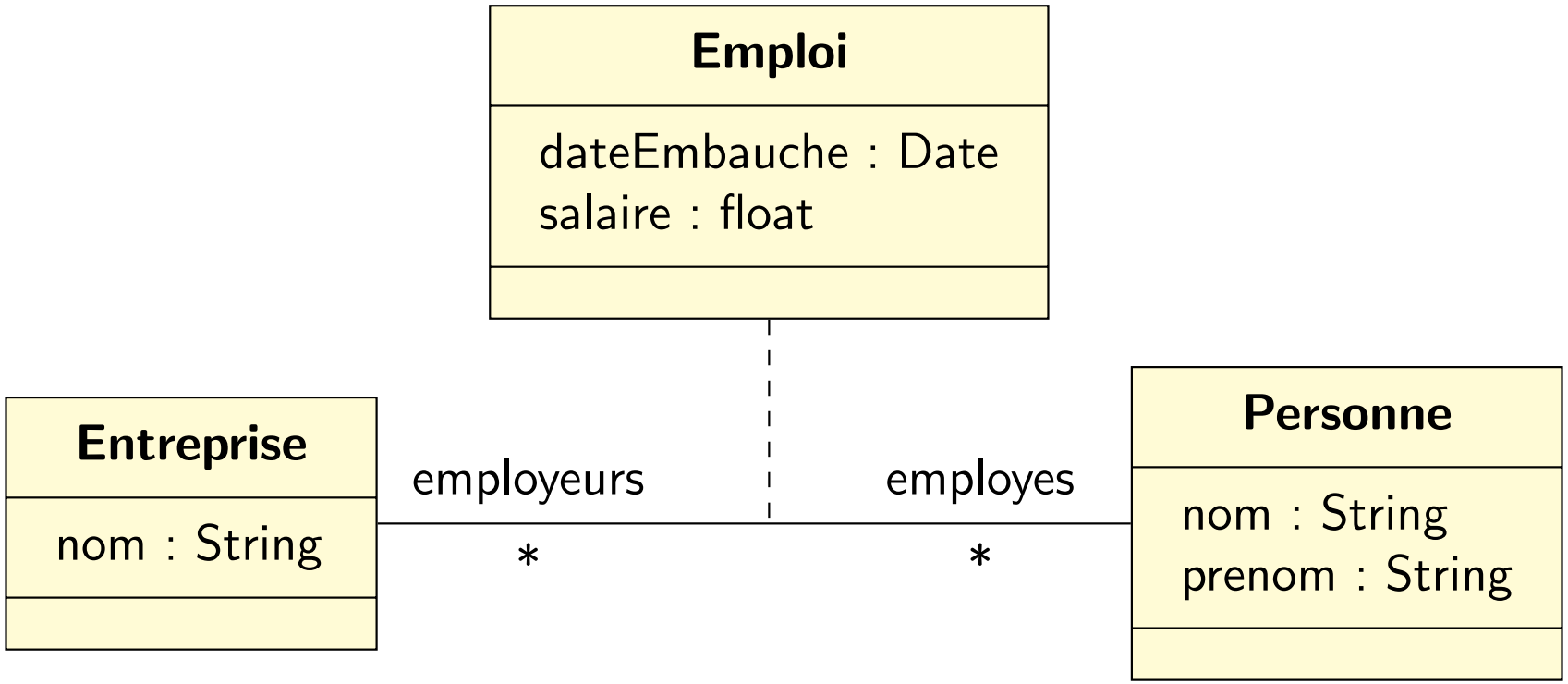
Association réflexive



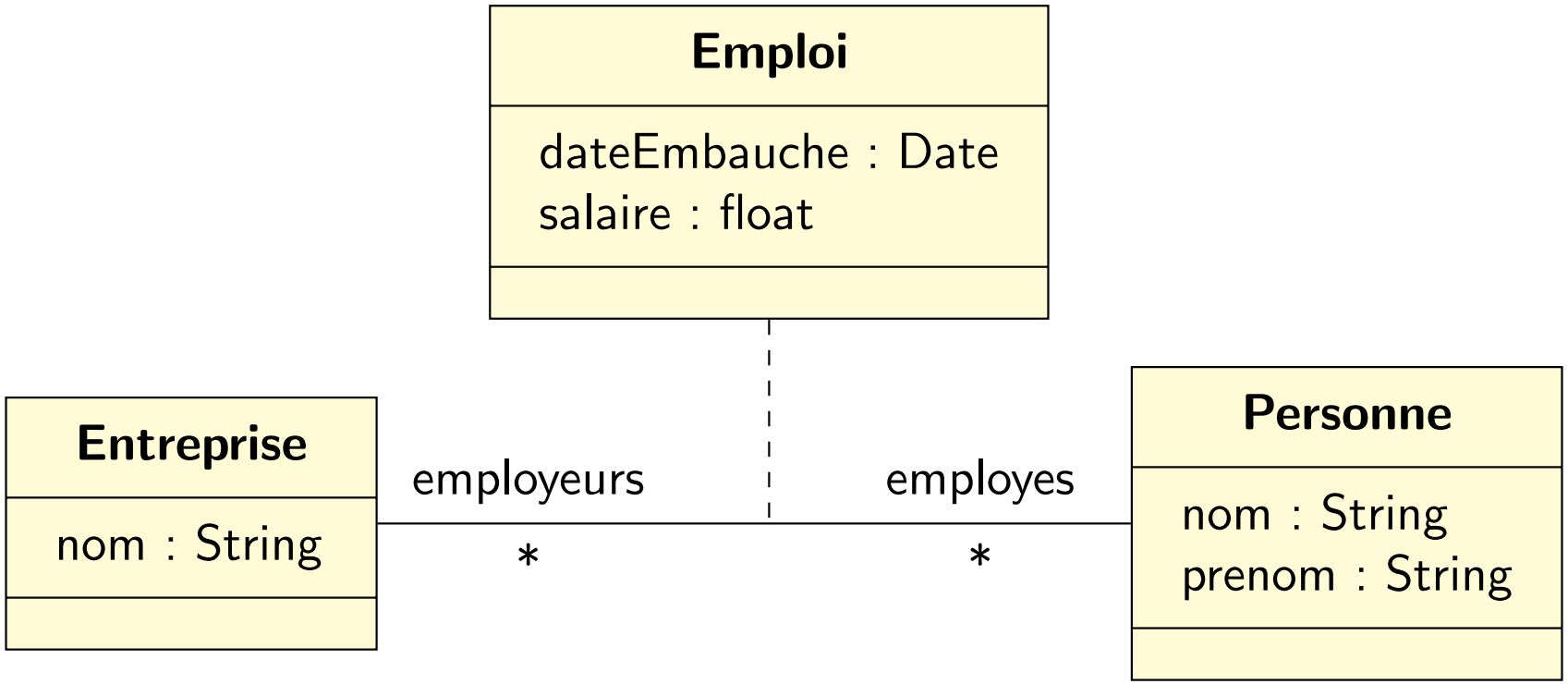
Définition

Une association est dite réflexive quand les deux extrémités de l'association aboutissent à la même classe.

Classe-association



Classe-association



- elle n'existe que pour contenir les attributs d'une association
- elle est reliée à l'association par un trait discontinu

Diagramme de classes

- diagramme le plus important de la modélisation objet
- permet de modéliser les classes du système et leurs relations indépendamment d'un langage de programmation particulier
- représente graphiquement les classes interconnectées par des associations ou des relations de généralisation
- procure une vue statique du système (on ne tient pas compte du facteur temporel)
- Principaux éléments : les classes et leurs relations ou associations

Élaboration d'un diagramme de classes

- Trouver les classes du domaine étudié en collaboration avec un expert du domaine : concepts ou substantifs du domaine
- Trouver les associations entre classes : verbes ou constructions verbales mettant en relation plusieurs classes (*est composé de*, *travaille pour*...)
- Trouver les attributs des classes : substantifs ou groupes nominaux (*la masse d'une voiture*, *le montant d'une transaction*...)

Attention : se méfier de certains attributs qui sont en réalité des associations entre classes

