

Persistenza in Java: JPA

Giuseppe Della Penna

Università degli Studi di L'Aquila

giuseppe.dellapenna@univaq.it

<http://people.disim.univaq.it/dellapenna>

Versione documento: 051025

Questo documento si basa sulle slide del corso di Web Engineering, riorganizzate per una migliore esperienza di lettura. Non è un libro di testo completo o un manuale tecnico, e deve essere utilizzato insieme a tutti gli altri materiali didattici del corso. Si prega di segnalare eventuali errori o omissioni all'autore.

Quest'opera è rilasciata con licenza CC BY-NC-SA 4.0. Per visualizzare una copia di questa licenza, visitate il sito <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

- 1. Persistenza
 - 1.1. Jakarta Persistence API (JPA)
 - 1.2. Object-Relational Mapping (ORM)
 - 1.3. Aggiungere JPA a un progetto Maven
- 2. Architettura di JPA
 - 2.1. Persistence Unit
 - 2.2. PersistenceContext ed EntityManager
 - 2.3. Tipi di EntityManager
- 3. JPA: entità
 - 3.1. Campi
 - 3.2. Chiavi primarie
 - 3.3. Classi Embeddable
 - 3.4. Collezioni Persistenti
 - 3.5. Tabelle, Indici e Vincoli
 - 3.6. Ereditarietà
 - 3.7. Ciclo di Vita delle Entità
 - 3.8. API dell'EntityManager
 - 3.9. Eventi di Persistenza
 - 3.10. Classi EntityListener
- 4. JPA: Relazioni
 - 4.1. Relazioni @ManyToOne (N:1)
 - 4.2. Relazioni @OneToOne (1:1)

- 4.3. Relazioni @ManyToMany (M:N)
- 4.4. Relazioni @OneToMany (1:N)
- 4.5. Relazioni unidirezionali e bidirezionali
- 4.6. Relazioni: inverse side
- 4.7. Relazioni bidirezionali @OneToOne
- 4.8. Relazioni bidirezionali @ManyToOne
- 4.9. Relazioni bidirezionali @ManyToMany
- 4.10. Relazioni: riassunto delle modalità di definizione
- 4.11. Caricamento (fetch) delle Relazioni
- 4.12. Estensione (cascade) delle Operazioni sulle Relazioni
- 5. JPA: Transazioni
 - 5.1. RESOURCE_LOCAL
 - 5.2. JTA
 - 5.3. Locking
- 6. JPA: Query
 - 6.1. API dell'EntityManager
 - 6.2. Query JPA
 - 6.3. Interfaccia Query
 - 6.4. JPQL: SELECT
 - 6.5. JPQL: FROM
 - 6.6. JPQL: JOIN nelle Clausole FROM
 - 6.7. JPQL: WHERE
 - 6.8. JPQL: Funzioni
 - 6.9. JPQL: Sottoquery
 - 6.10. JPQL: GROUP BY e HAVING
 - 6.11. JPQL: ORDER BY
 - 6.12. JPQL: UPDATE e DELETE
- 7. Argomenti Avanzati
 - 7.1. Persistenza in PHP
 - 7.2. Riferimenti

1. Persistenza

Un oggetto persistente ha uno stato che sopravvive al processo che lo ha creato, e quindi può essere successivamente ricaricato, riusato e aggiornato.

Per realizzare la persistenza, gli oggetti vengono scritti e letti da un database

1.1. Jakarta Persistence API (JPA)

JPA è un framework di persistenza generico che permette di rendere persistenti oggetti Java in maniera quasi del tutto trasparente al programmatore, fornendo:

- API per la persistenza, definite nel package `jakarta.persistence`
- Un linguaggio di query utilizzabile per interrogare oggetti persistenti, il Jakarta Persistence Query Language (JPQL)
- Un sistema di mappatura (ORM) tra lo schema relazionale di un DB e le classi che rappresentano oggetti persistenti, dette entità.

JPA fino a pochi anni fa era l'acronimo di **Java Persistence API**, sviluppata da Oracle come parte della *Java Enterprise Edition*, *JEE*. A partire dalla versione 9, la piattaforma enterprise di Java è sviluppata dalla *Eclipse Foundation*, ed ha preso il nome di *JakartaEE*. Allo stesso modo, l'acronimo JPA adesso indica la **Jakarta Persistence API**.

La differenza più evidente tra la "vecchia" versione di JPA e quella Jakarta è che tutti i namespace sono stati aggiornati, passando dal prefisso "javax." a "jakarta."

JPA è solo un insieme di interfacce: come molte tecnologie Java, per essere usata ha bisogno di una libreria effettiva di persistenza, inserita nel programma, che sia compatibile con JPA stessa: *EclipseLink*, *Hibernate*, *OpenJPA*,...

1.2. Object-Relational Mapping (ORM)

Un elemento cardine della persistenza in un linguaggio a oggetti è la strategia con cui gli oggetti vengono mappati negli schemi relazionali di un DB.

Con JPA, l'ORM si specifica tramite annotazioni (@) poste su classi, campi e metodi.

Esistono due classi di annotazioni, che permettono di definire un mapping a livello logico o fisico:

- Il livello logico corrisponde a quello object-oriented, e specifica entità e relazioni ad alto livello (come nel modello relazionale), lasciando a JPA l'onere di derivarne il modello fisico
- Il livello fisico è quello del database, con tabelle e colonne: a questo livello si dice a JPA direttamente come mappare gli elementi del database (anche preesistente) sugli oggetti

1.3. Aggiungere JPA a un progetto Maven

```

<dependency>
  <groupId>org.hibernate</groupId>
  <artifactId>hibernate-core</artifactId>
  <version>6.3.1.Final</version>
</dependency>

<dependency>
  <groupId>com.mysql</groupId>
  <artifactId>mysql-connector-j</artifactId>
  <version>8.0.33</version>
</dependency>

```

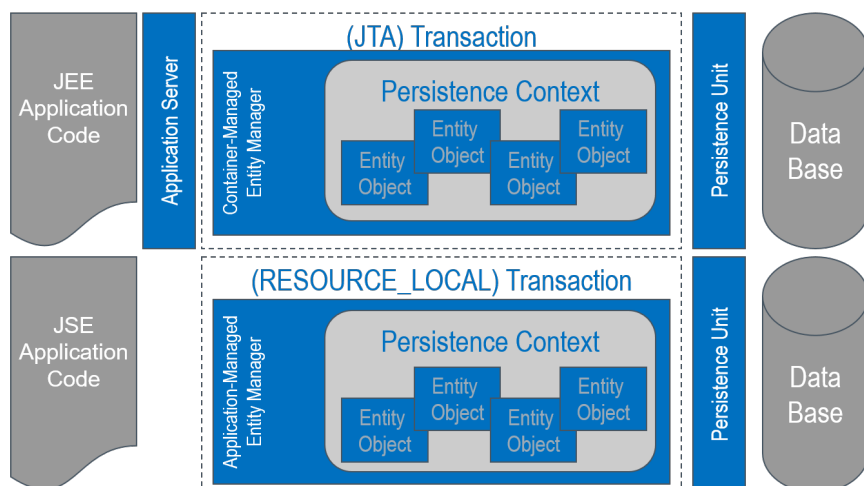
Per usare JPA in un'applicazione JSE è necessario inserirne un provider nella propria applicazione.

In questo esempio usiamo il notissimo **Hibernate**. La versione importata in questo esempio supporta **JPA 3.1**

È inoltre necessario importare il **driver JDBC** relativo al DBMS sul quale si realizzerà la persistenza. In questo caso importiamo il driver di **MySQL 8**

Attenzione: se si usa JPA in un'applicazione JEE, il relativo server fornisce la sua implementazione di JPA, e quindi non è necessario importarne una nell'applicazione, a meno che non si voglia disabilitare quella built-in del server.

2. Architettura di JPA



2.1. Persistence Unit

Una *persistence unit* definisce l'insieme delle classi-entità gestite da un *entity manager*.

Le classi specificate in una PU di solito sono mappate sullo schema di uno specifico database.

Le PU sono definite all'interno del file di configurazione **persistence.xml**, che di solito è posto nella directory META-INF dell'applicazione.

Ogni PU contiene

- Un nome univoco
 - Informazioni sul **provider di persistenza**, cioè la libreria che effettivamente gestirà la persistenza delle entità
 - Informazioni sul tipo di transazioni da usare: **RESOURCE_LOCAL** o **JTA** (si veda dopo per il significato di queste opzioni).
 - Le informazioni di accesso ai dati, cioè
 - Una lista di proprietà da inviare al provider, ad es. la *connection string* per un database e le credenziali associate
 - L'indicazione del data source (nel caso di applicazioni che usino connessioni ai dati gestite, ad esempio, tramite il *connection pooling*)
 - Una lista di (nome completi di) classi-entità da far gestire alla PU
- Specificare le classi da includere nella persistenza è solitamente necessario solo in ambienti JavaSE. Alcuni provider, come hibernate, eseguono l'autodetection di tutte le classi marcate con `@Entity`, ma questo non è sempre garantito.

Esempio – Applicazione JSE

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<persistence version="2.1" xmlns="http://xmlns.jcp.org/xml/ns/persistence" xmlns:xsi="http://w

<persistence-unit name="JPAExpPU" transaction-type="RESOURCE_LOCAL">
  <provider>org.hibernate.jpa.HibernatePersistenceProvider</provider>
  <class>it.univaq.f3i.lbd.jpa.examples.entities.Entity1</class>
  <properties>
    <property name="jakarta.persistence.jdbc.url" value="jdbc:mysql://localhost:3306/persistdb?
    <property name="jakarta.persistence.jdbc.user" value="website"/>
    <property name="jakarta.persistence.jdbc.password" value="webpass"/>
    <property name="jakarta.persistence.jdbc.driver" value="com.mysql.cj.jdbc.Driver"/>
    <property name="jakarta.persistence.schema-generation.database.action" value="drop-and-crea
    <property name="hibernate.show_sql" value="true"/>
    <property name="hibernate.format_sql" value="true"/>
  </properties>
</persistence-unit>
</persistence>
```

Esempio – Applicazione Web JSE (ad esempio su server Tomcat)

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<persistence version="3.0" xmlns="https://jakarta.ee/xml/ns/persistence" xmlns:xsi="http://www

<persistence-unit name="JPAExpWebPU" transaction-type="RESOURCE_LOCAL">
  <provider>org.hibernate.jpa.HibernatePersistenceProvider</provider>
  <non-jta-data-source>java:/comp/env/jdbc/persistdb</non-jta-data-source>
  <class>it.univaq.f3i.lbd.jpa.examples.entities.Entity1</class>
  <properties>
    <property name="jakarta.persistence.schema-generation.database.action" value="drop-and-crea
    <property name="hibernate.show_sql" value="false"/>
    <property name="hibernate.format_sql" value="true"/>
  </properties>
</persistence-unit>
</persistence>
```

Esempio – Applicazione JEE

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<persistence version="2.0" xmlns="http://java.sun.com/xml/ns/persistence" xmlns:xsi="http://ww

