Nouveautés de Java 8

Avril 2014

Plan

- Modification du langage
  - Corps de méthodes dans les interfaces
  - Lambda-expressions et flux de traitement
- Modifications d'API
  - API date
  - Join sur les chaînes
  - Classe Optional
- Nouvelles commandes
  - Interpréteur javascript
  - Analyseur de dépendances

Corps de méthodes dans les interfaces : méthodes par défaut (1)

- Problème
  - Données de base :
    - Soit I une interface fournissant une méthode m1()
    - Soient C1, C2,... CN des classes implantant i
  - Évolution
    - On rajoute à I une méthode m2()
  - Conséquence
    - Plus aucune classe Ci n'est correcte ; elles doivent toutes être modifiées

Corps de méthodes dans les interfaces : méthodes par défaut (2)

- Solution
  - Pouvoir définir dans les interfaces des implantation par défaut de méthodes
- Mise en œuvre
  - Rajouter le modificateur « default » devant la déclaration de la méthode, puis, après sa déclaration, donner sa définition
- Conséquence
  - Les classes qui ne définissent pas la méthode en question hériteront de l'implantation par défaut fournie par l'interface
- Contraintes
  - L'implantation par défaut ne peut pas utiliser de variables d'instance

Corps de méthodes dans les interfaces : méthodes par défaut (3)

- Conséquence sur l'héritage entre interfaces
  - Soit I1 une interface définissant une méthode par défaut m1()
  - Soit I2 une interface héritant de I1
- 3 cas
  - Si I2 ne mentionne par m1(), elle hérite du m1() de I1
  - Si I2 redéfinit m1(), celle nouvelle définition remplace celle de I1
  - Si I2 se contente de déclarer m1(), elle la rend de nouveau abstraite

Corps de méthodes dans les interfaces : méthodes statiques

- Motivation
  - Regrouper des méthodes utilitaires susceptibles d'être partagées par toutes les classes implantant une interface donnée
  - Cas particulier : méthode utilitaire utilisée dans une méthode par défaut
- Mise en œuvre
  - Comme dans une classe Java

Corps de méthodes dans les interfaces : héritage multiple

- Problème
  - Soit I1 une interface définissant une méthode par défaut m()
  - Soit I2 une interface définissant également une méthode m().
  - Soit C une classe implantant I1 et I2
- Résolution
  - Si I2 hérite de I1, c'est la définition de I2 qui est utilisée
  - Sinon, il faut redéfinir m() dans C pour éviter une erreur de compilation
- Redéfinition de m() dans C :
  - Soit de zéro
  - Soit en faisant appel à une des méthodes m() de I1 ou I2 ainsi : I1.super.m() ou I2.super.m()

Lambda-expressions
Exemple introductif : classe interne

```
public interface Calcul {
    int calc (int a, int b) ;
}
public class Math {
    private static int calculer(int a, int b, Calcul op) {
        return op.calc(a,b) ;
    }
    public static void main (String[] args) {
        int a = 2 ; int b = 3 ;
        class Addition implements Calcul {
            public int calc(int a, int b) {return a+b;}
        }
        class Produit implements Calcul {
            public int calc(int a, int b) {return a*b;}
        }
        System.out.println(a + "+" + b + "=" + calculer(a,b, new Addition()));
        System.out.println(a + "x" + b + "=" + calculer(a,b, new Produit()));
    }
}
```

Lambda-expressions
Exemple introductif : classe anonyme

```
public interface Calcul {
    int calc (int a, int b) ;
}
public class Math {
    private static int calculer(int a, int b, Calcul op) {
        return op.calc(a,b) ;
    }
    public static void main (String[] args) {
        int a = 2 ; int b = 3 ;

        System.out.println(a + "+" + b + "=" + calculer(a,b, new Calcul() {
            public int calc(int a, int b) {return a+b ;}}));
        System.out.println(a + "x" + b + "=" + calculer(a,b, new Calcul() {
            public int calc(int a, int b) {return a*b;}}));
    }
}
```

Lambda-expressions
Exemple introductif : commentaires

- L'utilisation des classes anonymes est sensé alléger le code mais la syntaxe reste lourde :

```
new Calcul() {
    public int calc(int a, int b) {return a+b ;}
}
```

- Comment/Pourquoi simplifier ?
  - L'interface Calcul ne propose qu'une méthode abstraite ; on sait donc de quelle méthode on va donner le code => *interface fonctionnelle*
  - On sait que le troisième paramètre de la méthode calculer et de type Calcul
  - Les types des paramètres peuvent être déduits

Lambda-expressions
Exple introductif : nouvelle version

```
public interface Calcul {
    int calc (int a, int b) ;
}
public class Math {
    private static int calculer(int a, int b, Calcul op) {
        return op.calc(a,b) ;
    }
    public static void main (String[] args) {
        int x = 2 ; int y = 3 ;

        System.out.println(x + "+" + y + "=" + calculer(x,y, (a, b) -> a+b)) ;
        System.out.println(x + "x" + y + "=" + calculer(x,y, (a, b) -> a*b)) ;
    }
}
```