Diagramme de classes : exemple

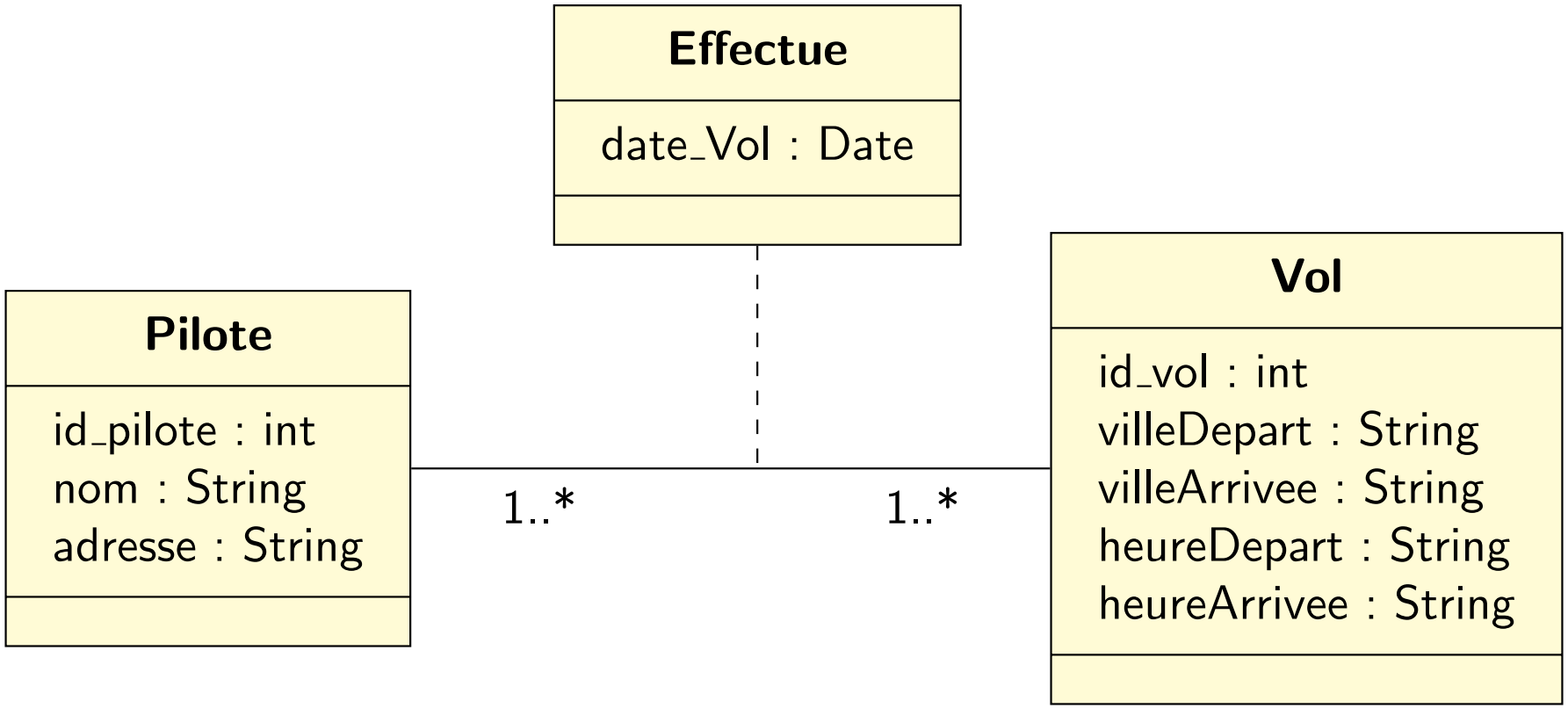
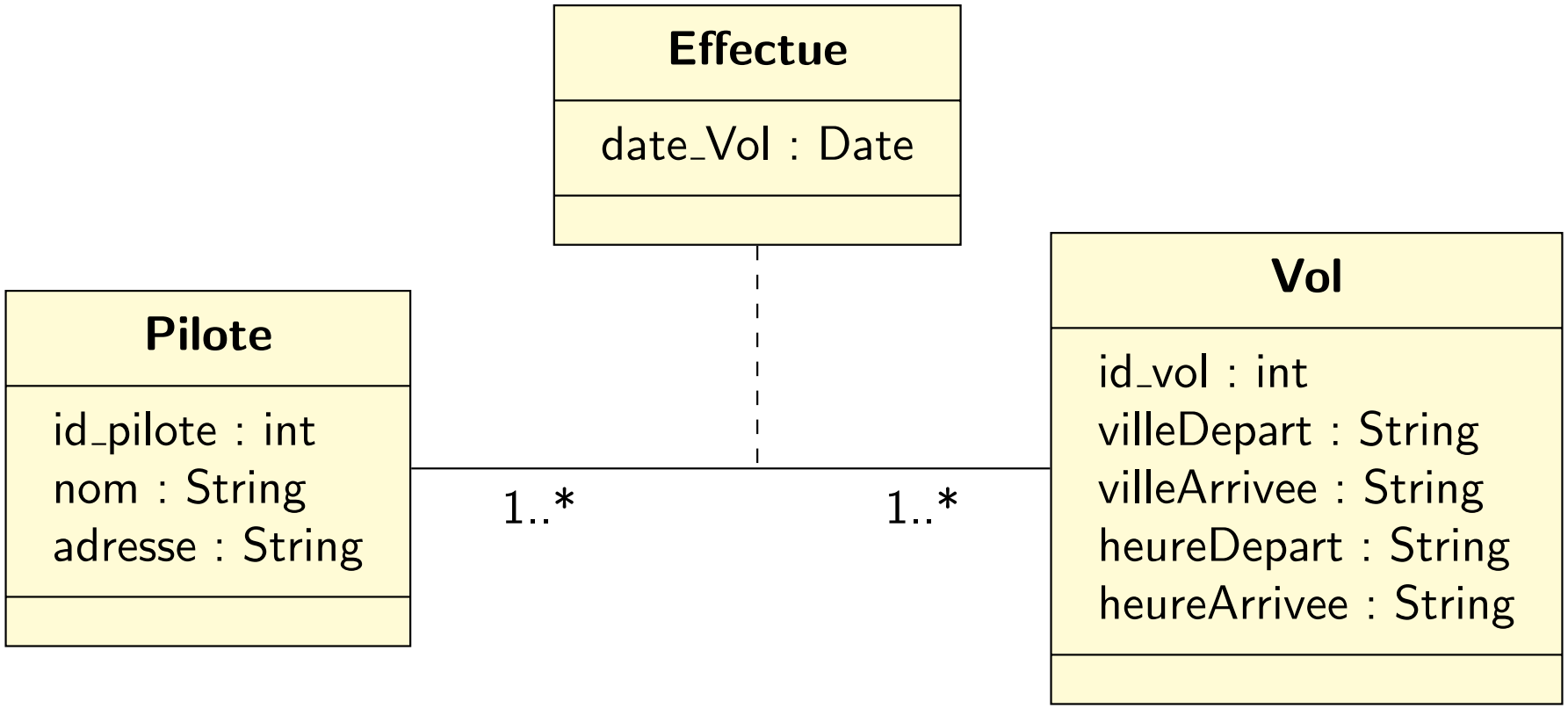


Diagramme de classes : exemple



Dans une optique *bases de données*, on ne s'intéresse qu'aux attributs des classes.

Diagramme de classes

Identifiant

Lorsqu'elle est impliquée dans un projet *base de données*, une classe doit avoir un attribut jouant le rôle d'identifiant unique.

Diagramme de classes

Identifiant

Lorsqu'elle est impliquée dans un projet *base de données*, une classe doit avoir un attribut jouant le rôle d'identifiant unique.

Exemple

`id_pilote` est un identifiant de la classe pilote.

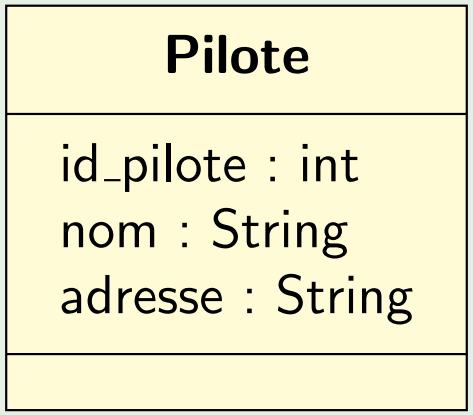


Schéma Relationnel

Schéma Relationnel

fournit sous forme de relations une description simple des classes et de certaines associations du diagramme de classes.

Schéma Relationnel

Schéma Relationnel

fournit sous forme de relations une description simple des classes et de certaines associations du diagramme de classes.

Relation

Une relation R est un ensemble d'attributs.

Schéma Relationnel

Schéma Relationnel

fournit sous forme de relations une description simple des classes et de certaines associations du diagramme de classes.

Relation

Une relation R est un ensemble d'attributs.

Exemple incomplet

PILOTE(id_pilote, nom, adresse)

VOL(id_vol, ville_départ, ville_arrivée, heure_départ, heure_arrivée)

Schéma Relationnel

Schéma Relationnel

fournit sous forme de relations une description simple des classes et de certaines associations du diagramme de classes.

Relation

Une relation R est un ensemble d'attributs.

Exemple incomplet

PILOTE(id_pilote, nom, adresse)

VOL(id_vol, ville_départ, ville_arrivée, heure_départ, heure_arrivée)

La relation PILOTE a pour attributs : id_pilote, nom et adresse

Schéma Relationnel

Relation : instanciation

Une relation est instanciée par une table.

Schéma Relationnel

Relation : instanciation

Une relation est instanciée par une table.

Exemple

PILOTE

id_pilote	nom	adresse
3	Garratt	Perth
4	Durand	Paris
5	MacMachin	Glasgow

Schéma Relationnel

Clé Primaire

- Une clé primaire d'une relation est un attribut ou un groupe d'attributs de la relation qui identifie un tuple unique.
- Une relation possède une et une seule clé primaire, mais peut contenir plusieurs clés qui pourraient jouer ce rôle (clés candidates).
- Dans le cas d'une relation issue d'une classe, la clé primaire correspond à l'identifiant de la classe.

Schéma Relationnel

Clé Primaire

- Une clé primaire d'une relation est un attribut ou un groupe d'attributs de la relation qui identifie un tuple unique.
- Une relation possède une et une seule clé primaire, mais peut contenir plusieurs clés qui pourraient jouer ce rôle (clés candidates).
- Dans le cas d'une relation issue d'une classe, la clé primaire correspond à l'identifiant de la classe.

Exemple

PILOTE(id_pilote, nom, adresse)

VOL(id_vol, ville_départ, ville_arrivée, heure_départ,heure_arrivée)

Schéma Relationnel

Clé Primaire

- Une clé primaire d'une relation est un attribut ou un groupe d'attributs de la relation qui identifie un tuple unique.
- Une relation possède une et une seule clé primaire, mais peut contenir plusieurs clés qui pourraient jouer ce rôle (clés candidates).
- Dans le cas d'une relation issue d'une classe, la clé primaire correspond à l'identifiant de la classe.

Exemple

PILOTE(id_pilote, nom, adresse)

VOL(id_vol, ville_départ, ville_arrivée, heure_départ,heure_arrivée)

id_pilote est la clé primaire de la relation PILOTE.

Schéma Relationnel : Contrainte d'Intégrité et valeur nulle

Contrainte d'intégrité

Tout SGBD relationnel doit vérifier l'unicité et le caractère défini (non nul) des valeurs de la clé primaire.

Schéma Relationnel : Contrainte d'Intégrité et valeur nulle

Contrainte d'intégrité

Tout SGBD relationnel doit vérifier l'unicité et le caractère défini (non nul) des valeurs de la clé primaire.

Valeur nulle

- Lors de l'insertion de tuples dans une relation, il arrive qu'un attribut soit inconnu ou non défini. On introduit alors une valeur conventionnelle, appelée valeur nulle.
- Une clé primaire ne peut pas avoir une valeur nulle.

Schéma Relationnel : Clé Étrangère

Clé Étrangère

Une clé étrangère dans une relation est une clé primaire dans une autre relation.

Schéma Relationnel : Clé Étrangère

Clé Étrangère

Une clé étrangère dans une relation est une clé primaire dans une autre relation.

Exemple

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

AVION

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

Schéma Relationnel : Clé Étrangère

Clé Étrangère

Une clé étrangère dans une relation est une clé primaire dans une autre relation.