<persistence-unit name="JPAExpWebPU" transaction-type="JTA">
  <provider>org.apache.openjpa.persistence.PersistenceProviderImpl</provider>
  <jta-data-source>persistdb</jta-data-source>
  <properties>
    <property name="openjpa.jdbc.SynchronizeMappings" value="buildSchema(SchemaAction=&apos;add
  </properties>
</persistence-unit>
</persistence>
```

2.2. PersistenceContext ed EntityManager

Il **persistence context** è una cache di oggetti-entità associata a una PU e da questa a una sorgente dati (ad es. connessione a database) tramite la quale gli oggetti sono creati, aggiornati e rimossi.

All'interno del codice Java un PC è associato a un'istanza della classe **EntityManager**, tramite la quale è possibile interagire con le entità ad esso associate.

Se si preleva più volte (con una query, per ID, tramite un'enumerazione, ecc.) una specifica istanza di entità (cioè **con una particolare chiave**) tramite le API di uno stesso **EntityManager** (quindi *dallo stesso PC*), si otterrà sempre un riferimento allo stesso oggetto Java.

I PC sono isolati tra di loro: le entità presenti in due PC aperti simultaneamente (in concorrenza) non si influenzano e non sono sincronizzate tra loro.

L'EntityManager può essere usato, con modalità differenti, sia in applicazioni JEE che in applicazioni JSE.

2.3. Tipi di EntityManager

Container-Managed EntityManager

- Specifico delle applicazioni Enterprise (JEE/JakartaEE).
- È unico, viene creato dall' application server e reso disponibile nel codice tramite JNDI o *resource injection* (annotazione `@PersistenceContext`) **all'interno di oggetti EJB**.
- La parte transazionale è tipicamente JTA (default) e in tal caso l'EntityManager è ***transaction scoped***, cioè automaticamente creato e distrutto assieme alla transazione generata dal server, oppure può avere un "Extended Scope", nel qual caso il suo PC sopravvive oltre la transazione (non approfondiremo questa modalità).

Application-Managed EntityManager

- Tipico della applicazioni JSE, può essere usato anche in applicazioni JEE.
- Viene creato manualmente nel codice e deve essere chiuso esplicitamente tramite il metodo `close()` .
- È ottenuto tramite una **EntityManagerFactory** associata con una specifica persistence unit che può essere iniettata nel codice tramite l'annotazione `@PersistenceUnit` o creata tramite i metodi statici di **Persistence**.
- EntityManager creati successivamente sono associati a persistence context diversi.
- La parte transazionale è tipicamente RESOURCE_LOCAL, ma può essere anche JTA in applicazioni JEE. In questo caso, se quando l'EntityManager viene creato è già attiva una transazione JTA, quest'ultima verrà associata automaticamente all'EntityManager, altrimenti sarà l'EntityManager stesso a doversi legare a una transazione JTA aperta dal container tramite il metodo `joinTransaction`.

3. JPA: entità

Le entità del dominio si mappano sulle normali classi Java. Una classe diventa un'entità persistente quando viene annotata con `@Entity` (`jakarta.persistence.Entity`).

È possibile specificare il nome dell'entità, se diverso da quello della classe, con il parametro *name* dell'annotazione.

La classe deve avere (almeno) un costruttore senza argomenti accessibile (pubblico o protetto).

Non ci sono requisiti circa particolari classi da estendere o interfacce da implementare.

Sono supportate tutte le tecniche di modellazione a oggetti standard, come ereditarietà e incapsulamento. Nel caso dell'ereditarietà, non è richiesto che tutti gli oggetti della gerarchia siano dichiarati come entità.

La classe non deve essere *final*.

Una serie di annotazioni definisce il mapping specifico dello stato della classe nel DB. Tuttavia, maggior parte di queste annotazioni ha dei default, quindi può essere omessa.

Esempio

```
@Entity
@Access(AccessType.FIELD) /* opzionale */
@EntityListeners(value={Entity1Listener.class})
public class Entity1 {
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    private Long id;

    @Column(nullable = false)
    //oppure @Basic(optional=false)
    private String name;

    @Lob
    private String text;

    @Column(name = "date")
    private LocalDateTime timestamp;

    @Transient
    private int localcache;

    @Embedded
    private Embeddable1 aggregate;

    @OneToOne
    private Entity2 relation_e2;

    @OneToMany(mappedBy = "relation_e1")
    private List<Entity3> relation_e3_inverse = new ArrayList<>();

    @PrePersist
    @PreUpdate
    public void setCurrentTimestamp() {
        setTimestamp(LocalDateTime.now());
    }
}
```

La classe Entity1 è un'entità *persistente*, i cui campi sono derivati da quelli della classe stessa.

3.1. Campi

Lo stato persistente di una classe-entità è costituito dai dati in essa contenuti che vengono salvati sul

DB.

È possibile indicare cosa costituisce lo stato persistente di una classe tramite l'annotazione `@Access` :

- **AccessType.FIELD** indica che verranno resi persistenti i valori dei suoi campi.
I campi persistenti non devono essere mai final né pubblici, ma accessibili solo tramite i rispettivi getter/setter. I campi marcati con `@Transient` non sono mai persistenti.
- **AccessType.PROPERTY** indica che verranno resi persistenti i valori restituiti dai suoi metodi get/set, detti proprietà (che, come sappiamo, possono anche non essere mappati direttamente su dei campi, ma avere una rappresentazione interna più complessa).
I metodi get/set delle proprietà persistenti non devono mai essere final.

Se non si specifica `@Access` , il tipo di accesso viene dedotto dal punto in cui è inserita l'annotazione obbligatoria `@Id` (vedi più avanti)

Annotazioni di tipo

Su ogni dato (campo/metodo) persistente è possibile specificare dettagli del mapping usando alcune annotazioni:

- `@Column` : permette di specificare il nome della colonna del DB su cui mappare il dato (*name*, default: il nome del dato stesso), se la colonna può essere null (*nullable*, default true) e se deve essere UNIQUE (*unique*, default false). *Altre caratteristiche più avanzate vengono omesse.*
Attenzione: i tipi base di Java, come int o float, non potendo valere null, **sono implicitamente considerati nullable=false**. Al loro posto è quindi preferibile usare le corrispondenti classi wrapper (Integer, Float,...)
- `@Basic` : indica che il campo deve essere mappato sul tipo DB semplice più appropriato. È un'annotazione di default che può essere sempre omessa.
Si può applicare solo a dati dei seguenti tipi Java: tipi primitivi (int, double,...), wrapper di tipi primitivi (Integer, Double,...), String, BigInteger, BigDecimal, Date, Calendar, java.sql.Date, java.sql.Time, java.sql.Timestamp, byte[], Byte[], char[], Character[], enumerazioni e classi che implementano l'interfaccia Serializable.
Si può specificare il tipo di *fetch* del dato (*fetch*=**FetchType.EAGER** (default) o *fetch*=**FetchType.LAZY**). FetchType.LAZY indica che il caricamento dal DB del dato dovrà avvenire solo quando questo viene letto per la prima volta.
Si può specificare se il dato può essere omesso tramite l'attributo *optional* (che, in generale, renderà NOT NULL la colonna del database se posto a false).
- `@Lob` : indica che il dato persistente deve essere mappato su un Large Object del DB (CLOB, BLOB) invece che su un tipo base (ad es. VARCHAR).
Può essere usato insieme a `@Basic` . In questo caso, il *fetchType* di default è LAZY.
- `@Temporal` deve essere specificato (in congiunzione con `@Basic`) su dati di tipo Date o Calendar per indicare il tipo di dato del DB da mappare (**TemporalType.DATE**, **TemporalType.TIME** o **TemporalType.TIMESTAMP**). *I nuovi tipi java.time (come LocalDate) non necessitano di questa annotazione.*

I campi che rappresentano relazioni andranno annotati in maniera diversa.

3.2. Chiavi primarie

Ogni classe-entità deve avere uno o più campi dichiarati come chiave primaria, che verranno mappati nella chiave della corrispondente tabella del DB.

Le chiavi costituite da un solo campo si specificano con l'annotazione `@Id` posta sulla variabile/metodo get corrispondenti.

Le chiavi multi-campo devono essere incapsulate in un oggetto incorporato (definite con l'annotazione `@Embeddable`, vedi dopo) che contiene tutti i campi della chiave. La variabile/metodo get corrispondente deve essere annotato con `@EmbeddedId`

È possibile usare come chiavi primarie campi di tipo primitivo (int, double,...), wrapper di tipi primitivi (Integer, Double,...), String, Date, java.sql.Date, BigDecimal e BigInteger.

È possibile richiedere che il valore di una campo `@Id` (di tipo *semplice*) venga generato automaticamente (e in modo univoco) usando l'annotazione `@GeneratedValue`. Il parametro *strategy* indica in che modo dovranno essere generate i valori:

- `GenerationType.AUTO` (default, DB-specifico),
- `GenerationType.SEQUENCE` (valori sequenziali generati dal DB), `GenerationType.IDENTITY` (usa una colonna "identity" del DB),
- `GenerationType.TABLE` (i valori sono generati usando un'altra tabella per valutarne l'unicità)

Le strategie SEQUENCE e TABLE usano un generatore di default, che può essere riprogrammato usando le annotazioni `@TableGenerator` e `@SequenceGenerator`

Un campo `@GeneratedValue` non deve mai essere assegnato esplicitamente nel codice!

Esempio

```

@Entity
public class Entity1 {
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    private Long id;

    @Column(nullable = false)
    //oppure @Basic(optional=false)
    private String name;

    @Lob
    private String text;

    @Column(name = "date")
    private LocalDateTime timestamp;

    @Transient
    private int localcache;
}

```

L'entità Entity1 ha i seguenti **campi**:

- *id*, chiave numerica generata automaticamente all'atto della persistenza
- *name*, stringa dichiarata NOT NULL
- *text*, testo che verrà mappato su un CLOB
- *timestamp*, che verrà mappato su un campo del DB chiamato *date* (e non timestamp). Da notare che usando tipi definiti in java.time non abbiamo bisogno dell'annotazione `@Temporal`
- *localcache* sarà parte della classe Entity1 ma non della corrispondente entità persistente.

3.3. Classi Embeddable

Le classi *embeddable* non hanno una propria persistenza (cioè una tabella del DB corrispondente), ma vengono salvate aggregandole alle entità (proprietarie) in cui sono incorporate.

Una classe embeddable può essere incorporata (utilizzata) in più di una entità e deve essere marcata con l'annotazione `@Embeddable`. I corrispondenti campi della classe proprietaria devono essere annotati con `@Embedded`

L'entità proprietaria di una classe embeddable può anche alterarne il mapping per adattarlo alla struttura della propria tabella DB tramite le annotazioni `@AttributeOverride`, `@AttributeOverrides`, `@AssociationOverride` e `@AssociationOverrides`.

Attenzione: se un campo `@Embedded` punta a una classe `@Embeddable` **contenente campi esplicitamente o implicitamente marcati con *nullable=false***, allora l'intero campo `@Embedded` sarà ricorsivamente marcato come ***nullable=false***!

Esempio

```
@Entity
public class Entity1 {
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    private Long id;

    @Embedded
    private Embeddable1 aggregate;
}

@Embeddable
public class Embeddable1 {
    private String description;
    private Integer code;
}
```

L'entità Entity1 ha i seguenti **campi**:

- *id*, chiave numerica generata automaticamente all'atto della persistenza
- *aggregate*, in quanto `@Embedded`, verrà esploso nei campi della classe *Embeddable1*, cioè *description* e *code*.
- Da notare che *code* è *Integer* e non *int*, altrimenti diventerebbe implicitamente *optional=false* (o *nullable=false*) e, transitivamente, lo sarebbe anche *aggregate*.

3.4. Collezioni Persistenti

E' possibile rendere automaticamente persistenti anche *campi definiti come liste o mappe contenenti tipi base o classi embeddable*. A questo scopo, i corrispondenti campi dovranno essere annotati con l'annotazione `@ElementCollection`

Per eseguire la serializzazione, JPA creerà una relazione uno a molti implicita tra l'entità contenente il campo `@ElementCollection` e una tabella creata ad-hoc per contenere i valori della lista o mappa. Nel caso di una mappa, tale tabella conterrà anche una o più colonne usate per contenere i dati della chiave.

In questi casi è sempre buona norma *capire se è il caso di gestire queste liste tramite relazioni esplicite*, rendendo la classe nella lista un'entità invece che una classe embedded.

Esempio

```

@Entity
public class Entity1 {
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    private Long id;

    @ElementCollection
    private List<Embeddable1> aggregatedList;
    @ElementCollection
    private List<String> aggregatedStrings;

    @ElementCollection
    private Map<String, Embeddable1> aggregatedMap;
}

@Embeddable
public class Embeddable1 {
    private String description;
    private Integer code;
}

```

Per mappare Entity1 JPA creerà quattro tabelle: una per l'entità vera e propria, una per la collezione *aggregatedList*, una per la collezione *aggregatedStrings* e una per la collezione *aggregatedMap*. A titolo di esempio, mostriamo il DDL creato da Hibernate:

```

CREATE TABLE entity1 (
    id bigint(20) NOT NULL,
    PRIMARY KEY (id)
);
CREATE TABLE entity1_aggregatedlist (
    code int(11) DEFAULT NULL,
    Entity1_id bigint(20) NOT NULL,
    description varchar(255) DEFAULT NULL,
    FOREIGN KEY (Entity1_id) REFERENCES entity1 (id)
);
CREATE TABLE entity1_aggregatedstrings (
    Entity1_id bigint(20) NOT NULL,
    aggregatedStrings varchar(255) DEFAULT NULL,
    FOREIGN KEY (Entity1_id) REFERENCES entity1 (id)
);
CREATE TABLE entity1_aggregatedmap (
    code int(11) DEFAULT NULL,
    Entity1_id bigint(20) NOT NULL,
    aggregatedMap_KEY varchar(255) NOT NULL,
    description varchar(255) DEFAULT NULL,
    PRIMARY KEY (Entity1_id,aggregatedMap_KEY),
    FOREIGN KEY (Entity1_id) REFERENCES entity1 (id)
);

```

3.5. Tabelle, Indici e Vincoli

Come abbiamo visto, JPA crea in generale una tabella relazionale avente lo stesso nome di ogni entità dichiarata nel codice. E' tuttavia possibile personalizzare vari aspetti di questa tabella usando, insieme all'annotazione `@Entity` anche l'annotazione `@Table` con i seguenti parametri

- *name*: permette di specificare un nome alternativo per la tabella relazionale collegata all'entità. All'interno del codice, comunque, il nome da citare rimarrà sempre quello dell'entità (classe).
- *indexes*: permette di specificare degli indici da creare nella tabella, elencandone le colonne. La sintassi completa di questo parametro è

```
indexes = {@Index(name = "<nome>", columnList = "<col1>,<col2>,..."),...}
```

- *uniqueConstraints*: permette di specificare dei vincoli UNIQUE su più colonne (quelli su singola colonna possono essere impostati usando il parametro *unique* dell'annotazione `@Column`). La sintassi completa di questo parametro è

```
uniqueConstraints = {@UniqueConstraint(name="<nome>", columnNames = {"<col1>", "<col2>"}),...}
```

Esempio

```

@Entity
@Table(
    uniqueConstraints = {
        @UniqueConstraint(name="unique1", columnNames = {"name", "number"}),
    },
    indexes = {
        @Index(name = "indice1", columnList = "date,name")}
)
@Access(AccessType.FIELD)
public class Entity1 implements Serializable {
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    private Long id;
    @Column(nullable = false, unique = true)
    private String name;
    private Float number;
    @Lob
    private String text;
    @Column(name = "date")
    private LocalDateTime timestamp;
    @Transient
    private int localcache;
    @Embedded
    private Embeddable1 aggregate;
    @AttributeOverrides({
        @AttributeOverride(name = "description", column = @Column(name = "description2")),
        @AttributeOverride(name = "code", column = @Column(name = "code2"))
    })
    private Embeddable1 aggregate2;
}

```

Hibernate genera il seguente DDL per l'entità mostrata:

```

CREATE TABLE entity1 (
    id bigint(20) NOT NULL,
    number float DEFAULT NULL,
    name varchar(255) NOT NULL,
    text tinytext,
    date datetime(6) DEFAULT NULL,
    code int(11) DEFAULT NULL,
    code2 int(11) DEFAULT NULL,
    description varchar(255) DEFAULT NULL,
    description2 varchar(255) DEFAULT NULL,
    PRIMARY KEY (id),
    UNIQUE KEY UK_q7hc6n1kqsv (name),
    UNIQUE KEY unique1 (name,number),
    KEY indice1 (date,name)
);

```

3.6. Ereditarietà

Le classi-entità possono estendere altre entità ma anche classi non-entità (non annotate con `@Entity`) e astratte.

Lo stato delle classi standard (non-entità) inserite all'interno di una gerarchia non è mai persistente (quindi queste classi non possono contenere annotazioni relative alla persistenza, e i loro campi non vengono immagazzinati nel DB anche se ereditati da classi-entità), **a meno che queste non siano marcate con l'annotazione `@MappedSuperclass`**.

Una classe non-entità della gerarchia marcata con l'annotazione `@MappedSuperclass` può specificare un mapping per i suoi campi, che verranno resi persistenti, con le caratteristiche così descritte, come parte delle classi derivate (*una `@MappedSuperclass` non ha mai una tabella propria*).

Le gerarchie così ottenute possono essere mappate sul DB con tre strategie diverse, indicate tramite il parametro *strategy* dell'annotazione `@Inheritance`, da inserire **sulla classe radice della gerarchia**, insieme all'annotazione `@Entity`:

- `InheritanceType.SINGLE_TABLE`: tutti i dati della gerarchia (appartenenti a tutte le classi-entità in essa contenute) sono mappati su una sola tabella (default); in altre parole, *c'è una tabella per tutta la gerarchia (o meglio per ogni foglia delle gerarchie)*.
- `InheritanceType.JOINED`: ogni classe-entità (anche astratta) della gerarchia viene mappata su una tabella diversa, **con i propri campi (non quelli ereditati)**. Il sistema di persistenza userà dei join per ricostruire i dati completi (propri ed ereditati) di una sottoclasse. I record da collegare nelle varie tabelle avranno lo stesso valore `@Id`.
- `InheritanceType.TABLE_PER_CLASS`: ogni classe-entità non astratta della gerarchia viene mappata su una tabella diversa, **contenente tutti i campi propri ed ereditati**.

È possibile anche variare la strategia di mapping per sotto-alberi di una gerarchia, inserendo altre annotazioni `@Inheritance` sulle radici delle sotto-gerarchie.

Discriminatori

Per le strategie `SINGLE_TABLE` è necessario che JPA possa capire a quale entità della gerarchia corrispondono i dati "aggregati" nell'unica tabella (`SINGLE_TABLE`). Per questo viene aggiunta alle tabelle una colonna detta "discriminatore":

- Si inserisce l'annotazione `@DiscriminatorColumn` con i parametri *name* (nome della colonna) e opzionalmente *discriminatorType* (con valori `discriminatorType.STRING`, il default, `discriminatorType.CHAR` o `discriminatorType.INTEGER`) sulla classe che riporta anche l'annotazione `@Inheritance`. Se questa annotazione viene omessa, la colonna verrà creata col nome di default "DTYPE".
- Si inserisce, su ciascuna classe non astratta della gerarchia (compresa eventualmente la radice!), l'annotazione `@DiscriminatorValue` avente come parametro un valore del tipo prescelto che indichi univocamente quella classe. Se questa annotazione viene omessa, JPA sceglierà dei valori dipendenti dall'implementazione (ad esempio il nome dell'entità).

Esempio

```
public abstract class UnmappedSuperClass {private String unmappedSuperClassField;}

@MappedSuperclass public class MappedSuperClass extends SimpleSuperClass
{private String mappedSuperClassField;}

@Entity public class SingleSuperEntity extends MappedSuperClass
{@Id private Long singleSuperEntityId;
private String singleSuperEntityField;}

@Entity public class SingleDerivedEntity extends SingleSuperEntity
{private String singleDerivedEntityField;}

@Entity @Inheritance(strategy = InheritanceType.JOINED)
public class JoinedSuperEntity extends MappedSuperClass
{@Id private Long joinedSuperEntityId;
private String joinedSuperEntityField;}

public class JoinedDerivedEntity extends JoinedSuperEntity
{private String joinedDerivedEntityField;}

@Entity @Inheritance(strategy = InheritanceType.TABLE_PER_CLASS)
public class TableSuperEntity extends MappedSuperClass
{@Id private Long tableSuperEntityId;
private String tableSuperEntityField;}