Exemple

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

AVION

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

type est la clé primaire de la relation MODÈLE et une clé étrangère de la relation AVION.

Schéma Relationnel : Contrainte d'intégrité de référence

- Lors de l'insertion d'un tuple dans AVION, le système doit vérifier que la valeur de l'attribut type existe bien dans MODÈLE
- Lors de la suppression d'un tuple dans MODÈLE, 4 types de contrôles peuvent être effectués :
  - interdire la suppression si la valeur de type existe dans AVION (recommandé)
  - supprimer ces valeurs
  - avertir l'utilisateur d'une incohérence
  - remplacer ces valeurs par la valeur nulle

Du Diagramme de Classes au Schéma Relationnel

Diagramme de classes $\rightarrow$ Schéma relationnel

Classes

- Chaque classe du diagramme UML devient une relation contenant tous les attributs de la classe.
- Si la classe possède un identifiant, il devient la clé primaire, sinon il faut ajouter une clé primaire arbitraire.
- Les méthodes ne sont pas traduites.

Diagramme de classes $\rightarrow$ Schéma relationnel

Association un à plusieurs

- Ajouter un attribut clé étrangère dans la relation de cardinalité N.
- Cette clé étrangère est la clé primaire de l'autre relation (celle de cardinalité 1).

Diagramme de classes → Schéma relationnel

Association un à plusieurs

- Ajouter un attribut clé étrangère dans la relation de cardinalité N.
- Cette clé étrangère est la clé primaire de l'autre relation (celle de cardinalité 1).

Association un à un

- Il faut rajouter un attribut de type clé étrangère dans la relation dérivée de la classe de cardinalité minimale égale à 1.
- Cette clé étrangère est la clé primaire de l'autre relation.
- Si les deux cardinalités minimales sont à zéro, on choisit arbitrairement la relation recevant la clé étrangère.

Diagramme de classes → Schéma relationnel

Association plusieurs à plusieurs

- L'association ou la classe-association devient une relation dont la clé primaire est composée par la concaténation des clés primaires des classes connectés à l'association.
- Ces attributs deviennent clé étrangères dans la nouvelle relation.
- Les attributs de la classe-association doivent être ajoutés à la nouvelle relation.
- Ces attributs peuvent faire partie de la clé étrangère.

Diagramme de classes → Schéma relationnel : Exemple

Diagramme de classes

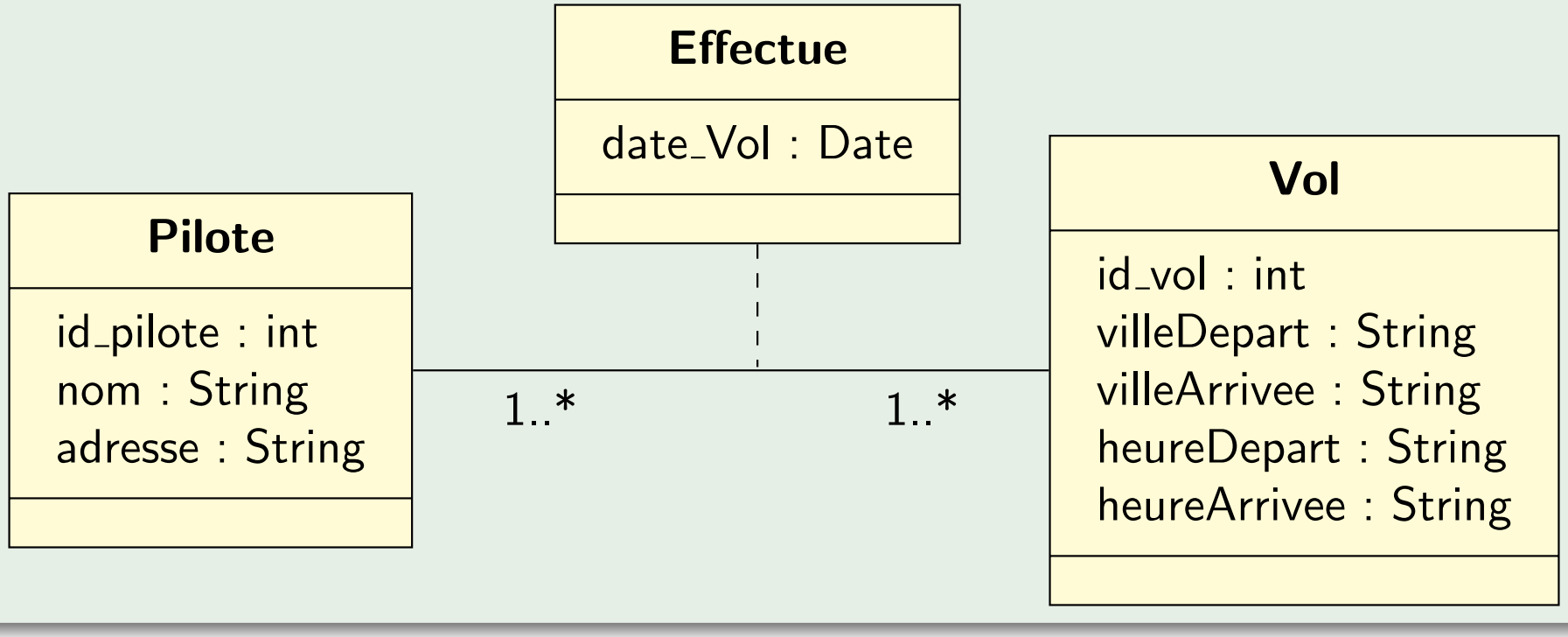


Diagramme de classes → Schéma relationnel : Exemple

Diagramme de classes

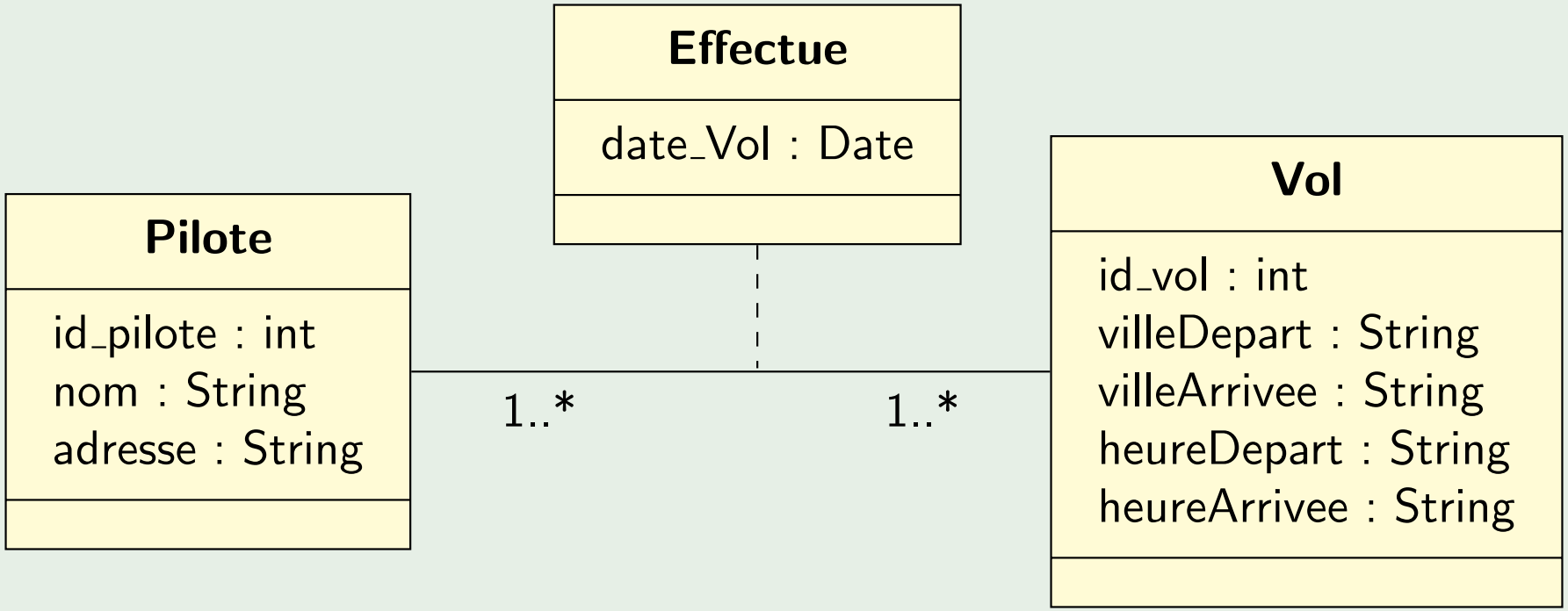


Schéma relationnel

PILOTE(id_pilote, nom, adresse)
VOL(id_vol, ville_départ, ville_arrivée, heure_départ, heure_arrivée)
EFFECTUE(id_pilote, id_vol, date_vol)

Normalisation

Normalisation

Objectifs

- Éviter :
  - la redondance, c'est-à-dire la duplication d'informations.
  - les incohérences par ajout.
  - la perte d'informations par suppression.
- S'assurer qu'un schéma relationnel est correct.

Dépendances Fonctionnelles

Définition

Soit $R(X, Y, Z)$ une relation.
Si à une valeur de X n'est associée qu'une seule valeur de Y, on dit que X détermine Y
Notation : $X \rightarrow Y$
On dit encore que Y dépend fonctionnellement de X.

1ère Forme Normale

Une relation est en 1ère forme normale si et seulement si chaque attribut ne contient qu'une seule valeur à chaque instant (on n'affecte pas plusieurs valeurs à un seul attribut).

1ère Forme Normale

Une relation est en 1ère forme normale si et seulement si chaque attribut ne contient qu'une seule valeur à chaque instant (on n'affecte pas plusieurs valeurs à un seul attribut).

AVION

id_avion	type	capacité	compagnie
10	A340	228	Air France
20	B747	432	British Airways Qantas

1ère Forme Normale

Une relation est en 1ère forme normale si et seulement si chaque attribut ne contient qu'une seule valeur à chaque instant (on n'affecte pas plusieurs valeurs à un seul attribut).

AVION

id_avion	type	capacité	compagnie
10	A340	228	Air France
20	B747	432	British Airways Qantas

AVION n'est pas en 1ère forme normale.