@Entity public class TableDerivedEntity extends TableSuperEntity
{private String tableDerivedEntityField;}
```

UnmappedSuperClass è una classe semplice, quindi non è possibile renderla persistente, e non è mappata nelle derivate, che quindi non conterranno `unmappedSuperClassField`.

MappedSuperClass è una `@MappedSuperclass`, quindi il campo `mappedSuperClassField` diverrà persistente come parte nelle entità derivate (ma questa classe non potrà essere resa persistente da sola).

L'entità **SingleSuperEntity** ha `InheritanceType=SINGLE` (default).

La classe derivata **SingleDerivedEntity** verrà fusa con la classe superiore, generando una tabella che conterrà i campi *singleSuperEntityId* e *singleSuperEntityField* (classe base), *mappedSuperClassField* (ereditato) e *singleDerivedEntityField* (derivata). Inoltre verrà inserita automaticamente una colonna discriminatrice per distinguere le istanze di **SingleDerivedEntity** da quelle di **SingleSuperEntity**.

L'entità **JoinedSuperEntity** ha `InheritanceType=JOINED`.

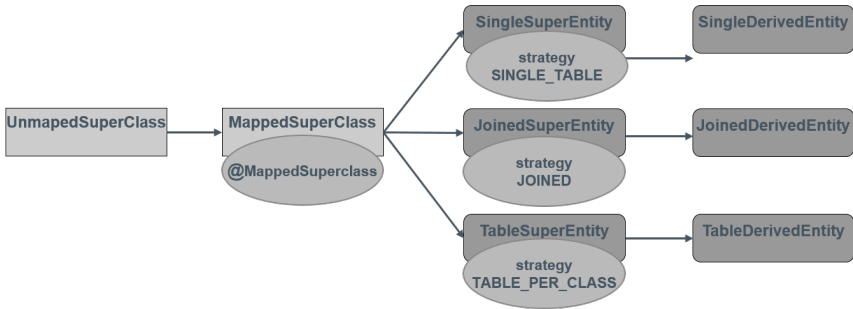
Una tabella **JoinedSuperEntity** conterrà i campi *joinedSuperEntityId*, *joinedSuperEntityField* e *mappedSuperClassField*, ereditato da **MappedSuperClass**.

Una tabella **JoinedDerivedEntity** conterrà i campi *joinedSuperEntityId* (ereditato e usato per mettere

in corrispondenza I record di questa tabella con quelli di JoinedSuperEntity) e *joinedDerivedEntityField*.

L'entità TableSuperEntity ha InheritanceType=TABLE_PER_CLASS.
Una tabella TableSuperEntity conterrà i campi *tableSuperEntityId*, *tableSuperEntityField* e *mappedSuperClassField*, ereditato MappedSuperClass.
Una tabella TableDerivedEntity conterrà i campi *tableSuperEntityId*, *tableSuperEntityField*, *mappedSuperClassField* (ereditati da TableSuperEntity) e *tableDerivedEntityField*.

Esempio (albero e modello relazionale)



- **SingleSuperEntity** (*singleSuperEntityId*, *singleSuperEntityField*, *mappedSuperClassField*, *singleDerivedEntityField*, DTYPE).
- **JoinedSuperEntity**(*joinedSuperEntityId*, *joinedSuperEntityField*, *mappedSuperClassField*)
- **JoinedDerivedEntity**(*joinedSuperEntityId*, *joinedDerivedEntityField*)
- **TableSuperEntity**(*tableSuperEntityId*, *tableSuperEntityField*, *mappedSuperClassField*)
- **TableDerivedEntity**(*tableSuperEntityId*, *tableSuperEntityField*, *mappedSuperClassField*, *tableDerivedEntityField*)

Esempio (Dati)

Supponiamo di inserire un'istanza in ogni classe-entità della gerarchia, impostando tutti i campi con la stessa (ovvia) stringa...

SingleSuperEntity

DTYPE	singleSuperEntityId	mappedSuperClassField	singleSuperEntityField	singleDerivedEntityField
SingleSuperEntity	1	single_super	single_super	
SingleDerivedEntity	4	single_derived	single_derived	single_derived

JoinedSuperEntity

joinedSuperEntityId	mappedSuperClassField	joinedSuperEntityField
2	joined_super	joined_super
5	joined_derived	joined_derived

JoinedDerivedEntity

joinedSuperEntityId	joinedDerivedEntityField
5	joined_derived

TableSuperEntity

tableSuperEntityId	mappedSuperClassField	tableSuperEntityField
3	table_super	table_super

TableDerivedEntity

tableDerivedEntityId	mappedSuperClassField	tableSuperEntityField	tableDerivedEntityField
6	table_derived	table_derived	table_derived

3.7. Ciclo di Vita delle Entità

In JPA, ogni oggetto-entità può trovarsi in quattro differenti stati:

Nuovo (*New*)

- Non è persistente

Managed

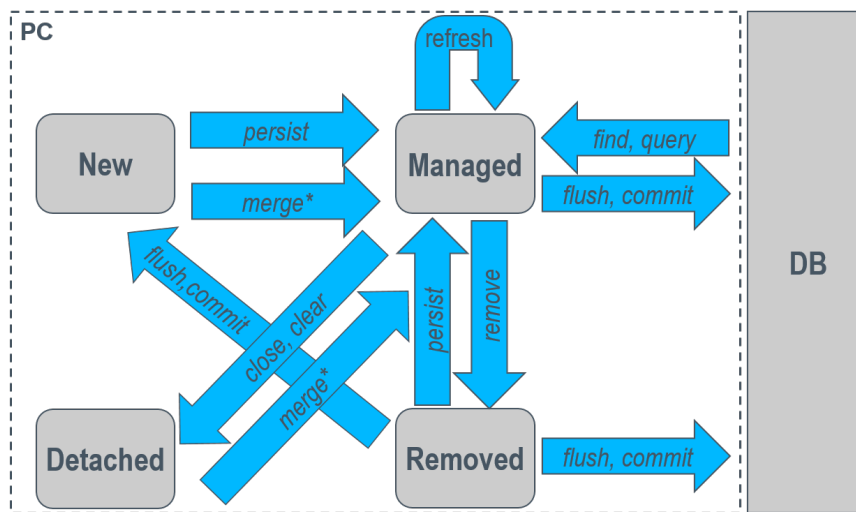
- È presente nel DB (persistente)
- È presente del PC
- Il suo stato viene sincronizzato automaticamente col DB
- Le relazioni sono popolate automaticamente

Detached (scollegata)

- È presente nel DB
- Non è presente nel PC
- Il suo stato non viene sincronizzato col DB, a meno che non si usino operazioni di *merge* manuali
- Le relazioni devono essere popolate manualmente

Removed (eliminata)

- È presente nel DB
- È presente del PC
- Il suo stato non viene sincronizzato col DB, e verrà rimossa dal DB e dal PC alla successiva commit, (ri)diventando nuova



3.8. API dell'EntityManager

Entità

L'EntityManager dispone di API specifiche per la gestione del ciclo di vita delle entità

- `persist()` : aggiunge un'entità al PC, rendendola persistente (inserendola nel DB) appena possibile
- `remove()` : rimuove un'entità dal PC, eliminandola dal DB appena possibile
- `refresh()` : ricarica l'entità nel PC, sovrascrivendola col suo attuale stato nel DB
- `merge()` : aggiorna un'entità nel PC con lo stato di una sua copia non persistente (*detached*)
- `contains()` : determina se un'entità è *managed*, cioè è contenuta nel PC
- `flush()` : forza la sincronizzazione tra PC e DB
- `close()` : distrugge il PC (tutte le entità diventano *detached*)
- `clear()` : elimina tutte le entità dal PC (diventano tutte *detached*)

Persist

Persist accetta come parametro oggetti-entità e li rende persistenti, inserendoli nel PC e programmandone la INSERT nel DB associato.

Il metodo si utilizza primariamente con oggetti-entità *nuovi*, cioè mai inseriti nel DB, tuttavia

- Se si chiama `persist` su un oggetto già *managed* il metodo non esegue alcuna operazione
- Se si chiama `persist` su un oggetto *detached*, cioè già presente nel DB ma non attualmente nel PC, il metodo solleva un'eccezione (si tratterebbe in questo caso di un duplicato)
- Se si chiama `persist` su un oggetto *removed*, cioè rimosso tramite una chiamata a `remove()`, questo lo rende di nuovo persistente.

L'inserimento nel DB avverrà di solito alla fine della transazione associata, ma può essere anticipato chiamando esplicitamente `flush()` o per scelta interna dell'EntityManager.

La persistenza si propaga agli oggetti in relazione con quello corrente se la relazione ha un *cascade* di tipo PERSIST o ALL.

Eventuali campi `@Generated` dell'oggetto e lasciati a null vengono valorizzati in automatico al momento della chiamata a `persist`.

Remove

Remove accetta come parametro oggetti-entità *managed* e li elimina, mettendoli in stato *removed* e programmandone la DELETE nel DB associato.

Non è possibile rimuovere un'entità *detached* (cioè rimossa dal PC): se necessario, la si deve ri-prelevare dal DB o farne una merge prima di poterla rimuovere.

Merge

Merge fonde l'oggetto-entità passatogli come parametro con quello eventualmente già presente nel DB (cioè *con la stessa chiave*), programmando una REPLACE.

Si usa spesso quando un oggetto persistente viene trasferito (con serializzazione) tra componenti software/sessioni fisicamente separati, rendendolo *detached*, e poi deve essere reso di nuovo persistente sincronizzandone lo stato.

Il metodo **restituisce l'oggetto persistente** risultante dalla fusione (**l'oggetto passato come parametro non viene alterato e resta *detached*!**).

- Se l'oggetto passato a merge è *detached*, viene fuso con quello avente la stessa chiave presente nel DB e il metodo ritorna un riferimento all'oggetto persistente corrispondente.
- Se l'oggetto passato a merge è *nuovo* (la sua chiave non è presente nel DB), la chiamata equivale a una *persist* e il metodo ritorna un riferimento all'oggetto persistente corrispondente.
- Se l'oggetto passato a merge è già *managed*, il metodo non esegue alcuna operazione.
- Se l'oggetto passato a merge è *removed*, il metodo solleva un'eccezione.

Flush / Refresh

Flush forza l'EntityManager a eseguire immediatamente le operazioni SQL programmate sul DB, anche prima della fine della transazione. In questo modo il PC viene immediatamente sincronizzato col DB.

Refresh ricarica lo stato di un'entità *managed* sovrascrivendolo con quello presente nel DB. È utile nel caso in cui dei processi esterni possano alterare direttamente nel DB lo stato di oggetti attualmente presenti nel PC.

3.9. Eventi di Persistenza

È possibile tracciare i più importanti eventi del ciclo di vita di un'entità usando dei metodi *listener*.

I listener possono essere metodi della classe-entità (o di una sua superclasse) con nome arbitrario, ma devono essere di tipo void e annotati con una o più delle seguenti annotazioni:

- `@PrePersist` : il metodo si attiva quando viene chiamata `persist()` su un'istanza
- `@PostPersist` : il metodo si attiva dopo l'esecuzione della INSERT connessa a una chiamata a `persist()`
- `@PreRemove` : il metodo si attiva all'esecuzione della `remove()` su un'istanza
- `@PostRemove` : il metodo si attiva dopo l'esecuzione della DELETE connessa a una chiamata a `remove()`
- `@PreUpdate` : il metodo si attiva quando l'EntityManager marca un'istanza come modificata
- `@PostUpdate` : il metodo si attiva dopo l'esecuzione della UPDATE per un'istanza modificata
- `@PostLoad` : il metodo si attiva quando un'istanza viene caricata o ricaricata (refresh) nel PC

I metodi listener verranno chiamati, in base all'annotazione (o alle annotazioni) che li marcano, in risposta agli eventi delle istanze della classe-entità corrispondente.

Se il listener è un metodo dell'entità stessa o di una sua superclasse, allora non accetterà alcun parametro

Un possibile uso può essere quello di compilare dei campi (calcolati/generati) prima della sincronizzazione col DB, o eseguire aggiornamenti speciali nell'applicazione quando un oggetto viene rimosso.

3.10. Classi EntityListener

È possibile inserire uno o più listener anche in classi arbitrarie (non-entità, dette in questo caso *EntityListener*) alle seguenti condizioni:

- La classe EntityListener deve avere un costruttore vuoto
- La classe EntityListener deve essere agganciata all'entità corrispondente tramite l'annotazione `@EntityListeners` (values=)
- I metodi annotati come listener nella classe *EntityListener* devono accettare come parametro un oggetto della classe-entità corrispondente (o di una sua superclasse)

Esempio

```

@Entity
@Access(AccessType.FIELD)
@EntityListeners(value={Entity1Listener.class})
public class Entity1 {
    ...
    @PrePersist
    @PreUpdate
    public void setCurrentTimestamp() {
        setTimestamp(LocalDateTime.now());
    }
}

public class Entity1Listener {
    @PreUpdate
    public void preUpdateListener(Entity1 e) {...}
    @PrePersist
    public void prePersistListener(Entity1 e) {...}
}

```

Un'entità può diventare EntityListener di se stessa semplicemente annotandone dei metodi con gli eventi che vuole seguire. In tal caso i metodi devono essere void e non avere parametri

Si possono connettere anche più eventi (annotazioni) allo stesso metodo

È possibile registrare anche EntityListener esterni alla classe specificandoli con l'annotazione

```
@EntityListeners
```

Un EntityListener esterno non deve implementare alcuna interfaccia: basta che abbia dei metodi con le opportune annotazioni e un costruttore vuoto.

I metodi di un EntityListener esterno devono accettare come parametro un oggetto della classe entità corrispondente (o una superclasse della stessa).

4. JPA: Relazioni

JPA supporta tutti i tipi più comuni di relazione, o meglio di cardinalità delle relazioni, cioè 1:1, 1:N, M:N

JPA riprende il concetto di chiave esterna (FOREIGN KEY) dai database relazionali e lo trasforma nella cosiddetta **owning side** della relazione.

Una relazione tra due entità A (referente, *owning side*, contenente cioè la FOREIGN KEY nel database) e B (riferita) si instaura incorporando istanze di B all'interno di A tramite un attributo di A **annotato con un'annotazione JPA che definisce le caratteristiche dalla relazione**.

Nella owning side si può anche configurare il comportamento della relazione:

- specificando la mappatura fisica delle relazioni che necessitano di una *join table* (`@ManyToMany` e `@ManyToOne`, vedi dopo) tramite le annotazioni `@JoinTable` (nome della *join table*) e `@JoinColumn` (nome della colonna contenente la *foreign key*)
- specificando se la relazione debba essere caricata in maniera *eager* o *lazy*, tramite l'attributo *fetch* dell'annotazione principale (come per `@Basic`, vedi dopo), che ha come default *lazy*.
- specificando come le operazioni (aggiornamento, cancellazione, ecc.) sull'entità dell'owning side debbano propagarsi sulle entità in relazione, tramite l'attributo *cascade* dell'annotazione principale (vedi dopo)

4.1. Relazioni @ManyToOne (N:1)