1ère Forme Normale

Une relation est en 1ère forme normale si et seulement si chaque attribut ne contient qu'une seule valeur à chaque instant (on n'affecte pas plusieurs valeurs à un seul attribut).

AVION

id_avion	type	capacité	compagnie
10	A340	228	Air France
20	B747	432	British Airways Qantas

AVION n'est pas en 1ère forme normale.

AVION1

id_avion	type	capacité	compagnie
10	A340	228	Air France
20	B747	432	British Airways
30	B747	432	Qantas

1ère Forme Normale

Une relation est en 1ère forme normale si et seulement si chaque attribut ne contient qu'une seule valeur à chaque instant (on n'affecte pas plusieurs valeurs à un seul attribut).

AVION

id_avion	type	capacité	compagnie
10	A340	228	Air France
20	B747	432	British Airways Qantas

AVION n'est pas en 1ère forme normale.

AVION1

id_avion	type	capacité	compagnie
10	A340	228	Air France
20	B747	432	British Airways
30	B747	432	Qantas

AVION1 est en 1ère forme normale.

2ème Forme Normale

Une relation est en 2ème forme normale si et seulement si :

- elle est en 1ère forme normale
- tout attribut n'appartenant pas à la clé primaire ne dépend pas d'une partie de cette clé.

2ème Forme Normale

Une relation est en 2ème forme normale si et seulement si :

- elle est en 1ère forme normale
- tout attribut n'appartenant pas à la clé primaire ne dépend pas d'une partie de cette clé.

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

2ème Forme Normale

Une relation est en 2ème forme normale si et seulement si :

- elle est en 1ère forme normale
- tout attribut n'appartenant pas à la clé primaire ne dépend pas d'une partie de cette clé.

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

Dépendances fonctionnelles :

(1) id_avion $\rightarrow$ type
(2) id_avion $\rightarrow$ compagnie
(3) type $\rightarrow$ capacité
(4)type $\rightarrow$ constructeur

2ème Forme Normale

Une relation est en 2ème forme normale si et seulement si :

- elle est en 1ère forme normale
- tout attribut n'appartenant pas à la clé primaire ne dépend pas d'une partie de cette clé.

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

Dépendances fonctionnelles :

(1) id_avion $\rightarrow$ type
(2) id_avion $\rightarrow$ compagnie
(3) type $\rightarrow$ capacité
(4)type $\rightarrow$ constructeur

La relation AVION n'est pas (1 et 2) en 2ème forme normale.

2ème Forme Normale

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

2ème Forme Normale

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

Dépendances fonctionnelles :

(1) id_avion $\rightarrow$ type
(2) id_avion $\rightarrow$ compagnie
(3) type $\rightarrow$ capacité
(4)type $\rightarrow$ constructeur

2ème Forme Normale

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

Dépendances fonctionnelles :

(1) id_avion $\rightarrow$ type
(2) id_avion $\rightarrow$ compagnie
(3) type $\rightarrow$ capacité
(4)type $\rightarrow$ constructeur

La relation AVION est en 2ème forme normale.

2ème Forme Normale

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

Dépendances fonctionnelles :

(1) id_avion $\rightarrow$ type
(2) id_avion $\rightarrow$ compagnie
(3) type $\rightarrow$ capacité
(4)type $\rightarrow$ constructeur

La relation AVION est en 2ème forme normale.

Remarque

la vérification de la deuxième forme normale n'a de sens que dans le cas où la clé primaire est constituée de plusieurs attributs.

3ème Forme Normale

Une relation est en 3ème forme normale si et seulement si :

- elle est en 2ème forme normale et
- tout attribut n'appartenant pas à la clé ne dépend pas d'un attribut non clé.

3ème Forme Normale

Une relation est en 3ème forme normale si et seulement si :

- elle est en 2ème forme normale et
- tout attribut n'appartenant pas à la clé ne dépend pas d'un attribut non clé.

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways

3ème Forme Normale

Une relation est en 3ème forme normale si et seulement si :

- elle est en 2ème forme normale et
- tout attribut n'appartenant pas à la clé ne dépend pas d'un attribut non clé.

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways

Dépendances fonctionnelles :

(1) id_avion $\rightarrow$ type
(2) id_avion $\rightarrow$ compagnie
(3) type $\rightarrow$ capacité
(4) type $\rightarrow$ constructeur

3ème Forme Normale

Une relation est en 3ème forme normale si et seulement si :

- elle est en 2ème forme normale et
- tout attribut n'appartenant pas à la clé ne dépend pas d'un attribut non clé.

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways

Dépendances fonctionnelles :

(1) id_avion $\rightarrow$ type
(2) id_avion $\rightarrow$ compagnie
(3) type $\rightarrow$ capacité
(4) type $\rightarrow$ constructeur

La relation AVION n'est pas (3 et 4) en 3ème forme normale.

3ème Forme Normale

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

AVION

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

3ème Forme Normale

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

AVION

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

Dépendances fonctionnelles :

id_avion $\rightarrow$ type,
id_avion $\rightarrow$ compagnie,
type $\rightarrow$ constructeur,
type $\rightarrow$ capacité

3ème Forme Normale

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

AVION

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

Dépendances fonctionnelles :

id_avion $\rightarrow$ type,
id_avion $\rightarrow$ compagnie,
type $\rightarrow$ constructeur,
type $\rightarrow$ capacité

MODELE et AVION sont en 3ème forme normale.

Règles sur les Relations

Tuples et attributs

1. chaque tuple d'une relation est unique
2. l'ordre des tuples dans une relation n'a pas de signification
3. chaque attribut prend ses valeurs dans un seul domaine
4. un domaine peut correspondre à plusieurs attributs

Règles sur les Relations

Tuples et attributs

1. chaque tuple d'une relation est unique
2. l'ordre des tuples dans une relation n'a pas de signification
3. chaque attribut prend ses valeurs dans un seul domaine
4. un domaine peut correspondre à plusieurs attributs

Domaine

Un domaine est un ensemble de valeurs identifiées par un nom.
Définition du domaine :

- en intension (exemples : entier, réel, chaîne de caractères, ...)
- en extension (exemple : villes = {Paris, Marseille, Lyon})

Algèbre relationnelle

Algèbre Relationnelle

L'algèbre relationnelle utilise une collection d'opérateurs qui agissent sur des relations et produisent des relations comme résultat.

Algèbre Relationnelle

L'algèbre relationnelle utilise une collection d'opérateurs qui agissent sur des relations et produisent des relations comme résultat.

Opérateurs

- unaires : projection, sélection
- ensemblistes : union, produit, différence, intersection
- binaires (ou n-aires) : jointure, division

Projection

La projection d'une relation R sur un ensemble d'attributs $\{A_i\}$ de R est un sous-ensemble de R réduit aux sous-tuples ne contenant que les attributs de $\{A_i\}$.

Suppression dans les tuples de tous les attributs n'appartenant pas à $\{A_i\}$, puis suppression des doublons.

Notation : $\Pi_{A_1,\ldots,A_n}(\text{nom-relation})$

Exemple

Quels sont les différents types d'avions ?

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

Exemple

Quels sont les différents types d'avions ?

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

Exemple

Quels sont les différents types d'avions ?

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

$\Pi_{type}(AVION)$

type
A340
B747

Sélection

La sélection sur une relation R suivant une condition C portant sur des attributs de R est un sous-ensemble de R dont les tuples satisfont C.

Notation : $\sigma_C(R)$

Exemple

Quels avions peuvent accueillir au moins 300 passagers ?

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

Exemple

Quels avions peuvent accueillir au moins 300 passagers ?

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

AVION

id_avion	constructeur	type	capacité	compagnie
10	Airbus	A340	228	Air France
20	Boeing	B747	432	British Airways
30	Boeing	B747	432	Qantas

$$\sigma_{\text{capacité} \geq 300}(\text{AVION})$$

Union

L'union est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 \cup R_2$ est la relation de même schéma contenant les tuples de R_1 et ceux de R_2 : Copie des tuples de R_1 et de R_2, puis suppression des doublons.

Union

L'union est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 \cup R_2$ est la relation de même schéma contenant les tuples de R_1 et ceux de R_2 : Copie des tuples de R_1 et de R_2, puis suppression des doublons.

Quels sont tous les pilotes ?

P_AF

id	nom	adresse
1	Dupond	Nice
2	Smith	Londres
3	Garratt	Perth

P_BA

id	nom	adresse
3	Garratt	Perth
4	Durand	Paris
5	MacMachin	Glasgow

Union

L'union est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 \cup R_2$ est la relation de même schéma contenant les tuples de R_1 et ceux de R_2 : Copie des tuples de R_1 et de R_2, puis suppression des doublons.

Quels sont tous les pilotes ?

P_AF

id	nom	adresse
1	Dupond	Nice
2	Smith	Londres
3	Garratt	Perth

P_BA

id	nom	adresse
3	Garratt	Perth
4	Durand	Paris
5	MacMachin	Glasgow

P_AF∪P_BA

id	nom	adresse
1	Dupond	Nice
2	Smith	Londres
3	Garratt	Perth
4	Durand	Paris
5	MacMachin	Glasgow

Produit

Le produit est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2. $R_1 \times R_2$ est la relation ayant pour schéma la concaténation des schémas de R_1 et R_2, et pour tuples toutes les combinaisons de tuples de R_1 et R_2. L'opération *produit* n'est que très rarement utilisée.

Produit

Le produit est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2. $R_1 \times R_2$ est la relation ayant pour schéma la concaténation des schémas de R_1 et R_2, et pour tuples toutes les combinaisons de tuples de R_1 et R_2. L'opération *produit* n'est que très rarement utilisée.

R_1

A	B	C
a1	b1	c1
a2	b2	c2
a3	b3	c3

R_2

D	E
d1	e1
d2	e2

Produit

Le produit est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2. $R_1 \times R_2$ est la relation ayant pour schéma la concaténation des schémas de R_1 et R_2, et pour tuples toutes les combinaisons de tuples de R_1 et R_2. L'opération *produit* n'est que très rarement utilisée.