```
@Entity
public class Entity_Nto1_Owner {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @ManyToOne
    private RelatedEntity relation;
```

```
CREATE TABLE `entity_nto1_owner` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  `relation_id` bigint(20) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`),
  FOREIGN KEY (`relation_id`) REFERENCES `relatedentity` (`id`)
)
```

```
@Entity
public class RelatedEntity {
    @Id
    private Long id;
    private String name;
}
```

```
CREATE TABLE `relatedentity` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)
```

L'entità che dichiara questo tipo di relazione (*entity_nto1_owner*) è collegata con (attributo *relation*) una singola istanza di un'altra entità (*relatedentity*).

Qui di fianco vediamo la struttura relazionale creata da *hibernate* per ciascuna delle due entità. Si noti la FOREIGN KEY.

4.2. Relazioni @OneToOne (1:1)

```
@Entity
public class Entity_1to1_Owner {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @OneToOne
    private RelatedEntity relation;
}
```

```
CREATE TABLE `entity_1to1_owner` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  `relation_id` bigint(20) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`),
  UNIQUE KEY (`relation_id`),
  FOREIGN KEY (`relation_id`) REFERENCES `relatedentity` (`id`)
)
```

L'entità che dichiara questo tipo di relazione (*entity_1to1_owner*) è collegata con (attributo *relation*) una *singola* istanza di un'altra entità (*relatedentity*, la cui definizione è omessa).

In teoria, la cardinalità (in particolare l'"1" iniziale) imporrebbe che non esistano più istanze di *entity_1to1_owner* collegate con la stessa istanza di *relatedentity*. Ciò è verificabile inserendo nel database un vincolo UNIQUE sulla colonna della FOREIGN KEY (*relation_id*). In questo caso, vediamo che *hibernate* ha effettivamente aggiunto questo controllo.

4.3. Relazioni @ManyToMany (M:N)

```
@Entity
public class Entity_MtoN_Owner {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @ManyToMany
    private List<RelatedEntity> relations;
```

```

CREATE TABLE `entity_mton_owner` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)

CREATE TABLE `entity_mton_owner_relatedentity` (
  `Entity_MtoN_Owner_id` bigint(20) NOT NULL,
  `relations_id` bigint(20) NOT NULL,
  FOREIGN KEY (`Entity_MtoN_Owner_id`) REFERENCES `entity_mton_owner` (`id`),
  FOREIGN KEY (`relations_id`) REFERENCES `relatedentity` (`id`)
)

```

L'entità che dichiara questo tipo di relazione (*entity_mton_owner*) è collegata (attributo *relations*) con *molteplici* istanze di un'altra entità (*relatedentity*, la cui definizione è omessa).

L'attributo di collegamento può essere una *List*, un *Set* o una generica *Collection*.

Nei DBMS relazionali, per realizzare questo tipo di relazione, è necessario introdurre una **tabella intermedia** che contiene due FOREIGN KEY verso istanze delle due entità coinvolte.

Questo avviene anche con JPA, che crea automaticamente la cosiddetta **join table** (*entity_mton_owner_relatedentity*) ed imposta su di essa le necessarie FOREIGN KEY.

La presenza della join table è del tutto trasparente per il programmatore, che continuerà a lavorare sull'attributo *relations*, il quale sarà però popolato da JPA tramite la join table.

4.4. Relazioni @OneToMany (1:N)

```

@Entity
public class Entity_1toN_Owner {
  @Id
  @GeneratedValue
  private Long id;
  private String name;
  @OneToMany
  private List<RelatedEntity> relations;
}

```

```
CREATE TABLE `entity_1ton_owner` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)

CREATE TABLE `entity_1ton_owner_relatedentity` (
  `Entity_1toN_Owner_id` bigint(20) NOT NULL,
  `relations_id` bigint(20) NOT NULL,
  UNIQUE KEY (`relations_id`),
  FOREIGN KEY (`Entity_1toN_Owner_id`) REFERENCES `entity_1ton_owner` (`id`),
  FOREIGN KEY (`relations_id`) REFERENCES `relatedentity` (`id`)
)
```

L'entità che dichiara questo tipo di relazione (*entity_1ton_owner*) è collegata con (attributo *relations*) molteplici istanze di un'altra entità (*relatedentity*, la cui definizione è omessa).

L'attributo di collegamento può essere una *List*, un *Set* o una generica *Collection*.

Per realizzare questa relazione, come indicata nel codice, nel modello relazionale è necessaria una join table come per la `@ManyToMany`

Come nel caso della relazione `@OneToOne`, in teoria, la cardinalità imporrebbe che non esistano più istanze di *entity_1ton_owner* collegate con la stessa istanza di *relatedentity*. Ciò è verificabile inserendo nel database un vincolo UNIQUE sulla colonna *relations_id*, della join table. In questo caso, vediamo che *hibernate* ha effettivamente aggiunto questo controllo.

Tuttavia, se possibile, in questo caso **sarebbe stato più efficiente inserire la relazione nell'entità *relatedentity*** sotto forma di una `@ManyToOne`, perché questo avrebbe evitato la creazione della join table.

4.5. Relazioni unidirezionali e bidirezionali

Negli schemi relazionali le relazioni hanno sempre un verso, dato dal "lato" che dichiara la FOREIGN KEY (referente).

Nella terminologia JPA, come abbiamo detto, questa entità costituisce la **owning side** della relazione.

In JPA, il lato owning dichiara la relazione e aggrega le istanze relazionate.

Tuttavia, in JPA le relazioni possono essere dichiarate e implementate in maniera unidirezionale (**default**) ma anche bidirezionale. Questa scelta impatta sia sulla struttura delle classi-entità che sulla fruibilità della relazione stessa.

Ogni relazione in JPA ha un **owning side**, mentre le sole relazioni bidirezionali hanno una **inverse side**.

In una relazione JPA bidirezionale, entrambi i lati dichiarano una relazione "speculare" e

aggregano opportunamente le istanze relazionate dell'altro lato.

Tuttavia, l'*owning side* di una relazione è sempre quello che **guida la mappatura relazionale**. Per questo motivo, per le relazioni 1:N, l'*owning side* dovrebbe essere sempre quello "toOne", in modo da non avere la necessità di una *join table*.

La bidirezionalità delle relazioni è utile solo per percorrerle più agevolmente, in quanto entrambe le classi coinvolte conterranno un riferimento all'altra sotto forma di campo. Si possono sempre usare *query* e *join* per percorrere in entrambe le direzioni una relazione, anche se questa è unidirezionale.

4.6. Relazioni: inverse side

L'*inverse side* (per le sole relazioni bidirezionali) di una relazione:

- Specifica l'annotazione (`@OneToOne` , `@OneToMany` , `@ManyToOne` , `@ManyToMany`) corrispondente alla **relazione inversa** a quella specificata nell'*owning side*
- Usa l'attributo ***mappedBy*** dell'annotazione per fare riferimento al campo della classe *owning* che rappresenta l'altro estremo della relazione

JPA non sincronizza le relazioni bidirezionali: se si mette un oggetto A in relazione bidirezionale con B, bisogna manualmente mettere B in relazione con A, aggiornando gli opportuni campi su entrambi gli oggetti. In altre parole, non c'è alcun automatismo che fornisca agli oggetti riferiti il corrispondente riferimento "inverso".

Generalmente, infatti, i metodi *add* o *set* che impostano una relazione nell'*owning side* aggiornano anche quella inversa impostando gli opportuni campi negli oggetti riferiti.

4.7. Relazioni bidirezionali @OneToOne

owning

```

@Entity
public class Entity_1to1b_Owner {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @OneToOne
    private Entity_1to1b_Inverse relation;

    public void setRelation (Entity_1to1b_Inverse e) {
        if (this.relation != null)
        { this.relation.internalSetInverseRelation(null); }
        this.relation = e;
        if (e != null)
        { e.internalSetInverseRelation(this); }
    }
}

```

```

CREATE TABLE `entity_1to1b_owner` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  `relation_id` bigint(20) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`),
  FOREIGN KEY (`relation_id`) REFERENCES `entity_1to1b_inverse` (`id`)
)

```

L'owner side della relazione bidirezionale è identico a quello della corrispondente relazione unidirezionale.

Tuttavia, per realizzare delle relazioni bidirezionali funzionanti bisogna seguire un *pattern* ben preciso, che assicura l'aggiornamento della relazione in entrambe le direzioni (cioè su entrambi gli oggetti coinvolti) senza produrre loop (che risulterebbero dalle soluzioni più semplicistiche)

L'owning side **aggiorna la relazione dal suo lato, e fa aggiornare la relazione inversa** al corrispondente oggetto usando una chiamata interna, che vedremo nella slide successiva.

Se un oggetto è già in relazione, prima di rimuoverlo o sovrascriverlo bisogna **cancellare anche la sua relazione inversa**.

inverse

```

@Entity
public class Entity_1to1b_Inverse {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @OneToOne(mappedBy = "relation")
    private Entity_1to1b_Owner inverseRelation;

    public void setInverseRelation (Entity_1to1b_Owner e) {
        if (this.inverseRelation != null)
            { this.inverseRelation.setRelation(null); }
        if (e != null) { e.setRelation(this); }
    }
    void internalSetInverseRelation (Entity_1to1b_Owner e) {
        this.inverseRelation = e;
    }
}

```

```

CREATE TABLE `entity_1to1b_inverse` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)

```

Sul lato inverso di una relazione bidirezionale inseriamo l'annotazione opposta (qui ovviamente rimane una `@OneToOne`) usando poi il parametro *mappedBy* per puntare al campo dell'owner side che dichiara la corrispondente relazione.

Il pattern di impostazione sul lato inverso richiede di **delegare gli aggiornamenti effettivi al lato owning**: quindi la *setInverseRelation* chiama la corrispondente *setRelation* dell'oggetto da relazionare passandogli come argomento l'oggetto corrente.

Dotiamo gli oggetti sul lato inverso di **metodi interni** (dichiarati qui *package private*), i quali aggiornano semplicemente la relazione (assumendo che il lato opposto sia già aggiornato). Questi metodi saranno chiamati, come abbiamo visto, solo dall'owning side.

4.8. Relazioni bidirezionali @ManyToOne

owner

```

@Entity
public class Entity_Nto1b_Owner {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @ManyToOne
    private Entity_Nto1b_Inverse relation;

    public void setRelation (Entity_Nto1b_Inverse e) {
        if (this.relation != null)
        { this.relation.internalRemoveInverseRelation(this); }
        this.relation = e;
        if (e != null)
        { e.internalAddInverseRelation(this); }
    }
}

```

```

CREATE TABLE `entity_nto1b_owner` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  `relation_id` bigint(20) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`),
  FOREIGN KEY (`relation_id`) REFERENCES `entity_nto1b_inverse` (`id`)
)

```

L'owner side della relazione bidirezionale è identico a quello della corrispondente relazione unidirezionale.

Per quel che riguarda l'aggiornamento, usiamo lo stesso pattern già visto:

L'owner side **aggiorna la relazione dal suo lato**, e fa **aggiornare la relazione inversa** al corrispondente oggetto usando una chiamata interna.

Se un oggetto è già in relazione, prima di rimuoverlo o sovrascriverlo bisogna **cancellare anche la sua relazione inversa**.

Tuttavia, in questo caso, l'inverse side conterrà una lista di oggetti in relazione, quindi utilizziamo i metodi *internalAddInverseRelation* e *internalRemoveInverseRelation* invece che il semplice *internalSetInverseRelation* per aggiornare la relazione inversa.

inverse