R_1

A	B	C
a1	b1	c1
a2	b2	c2
a3	b3	c3

R_2

D	E
d1	e1
d2	e2

$R_1 \times R_2$

A	B	C	D	E
a1	b1	c1	d1	e1
a1	b1	c1	d2	e2
a2	b2	c2	d1	e1
a2	b2	c2	d2	e2
a3	b3	c3	d1	e1
a3	b3	c3	d2	e2

Différence

La différence est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 - R_2$ est la relation ayant le même schéma que R_1 et R_2, et pour tuples ceux appartenant à R_1 et pas à R_2.

Différence

La différence est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 - R_2$ est la relation ayant le même schéma que R_1 et R_2, et pour tuples ceux appartenant à R_1 et pas à R_2.

Quels sont les pilotes d'Air France ne travaillant pas pour British Airways ?

P_AF

id	nom	adresse
1	Dupond	Nice
2	Smith	Londres
3	Garratt	Perth

P_BA

id	nom	adresse
3	Garratt	Perth
4	Durand	Paris
5	MacMachin	Glasgow

Différence

La différence est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 - R_2$ est la relation ayant le même schéma que R_1 et R_2, et pour tuples ceux appartenant à R_1 et pas à R_2.

Quels sont les pilotes d'Air France ne travaillant pas pour British Airways ?

P_AF

id	nom	adresse
1	Dupond	Nice
2	Smith	Londres
3	Garratt	Perth

P_BA

id	nom	adresse
3	Garratt	Perth
4	Durand	Paris
5	MacMachin	Glasgow

P_AF−P_BA

id	nom	adresse
1	Dupond	Nice
2	Smith	Londres

Intersection

L'intersection est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 \cap R_2$ est la relation ayant le même schéma que R_1 et R_2, et pour tuples ceux appartenant à la fois à R_1 et à R_2.

Intersection

L'intersection est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 \cap R_2$ est la relation ayant le même schéma que R_1 et R_2, et pour tuples ceux appartenant à la fois à R_1 et à R_2.

Quels sont les pilotes travaillant pour Air France et British Airways ?

P_AF

id	nom	adresse
1	Dupond	Nice
2	Smith	Londres
3	Garratt	Perth

P_BA

id	nom	adresse
3	Garratt	Perth
4	Durand	Paris
5	MacMachin	Glasgow

Intersection

L'intersection est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 de même schéma. $R_1 \cap R_2$ est la relation ayant le même schéma que R_1 et R_2, et pour tuples ceux appartenant à la fois à R_1 et à R_2.

Quels sont les pilotes travaillant pour Air France et British Airways ?

P_AF

id	nom	adresse
1	Dupond	Nice
2	Smith	Londres
3	Garratt	Perth

P_BA

id	nom	adresse
3	Garratt	Perth
4	Durand	Paris
5	MacMachin	Glasgow

P_AF∩P_BA

id	nom	adresse
3	Garratt	Perth

Jointure

La jointure est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2. $R_1 \bowtie_{\text{attributs}} R_2$ est la relation dont les attributs sont ceux de R_1 et ceux de R_2, et dont les tuples sont obtenus en composant un tuple de R_1 et un tuple de R_2 ayant la même valeur pour les attributs précisés.

Jointure

La jointure est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2. $R_1 \bowtie_{\text{attributs}} R_2$ est la relation dont les attributs sont ceux de R_1 et ceux de R_2, et dont les tuples sont obtenus en composant un tuple de R_1 et un tuple de R_2 ayant la même valeur pour les attributs précisés.

AVION

id_avion	type	companie
10	A340	A F
20	B747	B A
30	B747	Qantas

MODÈLE

type	constructeur	capa
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

AVION $\bowtie_{\text{type}}$ MODÈLE

id_avion	type	companie	constructeur	capa
10	A340	A F	Airbus	228
20	B747	B A	Boeing	432
30	B747	Qantas	Boeing	432

Jointure naturelle

La jointure naturelle est une opération ensembliste portant sur 2 relations R_1 et R_2 :
$R_1 \bowtie R_2$ est la relation dont les attributs sont ceux de R_1 et ceux de R_2, et dont les tuples sont obtenus en composant un tuple de R_1 et un tuple de R_2 ayant la même valeur pour les attributs communs aux deux relations.

Jointure extérieure

La jointure extérieure est similaire à la jointure naturelle, mais conserve également les occurrences d'une relation qui n'ont pas de correspondant dans l'autre relation. Elle associe aux attributs non renseignés la valeur nulle.

Jointure extérieure

La jointure extérieure est similaire à la jointure naturelle, mais conserve également les occurrences d'une relation qui n'ont pas de correspondant dans l'autre relation. Elle associe aux attributs non renseignés la valeur nulle.

Exemple

AVION

id_avion	type	compagnie
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

AVION $\bowtie_{ext}$ MODÈLE

id_avion	type	compagnie	constructeur	capacité
20	B747	British Airways	Boeing	432
30	B747	Qantas	Boeing	432
$\perp$	A340	$\perp$	Airbus	228

Combinaisons d'Opérations

Quelle est la capacité des avions de Qantas ?

AVION

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

Combinaisons d'Opérations

Quelle est la capacité des avions de Qantas ?

r_1

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

$$r_1 = \sigma_{\text{compagnie=Qantas}}(\text{AVION}),$$

Combinaisons d'Opérations

Quelle est la capacité des avions de Qantas ?

r_2

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

$$r_1 = \sigma_{\text{compagnie=Qantas}}(\text{AVION}), \quad r_2 = \Pi_{\text{type}} r_1$$

Combinaisons d'Opérations

Quelle est la capacité des avions de Qantas ?

r_2

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

r_3

type	constructeur	capacité
B747	Boeing	432

$$r_1 = \sigma_{\text{compagnie=Qantas}}(\text{AVION}), \quad r_2 = \Pi_{\text{type}} r_1$$
$$r_3 = r_2 \bowtie \text{MODÈLE},$$

Combinaisons d'Opérations

Quelle est la capacité des avions de Qantas ?

r_2

id_avion	type	compagnie
10	A340	Air France
20	B747	British Airways
30	B747	Qantas

MODÈLE

type	constructeur	capacité
A340	Airbus	228
B747	Boeing	432

r_4

type	constructeur	capacité
B747	Boeing	432

$$r_1 = \sigma_{\text{compagnie=Qantas}}(\text{AVION}), \quad r_2 = \Pi_{\text{type}} r_1$$
$$r_3 = r_2 \bowtie \text{MODÈLE}, \quad r_4 = \Pi_{\text{capacité}}(r_3)$$

SQL

SQL — Introduction

- langage déclaratif permettant de :
  - créer, modifier et interroger une base de données relationnelle
  - contrôler la sécurité et l'intégrité de la base
- langage relationnel : on manipule des tables et on obtient des tables
  Une instruction SQL est une requête

SQL — Introduction

- langage déclaratif permettant de :
  - créer, modifier et interroger une base de données relationnelle
  - contrôler la sécurité et l'intégrité de la base
- langage relationnel : on manipule des tables et on obtient des tables
  Une instruction SQL est une requête

langage déclaratif

permet de décrire ce que l'on souhaite obtenir sans détailler les moyens de l'obtenir (par opposition à un langage procédural type langage C qui impose de décrire en détail toutes les actions nécessaires).

familles d'opérations

3 familles d'opérations

- LDD = Langage de Définition des Données : description de la structure de la base de données (tables, attributs)
- LMD = Langage de Manipulation de Données : manipulation des tables
- LCD = Langage de Contrôle des Données : gestion du contrôle et de la sécurité de la base de données

Création d'une Table

```
CREATE TABLE nomTable (
    nomColonne type contrainte_colonne,
    . . .,
    contrainte_table,
    . . .
);
```

contrainte_colonne peut être :

- NOT NULL
- UNIQUE
- PRIMARY KEY
- DEFAULT valeur
- CHECK condition

Création d'une Table

```
CREATE TABLE nomTable (
    nomColonne type contrainte_colonne,
    . . .,
    contrainte_table,
    . . .
);
```

contrainte_colonne peut être :

- NOT NULL
- UNIQUE
- PRIMARY KEY
- DEFAULT valeur
- CHECK condition

contrainte_table est :
FOREIGN KEY (référenceColonne) REFERENCES référenceTable

Exemples

```
create Table Pilote(
    id_pilote smallint primary key,
    nom varchar(20),
    adresse varchar(30)
);
create Table Vol(
    id_vol varchar(10) primary key,
    ville_depart varchar(20),
    ville_arrivee varchar(20),
    heure_depart time,
    heure_arrivee time
);
```

Exemples

```
create Table Pilote(
    id_pilote smallint primary key,
    nom varchar(20),
    adresse varchar(30)
);
create Table Vol(
    id_vol varchar(10) primary key,
    ville_depart varchar(20),
    ville_arrivee varchar(20),
    heure_depart time,
    heure_arrivee time
);
```

Remarque

Notez l'absence de virgule à la fin de la dernière ligne.

Exemples

```
create Table Effectue(
    id_pilote smallint references Pilote,
    id_vol varchar(10) references Vol,
    date Date,
    primary key(id_pilote,id_vol,date)
);
```

Exemples

Autre façon de déclarer les clés étrangères

```
create Table Effectue(
    id_pilote smallint,
    id_vol varchar(10),
    date Date,
    foreign key (id_pilote) references Pilote,
    foreign key (id_vol) references Vol,
    primary key (id_pilote,id_vol,date)
);
```

Contraintes

Les contraintes permettent d'exprimer des conditions devant être respectées par tous les tuples d'une table.

Contraintes

Les contraintes permettent d'exprimer des conditions devant être respectées par tous les tuples d'une table.

Contraintes de Domaine

Les contraintes de domaine expriment les valeurs que peuvent prendre un attribut :

- `NOT NULL` : l'attribut doit posséder une valeur
- `DEFAULT` : valeur par défaut de l'attribut (quand il n'est pas défini)
- `UNIQUE` : deux tuples ne peuvent pas avoir la même valeur pour cet attribut
- `CHECK` : spécifie une condition devant être satisfaite par tous les tuples de la table

Exemple

```
create Table Modele(
    type varchar(20) primary key,
    capacite smallint check(capacite>0),
    constructeur varchar(30) not null
);
```

Dépendances

Les clauses `ON UPDATE` et `ON DELETE` permettent d'indiquer les répercussions à effectuer lors de mises à jour ou de suppressions de tables ou de clés primaires :

- NO ACTION : les clauses `update` et `delete` ne sont pas exécutées pour que l'intégrité référentielle soit préservée
- CASCADE : toutes les clés étrangères sont mises à jour lors de la modification de la clé primaire et tous les enregistrements ayant la clé étrangère sont supprimés lors de la suppression de la clé primaire
- SET NULL, SET DEFAULT : la clé étrangère prend la valeur `NULL` (ou la valeur par défaut) lors de la modification ou la suppression de la clé primaire

Exemple

```
create Table Effectue(
    id_pilote smallint,
    id_vol varchar(10),
    date Date,
    foreign key (id_pilote) references Pilote
        on delete cascade,
    foreign key (id_vol) references Vol on delete cascade,
    primary key (id_pilote,id_vol,date)
);
```

Suppression/Modification

Suppression d'une table : `DROP TABLE nom_table;`

Suppression/Modification

Suppression d'une table : `DROP TABLE nom_table;`

Modification d'une table : `ALTER TABLE nom_table SET...;`

Insertion de Tuples

```
INSERT INTO table [(column [,...])] {
    DEFAULT VALUES | VALUES (expression [,...])}
```

Insertion de Tuples

```
INSERT INTO table [(column [,...])] {
    DEFAULT VALUES | VALUES (expression [,...])}
```

Exemple

```
insert into Avion values (2,'B707','Qantas');
insert into Avion(id_avion,type) values (3,'B737');
insert into Avion values (4,'A320','Air France');
insert into Avion (id_avion,type) values (5,'A320');
insert into Avion values (6,'A320',null);
insert into Avion values (8,'B737','Air France');
```

Insertion de Tuples

Résultat

```
select * from Avion;

 id_avion | type |  compagnie
----------+------+-----------
        2 | B707 | Qantas
        3 | B737 |
        4 | A320 | Air France
        5 | A320 |
        6 | A320 |
        8 | B737 | Air France
(6 rows)
```

Mise à Jour

```
UPDATE table SET col=expression [,...]
    [WHERE condition]
```

Mise à Jour

```
UPDATE table SET col=expression [,...]
    [WHERE condition]
```

Exemple

```
update Vol set date_vol='07/02/2004'
    where Vol.id_vol='BA302';
```

Suppression

```
DELETE FROM table [WHERE condition]
```

Suppression

```
DELETE FROM table [WHERE condition]
```

Exemple

```
delete from Avion where Avion.id_avion=6;
```

SELECT

```
SELECT [ALL | DISTINCT [ON (expression [,...])]]
    * | expression [AS nom_sortie] [,...]
    [FROM table [,...]]
    [WHERE condition]
```

Projection

Pour faire une projection, on utilise `select` en désignant les attributs sur lesquels la projection est effectuée.
Contrairement à ce qui se passe en algèbre relationnelle, on obtient plusieurs fois la même ligne si les mêmes attributs figurent en plusieurs exemplaires dans la projection.

Projection

Pour faire une projection, on utilise `select` en désignant les attributs sur lesquels la projection est effectuée.
Contrairement à ce qui se passe en algèbre relationnelle, on obtient plusieurs fois la même ligne si les mêmes attributs figurent en plusieurs exemplaires dans la projection.

Quels sont les différents types d'avions ?

```
select Avion.type from Avion ;
   type
------
 B707
 B737
 A320
 A320
 A320
 B737
```

Projection sans Doublon

$$\Pi_{type} Avion$$

```
select distinct Avion.type from Avion;
```

```
  type
------
 B707
 B737
 A320
```

Sélection : La clause `WHERE`

- La clause `WHERE` permet de spécifier un critère de sélection, appelé *prédicat*. Si un tuple satisfait le prédicat, il fera partie du résultat.
- Le prédicat est une expression logique composée d'une suite de conditions combinées par les opérateurs logiques `AND`, `OR` ou `NOT`.
- Un élément d'une expression peut prendre une des formes suivantes :
  - comparaison à une valeur : `=`, `!=`, `<>`, `<`, `>`, `<=`, `>=`
  - comparaison à une fourchette de valeurs : `between`
  - comparaison à une liste de valeurs : `in`
  - comparaison à un filtre : `like`, `~`
  - test sur l'indétermination d'une valeur : `is null`
  - test *tous* : `all`
  - test *au moins un* : `any`

Exemple

Quels sont les vols partant entre 14h et 18h ?

id_vol	...	heure_dep	heure_arr
AF1232	...	15:30:00	22:00:00
BA302	...	09:15:00	16:54:00
QT17	...	14:30:00	15:30:00

Exemple

Quels sont les vols partant entre 14h et 18h ?

```
 id_vol | ...  | heure_dep | heure_arr
-------------------------------------
 AF1232 | ... |  15:30:00 |  22:00:00
 BA302  | ... |  09:15:00 |  16:54:00
 QT17   | ... |  14:30:00 |  15:30:00
```

```
select Vol.* from Vol where Vol.heure_dep between 14 and 18;
```

Exemple

Quels sont les vols partant entre 14h et 18h ?

```
 id_vol | ...  | heure_dep | heure_arr
--------------------------------------
 AF1232 | ... |  15:30:00 |  22:00:00
 BA302  | ... |  09:15:00 |  16:54:00
 QT17   | ... |  14:30:00 |  15:30:00
```

```
select Vol.* from Vol where Vol.heure_dep between 14 and 18;
```

Résultat :

```
 id_vol | ...  | heure_dep | heure_arr
--------------------------------------
 AF1232 | ... |  15:30:00 |  22:00:00
 QT17   | ... |  14:30:00 |  15:30:00
```

Autres Exemples

```
select Vol.* from Vol
    where Vol.ville_depart in ('Londres','Paris');

select Pilote.* from Pilote where Pilote.nom_pilote ~ '^D';

select Pilote.* from Pilote where Pilote.adr_pilote is null;
```

Tri des Tuples

- Pour trier le résultat, on utilise la clause `ORDER BY` suivie éventuellement de `ASC` (tri ascendant) ou `DESC` (tri descendant).
- Si rien n'est précisé, les tuples apparaissent dans l'ordre dans lequel ils ont été trouvés.

Tri des Tuples

- Pour trier le résultat, on utilise la clause `ORDER BY` suivie éventuellement de `ASC` (tri ascendant) ou `DESC` (tri descendant).
- Si rien n'est précisé, les tuples apparaissent dans l'ordre dans lequel ils ont été trouvés.

Quels sont les avions n'appartenant pas à la compagnie Qantas triés par numéro d'avion décroissant ?

```
select Avion.* from Avion
    where Avion.compagnie!='Qantas'
    order by Avion.id_avion desc;
```

Jointure

Quels sont les noms des pilotes qui ont assuré le vol Londres–Paris de 09 :15 ?

Pour effectuer une jointure, il suffit de :

- citer les attributs recherchés dans la clause `select` :
  select Pilote.nom ...
- lister dans la clause `from` les tables concernées par la jointure :
  select Pilote.nom from Pilote,Effectue,Vol ...
- préciser dans la clause `where` la condition portant sur les attributs sur lesquels la jointure est faite :

```
select Pilote.nom from Pilote,Effectue,Vol
    where Pilote.id_pilote=Effectue.id_pilote
        and Effectue.id_vol=Vol.id_vol ...
```

Jointure

Quels sont les noms des pilotes qui ont assuré le vol Londres–Paris de 09 :15 ?

- préciser dans la clause `where` les conditions particulières à la requête :

```
select Pilote.nom from Pilote,Effectue,Vol
    where Pilote.id_pilote=Effectue.id_pilote
        and Effectue.id_vol=Vol.id_vol
        and Vol.ville_depart='Londres'
        and Vol.ville_arrivee='Paris'
        and Vol.heure_dep='09 :15 :00' ;
```

Jointure Naturelle : NATURAL JOIN

Permet de ne pas spécifier les attributs sur lesquels la jointure est effectuée : SQL choisit automatiquement les attributs de même nom dans les tables comme attributs de liaison.

Jointure Naturelle : NATURAL JOIN

Permet de ne pas spécifier les attributs sur lesquels la jointure est effectuée : SQL choisit automatiquement les attributs de même nom dans les tables comme attributs de liaison.

Quels sont les différentes combinaisons d'avions et de pilotes utilisées sur les vols ?

```
select distinct Pilote.nom_pilote,Vol.id_vol
    from Pilote natural join Effectue natural join Vol;

    nom_pilote | id_vol
    -----------+-----------
     Dupond    |    4
     Garrat    |    2
     Garrat    |    20
     MacMachin |    20
     Smith     |    2
```

Jointures Extérieures

Clauses `LEFT OUTER`, `RIGHT OUTER` et `FULL OUTER`. On conserve les tuples qui ne vérifient pas la condition pour l'une ou l'autre table.

Exemple

Quels sont les pilotes n'effectuant pas de vol ?

On selectionne tous les pilotes et leurs vols même s'ils n'ont pas effectué de vols :

```
select Pilote.nom_pilote,Effectue.id_vol from Pilote
    left outer join Effectue
    on Pilote.id_pilote=Effectue.id_pilote;
```

```
nom_pilote | id_vol
-----------+---------
 Dupond    | AF1232
 Dupond    | AF2321
 Smith     | QT71
 Garrat    | QT17
 Garrat    | BA302
 Durand    |
 MacMachin | BA203
```

Exemple (suite)

Quels sont les pilotes n'effectuant pas de vol ?

On ne garde ensuite que les pilotes associés à aucun vol :

```
select Pilote.nom_pilote,Effectue.id_vol from Pilote
    left outer join Effectue
        on Pilote.id_pilote=Effectue.id_pilote
            where id_vol is null;

    nom_pilote
    ----------
     Durand
```

Auto-Jointure

Permet de traîter une requête comportant un critère comparant la valeur d'un attribut avec celle du même attribut dans un autre tuple de la même table. Pour distinguer les deux versions de la table, on utilise des *alias*.

Auto-Jointure

Permet de traîter une requête comportant un critère comparant la valeur d'un attribut avec celle du même attribut dans un autre tuple de la même table. Pour distinguer les deux versions de la table, on utilise des *alias*.