```

@Entity
public class Entity_Nto1b_Inverse {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @OneToMany(mappedBy = "relation")
    private List<Entity_Nto1b_Owner> inverseRelations;

    public void setInverseRelations(List<Entity_Nto1b_Owner> ee) {
        for (Entity_Nto1b_Owner r: this.inverseRelations)
            { removeInverseRelation(r); }
        for (Entity_Nto1b_Owner r: ee)
            { addInverseRelation(r); }
    }

    public void addInverseRelation(Entity_Nto1b_Owner e) {
        if (e != null && !this.inverseRelations.contains(e))
            { e.setRelation(this); }
    }

    public void removeInverseRelation(Entity_Nto1b_Owner e) {
        if (e != null && this.inverseRelations.contains(e))
            { e.setRelation(null); }
    }

    void internalAddInverseRelation(Entity_Nto1b_Owner e) {
        this.inverseRelations.add(e);
    }

    void internalRemoveInverseRelation(Entity_Nto1b_Owner e) {
        this.inverseRelations.remove(e);
    }
}

```

```

CREATE TABLE `entity_nto1b_inverse` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)

```

Il lato inverso di una relazione `@ManyToOne` sarà, ovviamente, un `@OneToMany` con il corretto parametro *mappedBy*.

Poiché la relazione è "a molti", qui avremo una lista di oggetti in relazione, e di conseguenza dei metodi *addInverseRelation* e *removeInverseRelation* per aggiornare la lista.

Abbiamo incluso anche un metodo *setInverseRelations* per sostituire tutta la lista con un'altra, anche se spesso non necessario, solo per mostrare il suo corretto codice: per far funzionare il sistema di aggiornamenti bidirezionali, non bisogna sostituire semplicemente la vecchia lista con quella nuova, ma è necessario rimuovere e poi aggiungere gli elementi uno a uno usando i metodi

addInverseRelation e *removeInverseRelation*.

Anche qui, i metodi *addInverseRelation* e *removeInverseRelation* delegano l'aggiornamento all'owner side, mentre i corrispondenti metodi *internalAddInverseRelation* e *internalRemoveInverseRelation* aggiornano semplicemente la lista.

4.9. Relazioni bidirezionali @ManyToMany

owner

```
@Entity
public class Entity_MtoNb_Owner {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @ManyToMany
    private List<Entity_MtoNb_Inverse> relations;

    public void setRelations(List<Entity_MtoNb_Inverse> ee) {
        for (Entity_MtoNb_Inverse r: this.relations)
            { removeRelation(r); }
        for (Entity_MtoNb_Inverse r: ee)
            { addRelation(r); }
    }

    public void addRelation(Entity_MtoNb_Inverse e) {
        if (e != null && !this.relations.contains(e))
            { this.relations.add(e); e.internalAddInverseRelation(this); }
    }

    public void removeRelation(Entity_MtoNb_Inverse e) {
        if (e != null && this.relations.contains(e))
            { this.relations.remove(e); e.internalRemoveInverseRelation(this); }
    }
}
```

```
CREATE TABLE `entity_mtonb_owner` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)

CREATE TABLE `entity_mtonb_owner_entity_mtonb_inverse` (
  `inverseRelations_id` bigint(20) NOT NULL,
  `relations_id` bigint(20) NOT NULL,
  FOREIGN KEY (`relations_id`) REFERENCES `entity_mtonb_inverse` (`id`),
  FOREIGN KEY (`inverseRelations_id`) REFERENCES `entity_mtonb_owner` (`id`)
)
```

Nelle relazioni @ManyToMany si applica la stessa strategia vista per le @ManyToOne, considerando però

che anche nell'owner side adesso avremo una lista di oggetti in relazione, quindi dei metodi *addRelation* e *removeRelation*.

Abbiamo incluso anche qui il metodo *setRelations* opzionale, che delega sempre il lavoro ad *addRelation* e *removeRelation*.

I metodi *addRelation* e *removeRelation* eseguono l'aggiornamento sulla lista e poi chiamano i metodi *internalAddInverseRelation* e *internalRemoveInverseRelation* dell'inverse side per aggiornare la direzione opposta della relazione.

inverse

```
@Entity
public class Entity_MtoNb_Inverse {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String name;
    @ManyToMany(mappedBy = "relations")
    private List<Entity_MtoNb_Owner> inverseRelations;

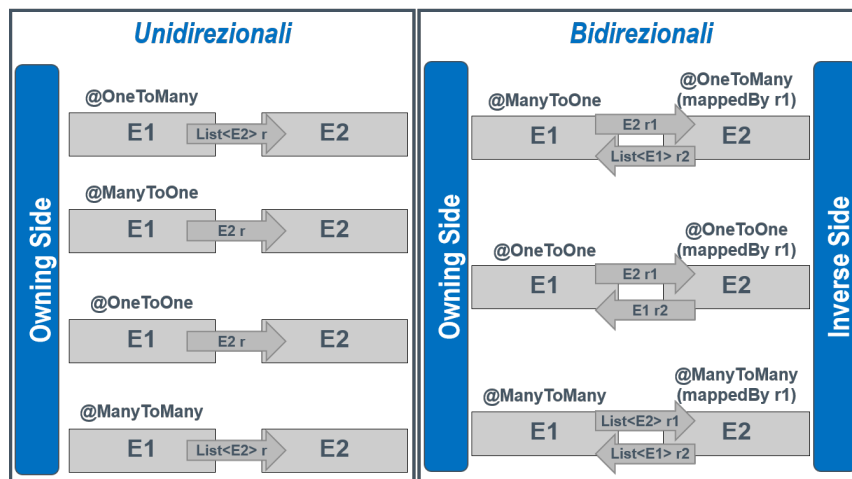
    public void setInverseRelations(List<Entity_MtoNb_Owner> ee) {
        for (Entity_MtoNb_Owner r: this.inverseRelations)
            { removeInverseRelation(r); }
        for (Entity_MtoNb_Owner r: ee)
            { addInverseRelation(r); }
    }
    public void addInverseRelation(Entity_MtoNb_Owner e) {
        if (e != null && !this.inverseRelations.contains(e))
            { e.addRelation(this); }
    }
    public void removeInverseRelation(Entity_MtoNb_Owner e) {
        if (e != null && this.inverseRelations.contains(e))
            { e.removeRelation(this); }
    }
    void internalAddInverseRelation(Entity_MtoNb_Owner e) {
        this.inverseRelations.add(e);
    }
    void internalRemoveInverseRelation(Entity_MtoNb_Owner e) {
        this.inverseRelations.remove(e);
    }
}
```

```
CREATE TABLE `entity_mtonb_inverse` (
  `id` bigint(20) NOT NULL,
  `name` varchar(255) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
)
```

Il lato inverso della relazione `@ManyToMany` è anch'esso dello stesso tipo, ma usa la proprietà `mappedBy` per far riferimento al campo della relazione corrispondente nella classe owner.

Come richiesto dal pattern, deleghiamo gli aggiornamenti veri e proprio all'owner side nei metodi pubblici `addInverseRelation` e `removeInverseRelation`, mentre eseguiamo gli aggiornamenti locali nei corrispondenti metodi `internalAddInverseRelation` e `internalRemoveInverseRelation`, che verranno chiamati dall'owner side.

4.10. Relazioni: riassunto delle modalità di definizione



4.11. Caricamento (fetch) delle Relazioni

È possibile specificare quando un'entità in relazione con un'altra entità verrà caricata in memoria.

Questo permette di bilanciare al meglio il rapporto tra i ritardi dovuti alle query sul database necessarie a recuperare tutta l'informazione e l'occupazione di memoria provocata dal caricamento anticipato di dati inutili.

A questo scopo si usa il parametro `fetch` dell'annotazione usata per dichiarare la relazione (ad es. `@OneToMany`, `@ManyToMany`, ecc.), avente come valore una delle seguenti modalità:

- **EAGER** (default per le relazioni "ToOne"): il dato in relazione viene caricato insieme all'entità che vi fa riferimento
- **LAZY** (default per le relazioni "ToMany"): il dato in relazione viene caricato solo quando si cerca di accedervi

4.12. Estensione (cascade) delle Operazioni sulle Relazioni

È possibile estendere (a cascata) alcune operazioni su un'entità a tutte quelle che sono in una certa relazione con essa.

A questo scopo si usa il parametro `cascade` dell'annotazione usata per dichiarare la relazione (ad es. `@OneToMany`, `@ManyToMany`, ecc.), avente come valore un array delle seguenti modalità:

- **PERSIST** : quando l'entità viene resa persistente, anche quelle in relazione vengono rese tali, se non lo sono già
- **REMOVE** : quando l'entità viene rimossa, vengono rimosse anche quelle in relazione con essa
- **REFRESH** : quando l'entità viene ricaricata dal database, vengono ricaricate anche quelle in relazione con essa.
- **ALL** : scorciatoia per specificare tutte le modalità appena elencate.

Il default è non eseguire alcuna operazione in cascata quindi, ad esempio, quando si rende persistente una entità bisogna sempre sincerarsi di aver reso persistenti anche quelle in relazione con essa!

5. JPA: Transazioni

Ogni operazione (anche se di sola lettura) svolta sugli oggetti-entità tramite l'EntityManager dovrebbe essere racchiusa in una transazione. Il livello di isolamento del codice e le caratteristiche del database potrebbero rendere inutile una transazione in certi casi, ma non ci sono particolari overhead nel crearne sempre di esplicite, per maggior sicurezza.

Un metodo di business che manipola dati solitamente ha questa struttura:

- Inizia con la creazione di un EntityManager e di una transazione.
- Finisce con un *commit* sulla transazione (che esegue un *flush* automatico sul persistence context dell'EntityManager associato) e la chiusura dell'EntityManager (tipicamente in un blocco *finally*).
- Eventualmente, se qualche eccezione viene generata tra l'inizio e la fine del metodo, è necessario eseguire (tipicamente in un blocco *catch*) il *rollback* della transazione. È opportuno anche chiudere l'EntityManager (se era stato creato esplicitamente), perché alcune operazioni potrebbero aver lasciato il suo persistence context in uno stato inconsistente.

È possibile gestire le transazioni in due modi diversi:

- **Nelle applicazioni JSE le transazioni devono essere gestite localmente in maniera totalmente manuale**, quindi i passi appena elencati vanno implementati nel codice. In particolare, si userà il *transaction-type* **RESOURCE_LOCAL**, che si poggia sulle transazioni native offerte dal driver JDBC del DBMS in uso.
- **Nelle applicazioni JEE, invece, le transazioni sono solitamente globali e gestite dal container**. In particolare, si userà il *transaction-type* **JTA**. Si potrà quindi decidere se lasciare al container la gestione completa delle transazioni, oppure controllarle manualmente.

5.1. RESOURCE_LOCAL

Le transazioni **RESOURCE_LOCAL** sono usate nelle applicazioni JSE.

Come già visto, per utilizzare questa modalità è necessario specificare il *transaction-type*

RESOURCE_LOCAL nel file persistence.xml e, se per la connessione al DBMS si utilizza un *DataSource* (ad es. con il *connection pooling*), questo deve essere specificato tramite l'elemento `<non-jta-data-source>`.

Le API per la gestione di queste transazioni (*begin*, *commit*, *rollback*) sono esposte dall'oggetto **EntityTransaction** restituito dalla chiamata al metodo `getTransaction()` dell'*EntityManager*.

In generale è meglio chiamare il metodo *begin* della transazione **prima di effettuare qualsiasi operazione sui dati**, anche se read only (*altrimenti gli oggetti restituiti potrebbero non essere managed!*).

Dopo un *commit* l'*EntityManager* rimane valido, tutti gli oggetti-entità da esso gestiti restano managed ed è possibile attivare una nuova transazione con un nuovo *begin*. Tuttavia, è spesso consigliato chiudere l'*EntityManager* alla fine della transazione e crearne uno nuovo se è necessaria una nuova transazione.

Esempio