Quels sont les numéros des vols dont l'heure de départ est après celle du vol Sydney-Perth ?

```
select tard.id_vol,tard.heure_dep,SP.heure_dep
    from Vol as tard join Vol as SP
        on tard.heure_dep>SP.heure_dep
    where SP.ville_dep='Sydney' and SP.ville_arr='Perth';

 id_vol | heure_dep | heure_dep
--------+-----------+-----------
 AF1232 | 15:30:00  | 14:30:00
 BA203  | 15:15:00  | 14:30:00
 AF2321 | 16:30:00  | 14:30:00
```

Union

L'opérateur `UNION` effectue l'union des résultats de deux requêtes `select` en éliminant les doublons parmi les tuples.
Les attributs sélectionnés dans les deux `select` doivent être identiques.

Union

L'opérateur `UNION` effectue l'union des résultats de deux requêtes `select` en éliminant les doublons parmi les tuples.
Les attributs sélectionnés dans les deux `select` doivent être identiques.

Quels sont les avions d'`Air France` assurant des vols pour `Paris` et ceux de `British Airways` assurant des vols pour `Londres` ?

```
select Avion.* from Avion,Vol
    where Avion.id_avion=Vol.id_avion
        and Avion.compagnie='Air France'
         and Vol.ville_arr='Paris'
union
select Avion.* from Avion,Vol
    where Avion.id_avion=Vol.id_avion
        and Avion.compagnie='British Airways'
        and Vol.ville_arr='Londres';
```

Intersection

L'opérateur `INTERSECT` effectue l'intersection des résultats de deux requêtes `select`. On obtient une table contenant les tuples communs aux deux tables de départ.
Les attributs sélectionnés dans les deux `select` doivent être identiques.

Intersection

L'opérateur `INTERSECT` effectue l'intersection des résultats de deux requêtes `select`. On obtient une table contenant les tuples communs aux deux tables de départ.
Les attributs sélectionnés dans les deux `select` doivent être identiques.

Quels sont les avions assurant à la fois des vols pour `Londres` et pour `Paris` ?

```
select Avion.* from Avion,Vol
    where Avion.id_avion=Vol.id_avion
        and Vol.ville_arr='Londres'
intersect
select Avion.* from Avion,Vol
    where Avion.id_avion=Vol.id_avion
        and Vol.ville_arr='Paris';
```

Différence

L'opérateur `EXCEPT` effectue la différence des résultats de deux requêtes `select`.
On obtient une table contenant les tuples de la première requête qui n'apparaissent pas dans la deuxième.
Les attributs sélectionnés dans les deux `select` doivent être identiques.

Différence

L'opérateur `EXCEPT` effectue la différence des résultats de deux requêtes `select`.
On obtient une table contenant les tuples de la première requête qui n'apparaissent pas dans la deuxième.
Les attributs sélectionnés dans les deux `select` doivent être identiques.

Quels sont les avions assurant des vols pour `Londres` mais pas pour `Paris` ?

```
select Avion.* from Avion,Vol
    where Avion.id_avion=Vol.id_avion
        and Vol.ville_arr='Londres'
except
select Avion.* from Avion,Vol
    where Avion.id_avion=Vol.id_avion
        and Vol.ville_arr='Paris';
```

ALL et ANY

- La requête se place dans la clause `where` avec un opérateur de comparaison suivi de `ALL` ou `ANY`.
- `ALL` : la condition est vraie si et seulement si elle est vraie pour toutes les valeurs produites.
- `ANY` : la condition est vraie si et seulement si elle est vraie pour au moins une valeur produite.

Exemples

Quels sont les types d'avions du constructeur `Boeing` dont la capacité est supérieure à celle d'au moins un avion du constructeur `Airbus` ?

```
select distinct Avion.type from Avion
    where Avion.constructeur='Boeing'
        and Avion.capacite > ANY
            (select Avion.capacite from Avion
                where Avion.constructeur='Airbus');
```

Exemples

Quels sont les types d'avions du constructeur Boeing dont la capacité est supérieure à celle d'au moins un avion du constructeur Airbus ?

```
select distinct Avion.type from Avion
    where Avion.constructeur='Boeing'
        and Avion.capacite > ANY
            (select Avion.capacite from Avion
                where Avion.constructeur='Airbus');
```

Quels sont les types d'avions du constructeur Boeing dont la capacité est supérieure à celle de tous les avions du constructeur Airbus ?

```
select Avion.type from Avion
    where Avion.constructeur='Boeing'
        and Avion.capacite > ALL
            (select Avion.capacite from Avion
                where Avion.constructeur='Airbus');
```

EXISTS

```
... where exists (select...);
```

La condition est vérifiée si la requête imbriquée renvoie au moins un tuple.

EXISTS

```
... where exists (select...);
```

La condition est vérifiée si la requête imbriquée renvoie au moins un tuple.

Quels sont les avions qui assurent au moins un vol pour Londres ?

```
select * from Avion
    where exists (select * from Vol
                  where Vol.id_avion=Avion.id_avion
                      and Vol.ville_arr='Londres');
```

EXISTS

```
... where exists (select...);
```

La condition est vérifiée si la requête imbriquée renvoie au moins un tuple.

Quels sont les avions qui assurent au moins un vol pour Londres ?

```
select * from Avion
    where exists (select * from Vol
                      where Vol.id_avion=Avion.id_avion
                          and Vol.ville_arr='Londres');
```

Quels sont les avions qui n'assurent pas de vol pour Londres ?

```
select * from Avion
    where not exists (select * from Vol
                          where Vol.id_avion=Avion.id_avion
                              and Vol.ville_arr='Londres');
```

Fonctions sur les Attributs

Fonctions portant sur les chaînes de caractères :

- `CHAR_LENGTH(chaîne)` : renvoie la longueur de `chaîne`.
- `POSITION(chaîne IN source)` : cherche la `chaîne` de caractères dans la chaîne `source`. Si elle est trouvée, sa position est retournée, sinon 0 est renvoyé.
- `SUBSTRING(source FROM début FOR longueur)` : extrait la sous-chaîne de `source` commençant à la position `début` et ayant `longueur` caractères.
- `UPPER(chaîne)` : convertit la `chaîne` en majuscules.
- `LOWER(chaîne)` : convertit la `chaîne` en minuscules.
- `EXTRACT(élément FROM source)` : extrait un élément d'une chaîne source telle que date ou heure.
- `chaîne1 || chaîne2` : concaténation des deux chaînes.

Exemple

```
select Avion.compagnie,
    position('an' in Avion.compagnie),
    char_length(Avion.compagnie),
    substring(Avion.compagnie from 5 for 3)
    from Avion;
```

compagnie	position	char_length	substring
Qantas	2	6	as
Air France	7	10	Fra
Air France	7	10	Fra
British Airways	0	15	ish
Qantas	2	6	as
Air France	7	10	Fra

Exemple

```
select Pilote.nom, Pilote.prenom,
    upper(nom)||' '||lower(prenom) as nom_prenom
    from Pilote
    order by nom_prenom asc;

     nom     |  prenom   |    nom_prenom
-------------+-----------+------------------
 Dupond      | Laurent   | DUPOND laurent
 Durand      | Frédéric  | DURAND frédéric
 Garrat      | Jo        | GARRAT jo
 MacMachin   | Allan     | MACMACHIN allan
 Smith       | Wendy     | SMITH wendy
```

Autres fonctions

De nombreuses fonctions sont disponibles. Leur liste peut-être obtenue (dans `psql`) en tapant `\df`.

Exemple

```
select Avion.id_avion,sqrt(float8(capacite))
    from Avion where Avion.capacite is not null;

 id_avion |        sqrt
----------+-------------------
        2 | 12.2474487139159
        4 | 21.2132034355964
        8 | 18.7082869338697
       20 | 20.7846096908265
       30 | 20.7846096908265
       10 | 15.0996688705415
```

Détermination des Groupes

- Un groupe est un sous-ensemble des tuples d'une table ayant la même valeur pour un attribut.
- Un groupe est déterminé par la clause `GROUP BY` suivie du nom de l'attribut sur lequel s'effectue le regroupement.
- La clause `GROUP BY` réarrange la table résultat d'un `SELECT` par groupes.
- Lorsqu'une clause `GROUP BY` est précisée, on peut utiliser des fonctions portant sur les groupes.

Fonctions sur les Groupes

- `COUNT` : compte le nombre d'occurrences de l'attribut.
- `SUM` : calcule la somme des valeurs de l'attribut.
- `AVG` : calcule la moyenne des valeurs de l'attribut.
- `MAX` : recherche la plus grande valeur de l'attribut.
- `MIN` : recherche la plus petite valeur de l'attribut.

Exemples

Combien y a-t-il d'avions ?

```
select count(*) from avion;
     count
    -------
         7
```

Exemples

Combien y a-t-il d'avions ?

```
select count(*) from avion;
     count
    -------
         7
```

Combien y a-t-il d'avions de chaque type ?

```
select type,count(*) from avion group by type;
     type | count
    ------+-------
     A320 |     2
     A340 |     1
     B707 |     1
     B737 |     1
     B747 |     2
```

Exemples

Quelle est la capacité moyenne des avions ?

```
select avg(capacite) from avion;

        avg
-----------------
 340.3333333333
```

Clause HAVING

- La clause HAVING est l'équivalent du WHERE appliqué aux groupes.
- Le critère spécifié dans la clause HAVING porte sur la valeur d'une fonction calculée sur un groupe.

Clause HAVING

- La clause HAVING est l'équivalent du WHERE appliqué aux groupes.
- Le critère spécifié dans la clause HAVING porte sur la valeur d'une fonction calculée sur un groupe.

Quelles sont les compagnies possédant au moins deux avions ?

```
select compagnie, count(*) from avion
    group by compagnie having count(*)>=2;

     compagnie   | count
    -------------+-------
     Air France  |     3
     Qantas      |     2
```

Vues

Une vue est le nom donné à une requête.
L'utilisation de vues permet de donner de la base de données une vision adaptée à l'utilisateur (en évitant par exemple de faire apparaître des données sensibles)

Une vue est dynamique : c'est une sorte de table virtuelle. Une fois créée, la vue est accessible comme toute autre table.

Création d'une Vue

La création d'une vue s'effectue à l'aide de la clause `CREATE VIEW`.

Création d'une Vue

La création d'une vue s'effectue à l'aide de la clause `CREATE VIEW`.