```
EntityManagerFactory emf = Persistence.createEntityManagerFactory("JPAExpPU");
EntityManager em = emf.createEntityManager();
try {
    em.getTransaction().begin();
    //...
    em.getTransaction().commit();
} catch (Exception e) {
    //...
} finally {
    if (em.getTransaction().isActive())
        em.getTransaction().rollback();
    em.close();
}
```

La chiamata a *commit* sulla transazione genera una *flush* automatico sull'*EntityManager*.

La chiamata a *close* distrugge l'*EntityManager* e rilascia le risorse ad esso associate, cioè il PC e gli oggetti-entità in esso contenuti. Attenzione quindi a chiamare *close* sempre e solo alla fine del ciclo di vita dell'*EntityManager*, tramite un blocco *finally*.

Nota: con transazioni non RESOURCE_LOCAL, il metodo `joinTransaction()` dell'*EntityManager* non può essere chiamato.

5.2. JTA

Le transazioni JTA sono tipiche delle applicazioni JEE.

Come già visto, per utilizzare questa modalità è necessario specificare il transaction-type JTA nel file persistence.xml e, se per la connessione al DBMS si utilizza un *DataSource* (ad es. con il *connection*

pooling), questo deve essere specificato tramite l'elemento `<jta-data-source>`.

Se si lavora all'interno di un EJB, di default il container racchiude automaticamente ogni chiamata ai suoi metodi in una transazione (se non è già attiva) la cui apertura (all'avvio del metodo), *commit* (alla chiusura del metodo), e *rollback* (se un'eccezione viene propagata fino al container) vengono svolte in automatico.

Se si lavora al di fuori di un EJB (ad es. direttamente in una Servlet) oppure se si marca esplicitamente l'EJB con l'annotazione `@TransactionManagement(TransactionManagementType.BEAN)`, sarà possibile iniettare la transazione JTA (**UserTransaction**) generata dal server nel codice tramite l'annotazione `@Resource`, e quindi effettuare tutte le relative operazioni (apertura compresa) manualmente.

Attenzione, però: verificate sempre il vostro server disponga delle librerie JTA, altrimenti non sarà possibile usare questa funzionalità. Il server Tomcat, ad esempio, non ha supporto JTA (mentre lo possiede il suo derivato *TomEE*). In questo caso, dovrete quindi usare le transazioni `RESOURCE_LOCAL`.

Esempio di Container-managed EntityManager in Container-managed JTA transaction con EJB

```
@Stateless
public class Entity1Service_CE_CT {
    @PersistenceContext
    private EntityManager em;

    public void testEntity1() {
        Entity1 e1 = new Entity1();
        em.persist(e1);
    }
}

public class TestEntitiesEJB extends HttpServlet {
    @EJB
    private Entity1Service_CE_CT entity1service_CE_CT;
    public void doGet(HttpServletRequest request, HttpServletResponse response)
        throws ServletException, IOException {
        entity1service_CE_CT.testEntity1(out);
    }
}
```

Nella servlet, l'annotazione `@EJB` inietta un riferimento all'EJB specificato nella variabile.

Quando il metodo dell'EJB viene invocato:

- Viene creata automaticamente una transazione JTA se non è già attiva
- Viene iniettato nel codice un EntityManager legato alla transazione

Quando il metodo EJB termina:

- Il commit della transazione JTA è implicito, come pure il rollback nel caso il codice sollevi una RuntimeException di qualche tipo

Esempio di Container-managed EntityManager in Application-managed JTA transaction con EJB

```
@Stateless
@TransactionManagement(TransactionManagementType.BEAN)
public class Entity1Service_CE_AT {
    @PersistenceContext
    private EntityManager em;
    @Resource
    private UserTransaction transaction;

    public void testEntity1() {
        try {
            transaction.begin();
            Entity1 e1 = new Entity1();
            em.persist(e1);
            transaction.commit();
        } catch (Exception e) {
            try {
                transaction.rollback();
                throw new RuntimeException(e);
            } catch (IllegalStateException | SecurityException | SystemException ex) {...}
        }
    }
}
```

Quando il metodo dell'EJB viene invocato:

- Viene iniettato nel codice un EntityManager
- Viene iniettata nel codice una transazione JTA (UserTransaction)

A questo punto la transazione viene aperta manualmente prima di utilizzare l'EntityManager

Quando il metodo EJB termina:

- Il commit della transazione JTA va effettuato esplicitamente
- Il rollback nel caso di errore viene svolto esplicitamente nel blocco catch

Esempio di Application-managed EntityManager in Container-managed JTA transaction con EJB

```

@Stateless
public class Entity1Service_AE_CT {
    @PersistenceUnit
    private EntityManagerFactory emf;

    public void testEntity1() {
        EntityManager em = emf.createEntityManager();
        try {
            Entity1 e1 = new Entity1();
            em.persist(e1);
        } finally {
            em.close();
        }
    }
}

```

Quando il metodo dell'EJB viene invocato:

- Viene creata automaticamente una transazione JTA se non è già attiva
- Viene iniettata nel codice una EntityManagerFactory (annotazione `@PersistenceUnit`)

Il codice crea manualmente un EntityManager a partire dalla factory. Tale EntityManager sarà automaticamente inserito nella transazione JTA attiva

Quando il metodo EJB termina:

- Il commit della transazione JTA è implicito, come pure il rollback nel caso il codice sollevi una RuntimeException di qualche tipo
- L'EntityManager va chiuso esplicitamente, preferibilmente in un blocco finally.

Esempio di Application-managed EntityManager in Application-managed JTA transaction con EJB


```

@Stateless
@TransactionManagement(TransactionManagementType.BEAN)
public class Entity1Service_AE_AT {
    @PersistenceUnit
    private EntityManagerFactory emf;
    @Resource
    private UserTransaction transaction;

    public void testEntity1() {
        EntityManager em = null;
        try {
            transaction.begin();
            em = emf.createEntityManager();
            Entity1 e1 = new Entity1();
            em.persist(e1);
            transaction.commit();
        } catch (Exception e) {
            try {
                transaction.rollback();
                throw new RuntimeException(e);
            } catch (IllegalStateException | SecurityException | SystemException ex) {
                //...
            } finally {
                em.close();
            }
        }
    }
}

```

Quando il metodo dell'EJB viene invocato:

- Viene iniettata nel codice una EntityManagerFactory (annotazione `@PersistenceUnit`)
- Viene iniettata nel codice una transazione JTA (UserTransaction)

A questo punto:

- La transazione viene aperta manualmente
- Il codice crea manualmente un EntityManager a partire dalla factory. Tale EntityManager sarà automaticamente inserito nella transazione JTA aperta

Quando il metodo EJB termina:

- Il commit della transazione JTA va effettuato esplicitamente
- Il rollback nel caso di errore viene svolto esplicitamente nel blocco catch
- L'entityManager va chiuso esplicitamente, preferibilmente in un blocco finally.

Esempio di Application-managed EntityManager in Application-managed JTA transaction senza EJB

```

public class TestEntitiesAPP extends HttpServlet {
    @PersistenceUnit
    private EntityManagerFactory emf;
    @Resource
    UserTransaction ut;

    private EntityManager em;

    private void testEntity1() {
        try {
            transaction.begin();
            em = emf.createEntityManager();
            Entity1 e1 = new Entity1();
            em.persist(e1);
            transaction.commit();
        } catch (Exception e) {
            try {
                transaction.rollback();
                throw new RuntimeException(e);
            } catch (IllegalStateException | SecurityException | SystemException ex) {
                //...
            }
        } finally {
            em.close();
        }
    }
    public void doGet(HttpServletRequest request, HttpServletResponse response) throws ServletException {
        testEntity1();
    }
}

```

Il codice è identico allo stesso caso effettuato all'interno di un EJB. In questo caso, però, questa è l'unica combinazione valida.

Sintesi delle modalità d'uso

Piattaforma	Tipo EntityManager	Tipo Transazioni
JSE	<i>Application-Managed</i>	RESOURCE_LOCAL <i>Application-Managed</i>
JEE con EJB	<i>Container-Managed</i>	JTA <i>Container-Managed</i> o <i>Application-Managed</i>
JEE con EJB	<i>Application-Managed</i>	JTA <i>Container-Managed</i> o <i>Application-Managed</i>
JEE senza EJB	<i>Application_Managed</i>	JTA <i>Application-Managed</i>

5.3. Locking

JPA gestisce l'accesso concorrente alle entità, sia effettuato attraverso lo stesso EntityManager che tramite *EntityManager* aperti in parallelo sulla stessa sorgente dati, tramite due modalità di locking:

- **Optimistic locking** (default). JPA permette a tutti di accedere in lettura e scrittura alle entità, ed effettua un controllo solo in fase di *commit* delle rispettive transazioni: se si cerca di fare *commit* di una modifica a una entità che nel frattempo è stata già cambiata da un'altra transazione chiusa (quindi l'entità su cui è basata la propria modifica non è più quella nel DB), viene generata un'eccezione.
- **Pessimistic locking**. In questo caso si può richiedere esplicitamente un lock in lettura o scrittura che viene applicato immediatamente. I conflitti con altre transazioni che cercano di accedere alle stesse entità sono segnalati e bloccati immediatamente (quindi senza attendere il *commit*).

È possibile richiedere il lock su una o più entità in una delle seguenti modalità:

- Con il metodo `lock` dell'EntityManager: `lock(Object, LockModeType)`
- Specificando un `LockModeType` come ultimo parametro dei metodi `find` o `refresh` dell'EntityManager (il lock sarà relativo all'oggetto trovato o ricaricato)
- Con il metodo `setLockMode` dell'oggetto *Query* (per tutti i risultati restituiti):
`setLockMode(LockModeType lockMode)`

I valori più comuni per *LockModeType* sono

- `OPTIMISTIC`
- `PESSIMISTIC_READ`
- `PESSIMISTIC_WRITE`
- `NONE` (elimina il lock)

I lock possono essere attivati solo all'interno di una transazione e sono comunque rilasciati al termine della transazione che li ha creati.

6. JPA: Query

6.1. API dell'EntityManager

Query

L'EntityManager dispone di API specifiche per la gestione delle query

- `find()` : ricerca una entità in base alla sua chiave
- `createQuery()` , `createNamedQuery()` , `createNativeQuery()` : crea una query complessa

6.2. Query JPA

JPA comprende un linguaggio di query SQL-like, denominato **JPQL**.

Le query JPA possono essere **statiche**, cioè salvate e associate a un nome per essere riutilizzate, o **dinamiche**, cioè create ed eseguite all'occorrenza.

All'interno della query JPQL è possibile inserire **parametri**, che verranno poi valorizzati prima di eseguirla. I parametri possono essere specificati con un nome, usando la sintassi `:nome`, oppure con un numero di ordine, con la sintassi `?n`

Per creare ed eseguire una **query dinamica**:

1. Si crea un oggetto **Query** dall'EntityManager chiamando il metodo `createQuery` e passando l'espressione JPQL corrispondente. È possibile specificare, come secondo parametro, la classe delle entità che verranno restituite, ottenendo in questo caso una **TypedQuery**

```
Query q = em.createQuery("SELECT...")