Créer une vue de nom `AF2Paris` des avions de la compagnie Air France ayant Paris pour destination.

```
create view AF2Paris as
    select avion.id_avion,avion.type,avion.constructeur,
        avion.capacite,vol.id_vol from avion,vol
        where avion.compagnie='Air France'
            and avion.id_avion=vol.id_avion
            and vol.ville_arr='Paris';
```

Utilisation d'une vue

Les requêtes s'effectuent comme sur les tables :

Utilisation d'une vue

Les requêtes s'effectuent comme sur les tables :

```
select * from AF2Paris;
     id_avion | type | constructeur | capacite | id_vol
    ----------+------+--------------+----------+---------
            4 | A320 | Airbus       |      450 | AF2321
```

Utilisation d'une vue

Les requêtes s'effectuent comme sur les tables :

```
select * from AF2Paris;
     id_avion | type | constructeur | capacite | id_vol
    ----------+------+--------------+----------+---------
            4 | A320 | Airbus       |      450 | AF2321
```

Il ne peut y avoir ni insertion ni suppression directes, car la vue est définie par une requête. Ce n'est donc pas une table à part entière.
Pour contourner cette difficulté, on peut utiliser une règle (voir plus loin)

Suppression d'une Vue

```
DROP VIEW name [ CASCADE | RESTRICT ]
```

RESTRICT : si la vue intervient dans la définition d'une autre vue ou dans une contrainte d'intégrité, la commande est rejetée.
CASCADE : si la vue est supprimée, toutes les vues et contraintes où la vue intervient seront supprimées.

Suppression d'une Vue

```
DROP VIEW name [ CASCADE | RESTRICT ]
```

RESTRICT : si la vue intervient dans la définition d'une autre vue ou dans une contrainte d'intégrité, la commande est rejetée.
CASCADE : si la vue est supprimée, toutes les vues et contraintes où la vue intervient seront supprimées.

```
drop view AF2Paris;
```

Règles

Les règles permettent de spécifier quelle action doit être effectuée lors de la réception d'un événement donné.

Syntaxe

```
CREATE RULE nom_règle AS ON événement TO objet DO action
```

L'objet peut être une table ou une vue éventuellement assortie d'une condition dans une clause `WHERE`.
L'événement est une action sur l'objet comme une insertion, une suppression ou une mise à jour. L'action peut être :

- une ou plusieurs requêtes
- ne rien faire : `NOTHING`
- ce qu'il faut faire à la place : `INSTEAD action`

Règles — Exemple

Lors de l'insertion dans la vue `AF2Paris`, créer les tuples idoines dans `avion` et `vol`

```
create rule ins_af2paris as on insert to AF2Paris
    do instead (
            insert into avion
                values(new.id_avion,new.type,new.constructeur,
                        new.capacite,'Air France');
            insert into vol(id_vol,id_avion,ville_arr)
                values(new.id_vol,new.id_avion,'Paris'));
```

Client C d'un SGBD

Objectif

Rédiger et implémenter une API permettant aux applications :

- d'accéder aux bases de données.
- d'exécuter des requêtes SQL.
- de récupérer puis traiter les résultats de ces requêtes.

La librairie libpq-fe.h

- Il faut inclure la librairie libpq-fe.h pour pouvoir accéder aux fonctions de postgresql :

```
#include </usr/include/postgresql-8.3/libpq-fe.h>
```

- Compilation :

```
gcc -lpq . . .
```

La librairie libpq-fe.h

- Il faut inclure la librairie libpq-fe.h pour pouvoir accéder aux fonctions de postgresql :

```
#include </usr/include/postgresql-8.3/libpq-fe.h>
```

- Compilation :

```
gcc -lpq . . .
```

- Plusieurs connexions à des bases de données peuvent avoir lieu simultanément. Chacune est identifiées par une variable de type PGconn*.
- Une connexion à la base de type PGconn* s'obtient en appelant la fonction PQconnectdb.
- Pour exécuter une requête, on utilise la fonction PQexec avec la connexion et la requête SQL en paramètre.
- La fonction PQexec retourne un résultat de type PGresult*.

La librairie libpq-fe.h

- Une variable de type `PGresult*` pointe vers un tableau à deux dimensions contenant le résultat de la requête.
- Plusieurs fonctions permettent d'examiner le résultat de type `PGresult*` d'une requête :
  - `PQnfields` renvoie son nombre d'attributs.
  - `PQntuples` renvoie son nombre de tuples.
  - `PQfname` renvoie le nom d'un de ses attributs.
  - `PQgetvalue` permet d'obtenir le contenu d'une de ses cases.

Exemple — (début)

```
#include </usr/include/postgresql-8.3/libpq-fe.h>
int main(){
    PGconn* connection;
    PGresult* resultat;
    char requete[200];
    int nbcols, nbligs, field, row;

    /* début : connection */
    connection=PQconnectdb("host=aquanux dbname=mabase
                           user=utilisateur password=motdepasse");
    if (PQstatus(connection)==CONNECTION_BAD){
        perror("Problème de connection\n");
        exit(1);
    }
    /* requête */
    strcpy(requete,"select * from livre");
    resultat=PQexec(connection,requete);
```

Exemple — (suite)

```
/* nombre d'attributs */
nbcols=PQnfields(resultat);
/* nombre de tuples */
nbligs=PQntuples(resultat);

/* écriture des noms des attributs de la table */
for(field=0;field<nbcols;field++)
    printf("%s,",PQfname(resultat,field));
printf("\n");

/* écriture du contenu de la table */
for(row=0;row<nbligs;row++){
    for(field=0;field<nbcols;field++)
        printf("%s,",PQgetvalue(resultat,row,field));
    printf("\n");
}
```

Fin de connexion

Lorsque l'on a terminé, on peut libérer la mémoire occupée par les variables contenant le résultat d'une requête avec la commande `PQclear`. Enfin, `PQfinish` ferme l'accès à la base de données.

```
    /* fin */
    PQclear(resultat);
    PQfinish(connection);
}
```

Client java d'un SGBD
JDBC : Java Data Base Connectivity

Objectif

Rédiger et implémenter une API permettant aux applications :

- d'accéder aux bases de données.
- d'exécuter des requêtes SQL.
- de récupérer puis traiter les résultats de ces requêtes.

Étapes

- charger un pilote en mémoire
- établir la connexion à une base de données
- créer une session
- exécuter des requêtes SQL et exploiter les résultats
- fermer la connexion

Charger un pilote en mémoire

```
Class.forName("org.postgresql.Driver");
```

- charge dynamiquement la classe dont le nom est passé en paramètre
- une instance spécifique du pilote est créée
- elle se place dans la liste des pilotes utilisables pour le DriverManager

Ouverture de connexion

```
String urlBD = "jdbc:postgresql://aquanux";
Connection connexion =
  DriverManager.getConnection(urlBD,"login","mot_de_passe");
```

- Le driver manager parcourt la liste des pilotes et en utilise un pour ouvrir une connexion avec une base de données.
- Chaque pilote implémente les classes et interfaces de l'API JDBC pour un SGBD particulier.
- Les applications java utilisent toujours les mêmes méthodes, quel que soit le SGBD cible.

Programme général

Création d'une session

```
Statement stmt = connexion.createStatement();
```

Exécution de requêtes SQL et récupération du résultat

```
ResultSet rs = stmt.executeQuery("select * from livre");
int nb = stmt.executeUpdate
    ("delete from livre where titre='Le réseau'");
```

Fermeture de connexion

```
stmt.close();
connexion.close();
```

Exemple (1)

```
import java.sql.*;
import java.util.ArrayList;

public class GestionBD {
    private Connection connexion;
    private Statement stmt;

    // constructeur : ouvre une connexion puis une session.
    public GestionBD(String url, String pilote,String gestionnaireBD,
            String motDePasse,PrintWriter out)
            throws SQLException,ClassNotFoundException {
        Class.forName(pilote);
        this.connexion = DriverManager.getConnection(url,
            gestionnaireBD,motDePasse);
        this.stmt = connexion.createStatement();
    }
```

Exemple (2)

```
// fermeture de la connexion
public void fermerConnexion() throws SQLException {
    this.stmt.close();
    this.connexion.close();
}

// exécution d'une requête
public ResultSet executerRequete(String requete)
        throws SQLException {
    return(this.stmt.executeQuery(requete));
}
```

Exemple — (3)

```
// retourne le tableau de String de la méta-structure
// (les noms des attributs) du Resultset
public String[] getTableauNomsAttributsResultSet(ResultSet rs)
        throws SQLException {
    ResultSetMetaData rsmd=rs.getMetaData();
    int nbCol = rsmd.getColumnCount(); // nombre de colonnes
    String [] tab=new String[nbCol];
    for (int i=0;i<nbCol;i++) {
        tab[i]=rsmd.getColumnName(i+1);
    }
    return(tab);
}
```

Exemple — (4)

```
public ArrayList <String>  getArrayListTuplesResultSet(ResultSet rs,
        String separateur1,boolean nomsAttributs)
        throws SQLException {
    String s;
    int i;
    ResultSetMetaData rsmd=rs.getMetaData();
    int nbCol=rsmd.getColumnCount(); // nombre de colonnes
    ArrayList <String> al = new ArrayList <String> ();
    if (nomsAttributs) {
        s="";
        for(i=0;i<nbCol-1;i++) {
            s = s + rsmd.getColumnName(i+1) + separateur1;
        }
        s = s + rsmd.getColumnName(i+1);
        al.add(s);
    }
```

Exemple — (5)

```
        while (rs.next()) {
            s="";
            for(i=0;i<nbCol-1;i++) {
                s = s + rs.getString(i+1)+separateur1;
            }
            s = s + rs.getString(i+1);
            al.add(s);
        }
        return(al);
    }
} // end class
```

Exemple — Utilisation

```
GestionBD gt = new GestionBD("jdbc:postgresql://aquanux/mon_login",
    "org.postgresql.Driver","mon_login","mot_de_passe",pw);

ResultSet rs = gt.executerRequete("select * from avion");
String[] tab = gt.getTableauNomsAttributsResultSet(rs);
for (int i=0;i<tab.length;i++)
    System.out.println(tab[i]);

rs = gt.executerRequete("select * from vol");
ArrayList <String> al = gt.getArrayListTuplesResultSet(rs,";",true);
for (int i=0;i<al.size();i++)
    System.out.println(al.get(i));

gt.fermerConnexion();
```