TypedQuery<Entity1> q = em.createQuery("SELECT...", Entity1.class)
```

2. Si impostano eventuali parametri della query
3. Si esegue la query, ad esempio col metodo `getResultList()` che ritorna le entità estratte sotto forma di una List generica o tipata, a seconda del modo con cui si è costruita la query.

Per creare ed eseguire una **query statica**:

1. Si crea la query usando l'annotazione `@NamedQuery`, solitamente *posta sulla classe alla quale la query fa primariamente riferimento*. Se si assegnano più query alla stessa classe, le si deve racchiudere in un'annotazione `@NamedQueries`

```
@NamedQuery(name="N", query="SELECT...")
```

2. Si crea un oggetto Query dall'EntityManager chiamando il metodo `createNamedQuery()` con il nome della query già dichiarata e opzionalmente la classe delle entità risultanti

```
Query q = em.createNamedQuery("N")

TypedQuery q = em.createNamedQuery("N", Entity1.class)
```

3. Si esegue la query, ad esempio col metodo `getResultList()`, che ritorna le entità estratte sotto forma di una List generica o tipata, a seconda del modo con cui si è costruita la query.

6.3. Interfaccia Query

I metodi principali dell'interfaccia *Query* (e della derivata *TypedQuery*) sono i seguenti:

- `setMaxResults(int max)`
specifica il numero massimo di elementi da restituire. Insieme a `setFirstResult` permette di paginare i risultati.

- `setFirstResult(int pos)`
specifica la posizione (a base zero) del primo risultato da restituire
- `setParameter(String name, Object value)`, `setParameter(int pos, Object value)`
consentono di impostare il valore di un parametro della query, indicato tramite il suo nome o la sua posizione.
- `setParameter(String name, Date value, TemporalType temporalType)`, `setParameter(String name, Calendar value, TemporalType temporalType)`, `setParameter(int pos, Date value, TemporalType temporalType)`, `setParameter(int pos, Calendar value, TemporalType temporalType)`
consentono di specificare una data per un parametro della query, indicato tramite il suo nome o la sua posizione. L'ultimo argomento del metodo specifica come mappare il dato Java nel tipo del DB: i valori sono *DATE*, *TIME* o *TIMESTAMP*, e devono corrispondere in generale al tipo impostato con l'annotazione `@Temporal` sul campo dell'entità con cui il parametro verrà confrontato.
- `setFlushMode(FlushModeType flushmode)`
specifica come le modifiche correnti al PC debbano essere trattate *prima* di eseguire la query: *AUTO* rende le modifiche permanenti prima della chiamata alla query, *COMMIT* invece le rende permanenti solo se si effettua un *commit/flush* esplicito.
- `setLockMode(LockModeType lockMode)`
specifica il *lock* che verrà richiesto per tutte le entità restituite dalla query.
- `getResultList()`
restituisce i risultati della query come oggetto List (generico o tipato).
- `getSingleResult()`
esegue la query e, se questa ritorna un solo risultato, lo restituisce. Solleva un'eccezione se i risultati sono multipli.
- `executeUpdate()`
esegue una query di tipo UPDATE o DELETE e ritorna il numero di entità coinvolte

Da notare che tutti i metodi appena elencati, a parte `getResultList`, `getSingleResult` e `executeUpdate` restituiscono la query su cui sono chiamati, **in modo da poter essere concatenati**.

6.4. JPQL: SELECT

La clausola `SELECT`, come nell'SQL, apre una **query di estrazione**. È possibile estrarre:

- Intere **entità**, specificandone l'*alias* dichiarato nella clausola FROM,
- Il **valore di espressioni** che possono eventualmente far riferimento a campi di entità e navigare relazioni *ManyToOne* o *OneToOne* usando la consueta notazione a oggetti (*path expression*).

Non è possibile estrarre campi o espressioni aventi valori multipli (Collection).

Se si specifica più di un dato da estrarre, i valori ritornati dai metodi `getResultList` / `getSingleResult` saranno (liste di) array di oggetti (**Object[]**).

È possibile usare la parola chiave `DISTINCT` per eliminare i duplicati.

6.5. JPQL: FROM

La clausola `FROM` specifica le **entità da coinvolgere nella query** (*dominio*).

Si possono specificare più entità, separandole con una virgola.

È possibile (e consigliato) definire **alias** per i nomi di entità con la sintassi `FROM entità [AS] alias`.

In assenza di alias, i riferimenti a una entità (nelle altre clausole) andranno fatti usando il nome dell'entità stessa.

Come in SQL, è possibile usare espressioni più complesse nella clausola FROM, ma per ora ci limiteremo a quelle di base.

6.6. JPQL: JOIN nelle Clausole FROM

L'operatore `JOIN` nella clausola FROM permette di percorrere relazioni associando entità.

Al contrario dell'SQL, nel JPQL la condizione di JOIN non si può specificare, e il **JOIN si esegue specificando un attributo-relazione dell'entità di sinistra**.

È possibile specificare alias per entrambi i lati del JOIN.

Ad esempio `Entity1 e1 JOIN e1.rele2 e2` restituisce tutte le entità Entity1 collegate a quelle indicate nei loro campi rele2.

Come in SQL, il JOIN di default è `INNER`, quindi le entità che non hanno relazioni non verranno restituite. È possibile usare un `LEFT JOIN` per comprendere tutte le entità del lato sinistro, anche se non hanno relazioni col lato destro.

Ricordiamo comunque che i `JOIN` possono sempre essere realizzati citando nella clausola `FROM` tutte le entità coinvolte e poi usando la clausola `WHERE` per filtrare solo quelle in relazione, tipicamente usando operatori come `IN`, `MEMBER` e `=`.

6.7. JPQL: WHERE

L'espressione condizionale inserita in una clausola `WHERE` filtra le entità su cui opererà la query.

JPQL permette di usare tutti i più comuni operatori logici e matematici per costruire espressioni basate sui valori dei campi delle entità (referenziabili, come nelle clausole `SELECT`, con delle *path expression*).

Alcuni operatori particolari che si possono usare nella clausola WHERE in JPQL sono i seguenti

- `[NOT] BETWEEN` permette di verificare se un valore numerico (non) cade in un certo intervallo:

`exp1 BETWEEN exp2 AND exp3`

- `[NOT] IN` permette di verificare se un valore (stringa o numero) (non) appartiene a una lista:
`exp1 IN (1,2,3)` , `exp2 NOT IN ('a','b')`
- `[NOT] LIKE` consente di determinare se un valore stringa (non) fa match con un pattern semplice (come in SQL): `exp1 LIKE "_a%"`
- `IS [NOT] NULL` consente di determinare se un valore (non) è null: `exp1 IS NULL`
- `IS [NOT] EMPTY` permette di controllare se un valore di tipo collection (compresi quelli usati per le relazioni "ToMany") (non) rappresenta un insieme vuoto: `exp1 IS EMPTY`
- `[NOT] MEMBER [OF]` verifica se un valore si trova in una collezione: `exp1 MEMBER OF exp2`

6.8. JPQL: Funzioni

Il JPQL comprende un certo numero di funzioni standard che possono essere usate nelle clausole `SELECT` , `WHERE` e `HAVING` . La loro semantica è identica a quella dell'SQL.

Funzioni Stringa

- `CONCAT(String, String)`
- `LENGTH(String)`
- `LOCATE(String, String [, start])`
- `SUBSTRING(String, start, length)`
- `TRIM([[LEADING|TRAILING|BOTH] char) FROM] (String)`
- `LOWER(String)`
- `UPPER(String)`

Funzioni Numeriche

- `ABS(number)`
- `MOD(int, int)`
- `SQRT(double)`

Funzioni per Collezioni

- `SIZE(Collection)`

Funzioni Data/Ora

- `CURRENT_DATE`
- `CURRENT_TIME`

- CURRENT_TIMESTAMP

Funzioni Condizionali

- CASE... WHEN... THEN... ELSE... END

6.9. JPQL: Sottoquery

È possibile usare sottoquery nelle clausole `WHERE` o `HAVING`, racchiudendole tra parentesi.

Come in SQL, se la sottoquery restituisce un **singolo valore**, viene trattata **come una normale espressione** che può essere utilizzata all'interno di operazioni matematiche, logiche, ecc.

Se la sottoquery restituisce **più valori**, è possibile usarla con i seguenti operatori:

- `[NOT] EXISTS` permette di verificare se la sottoquery restituisce almeno un risultato: `EXISTS (SELECT e FROM Entity1 e)`
- `[NOT] IN` permette di verificare se un valore è contenuto tra quelli restituiti dalla query (la cui `SELECT` deve contenere una singola espressione!): `exp1 IN (SELECT e FROM Entity1 e)`
- `ALL`, `ANY` come in SQL, permettono di effettuare un confronto logico tra un valore e ciascuno dei di valori restituiti da una sottoquery, mettendoli rispettivamente in `AND` o in `OR`: `exp1 > ALL (SELECT e.numero FROM Entity1 e)`

6.10. JPQL: GROUP BY e HAVING

Come in SQL, le clausole `GROUP BY` e `HAVING` permettono di **raggruppare i valori** e **filtrare i gruppi** in base alle loro proprietà aggregate.

È possibile raggruppare in base ai valori di una o più proprietà (estratte da entità), che devono rappresentare singoli valori (non collezioni).

Se si usa il raggruppamento, **le espressioni contenute nella `SELECT` potranno solo riferirsi ai campi di raggruppamento e a funzioni di aggregazione**, che sono quelle tipiche dell'SQL: `AVG`, `COUNT`, `MAX` e `MIN`.

La clausola `HAVING` lavora come la `WHERE`, ma filtra i gruppi generati dalla `GROUP BY`. Anche qui, le espressioni condizionali potranno fare riferimento solo ai campi di raggruppamento e a funzioni di aggregazione.

6.11. JPQL: ORDER BY

La clausola `ORDER BY` permette di **ordinare i risultati** di una query sulla base di una o più proprietà di entità

Le proprietà usate nella clausola **devono però essere derivabili da quanto estratto dalla `SELECT`**: ad esempio, se si estrae un'entità, si possono usare tutti i suoi attributi come chiavi di ordinamento, ma

se estrae solo un particolare attributo si potrà usare solo quest'ultimo come chiave.

Più chiavi possono essere separate da virgole, e ciascuna chiave può avere un ordinamento `ASC` (ascendente) o `DESC` (discendente).

6.12. JPQL: UPDATE e DELETE

Le clausole `UPDATE` e `DELETE` vengono utilizzate, come in SQL, per eseguire operazioni di modifica o cancellazione multipla su tutte le entità **eventualmente filtrate da una clausola WHERE**.

`UPDATE` ha come parametro il nome di un'entità con eventuale alias ed è seguita da una clausola `SET` che assegna un valore alle proprietà di questa entità: `UPDATE Entity1 e SET campo = "valore",... WHERE e.numero >= 10`

`DELETE` deve essere seguita da una clausola `FROM` che indichi il nome di un'entità con eventuale alias: `DELETE FROM Entity1 e WHERE e.numero >= 10`

7. Argomenti Avanzati

7.1. Persistenza in PHP

Oltre a JPA in Java, tutti i framework di programmazione più diffusi forniscono sistemi di Object Relational Mapping e database abstraction.

In PHP, ad esempio, va citato **Doctrine** (<http://www.doctrine-project.org/>) che fornisce *funzionalità, annotazioni e query language praticamente identici a JPA*, grazie ai quali dopo aver studiato JPA si potrà immediatamente usare Doctrine per la persistenza in PHP!

7.2. Riferimenti

Jakarta Persistence Specification Project

<https://jakartaee.github.io/persistence/>

Jakarta	Persistence	3.1	Specification	Document
https://jakarta.ee/specifications/persistence/3.1/jakarta-persistence-spec-3.1				

Jakarta Persistence project su GitHub <https://github.com/jakartaee/persistence>

Hybernate ORM

<https://hibernate.org/>