Lambda-expressions Syntaxe

- Paramètres -> corps
  - Paramètres :
    - (listeParam) ou paramUnique ou ()
    - listeParam : paramUnique[,ListeParam]*
    - paramUnique : nom ou type nom
  - Corps :
    - Expression ou bloc d'instructions
- Exemples
  - a -> a-1
  - (int a) -> {return a+1;}
  - (int a, int b) -> {if (a > b) {return a;} {return b;}}

Lambda-expression
Interface fonctionnelle

- Une interface fonctionnelle est une interface qui contient une et une seule méthode :
  - Non statique
  - Sans corps par défaut
  - Non présente dans java.lang.Object
- Exemple
  - L'interface Comparator↵ de java 1.8 est une interface fonctionnelle

Lambda-expressions
Références de méthode (1)

- Problème
  - Soit l'interface fonctionnelle suivante

```
public interface Valuer<T> {
        int valuer(T obj) ;
}
```

  - On souhaite en dériver une implantation sur les chaînes où la valuation correspondrait à la longueur de la chaîne
  - On peut écrire : (s -> s.size()), ce qui n'est pas idéale
- Solution
  - Utiliser une référence à la méthode size() :
    - String::size

Lambda-expressions
Références de méthodes (2)

- Types de référence
  - Méthode de classe
    NomClasse::NomMéthode
  - Méthode d'instance
    NomClasse::NomMéthode
  - Méthode d'une instance particulière
    Instance::NomMéthode
    La méthode est appelé sur le premier paramètre
  - Constructeur
    NomClasse::new
- Liste de paramètres
  - Inférée automatiquement à partir de l'interface fonctionnelle

Lambda-expressions
Références de méthodes (3)

- Exemple
  - Rappels
    - Méthode de la classe java.util.Arrays

      static <T> void sort(T[] a, Comparator<? super T> c)
    - Interface java.util.Comparator<T> propose une seule méthode abstraite :

      int compare(T o1, T o2)
    - La classe String contient la méthode :

      int compareToIgnoreCase(String str)
  - Application

```
String [] ani1 = {"chat", "COCHON", "Chien"} ;
Arrays.sort(ani1, String::compareToIgnoreCase) ;
```

Lambda-expressions
Réf. à des méthodes d'instance

- Code introductif

```
class Personne {
    String nom;
    int age;
    public int naissance(int anneeCourante) {
      return anneeCourante - age;
    }
}
```

- Référence à partir d'une instance

```
Function<Integer,Integer> fonc = p1::naissance;
System.out.println(fonc.apply(2014));
```

- Référence à partir de la classe

```
BiFunction<Personne,Integer,Integer> fonc2 = Personne::naissance;
System.out.println(fonc2.apply(p1, 2016));
```

Lambda-expressions
Package java.util.function (1)

- Rôle
  - Fournir un certain nombre d'interfaces fonctionnelles standards
- Contenu (interfaces de base)
  - Consumer<T> (méthode accept(T t))
  - Function<T,R> (méthode R apply(T t))
  - Predicate<T> (méthode boolean test(T t))
  - Supplier<T> (méthode T get())
- Autres interfaces
  - Versions dédiées aux types simples ou prenant 2 paramètres

Lambda-expressions Package java.util.function (2)

- Rôle des différentes interfaces de base
  - Consumer<T> (méthode accept(T t))
    - Appliquer une méthode (sans retour) à un objet
  - Function<T,R> (méthode R apply(T t))
    - Appliquer une méthode (avec retour) à un objet
  - Predicate<T> (méthode boolean test(T t))
    - Évaluer une propriété (vrai/faux) sur un objet
  - Supplier<T> (méthode T get())
    - Obtenir un objet

Les flux de traitement (Stream) (1)

- But
  - Permettre d'appliquer une succession de traitement à partir d'un paquet de données (tableau, collection)
- Mise en œuvre
  - Créer un flux à partir d'une source
  - Appliquer successivement des méthodes de traitement sur le flux (chaque méthode fournit en résultat un nouveau flux)
  - Appliquer au finale une opération terminale pour transformer le flux en une structure de données exploitable
- Intérêt
  - Facilité de mise en œuvre (boucle implicite, utilisation des lambda-expressions facilitée)
  - Efficacité (évaluation paresseuse, traitements parallèles aisément définissable)
- Attention !

LES FLUX SONT A USAGE UNIQUE !

Les flux de traitement (Stream) (2) Création à partir d'une source

- Source = collection
  - Méthode stream<E>() de l'interface Collection<E>
  - default Stream<E> parallelStream()
- Source = tableau
  - Méthode static <T> Stream<T> stream(T[] array) de la classe java.util.Arrays
  - Méthode static <T> Stream<T> of(T... valeurs) de l'interface java.util.stream.Stream
- Source = flux d'entrée
  - Exemples
    - méthode Stream<String> lines() de la classe BufferedReader
    - méthode Stream<String> lines(Path p) de java.nio.file.Files
    - méthode Stream<Path> list(Path p) de java.nio.file.Files

Les flux de traitement (Stream) (2) Méthodes intermédiaires

- Filtrage
  - Stream<T> filter(Predicate< ? super T>)
- Application avec résultat
  - <R> Stream<R> map(Function<? super T,? extends R> mapper)
- Application sans résultat
  - Stream<T> peek(Consumer<? super T> action)

Les flux de traitement (Stream) (3) Méthodes terminales

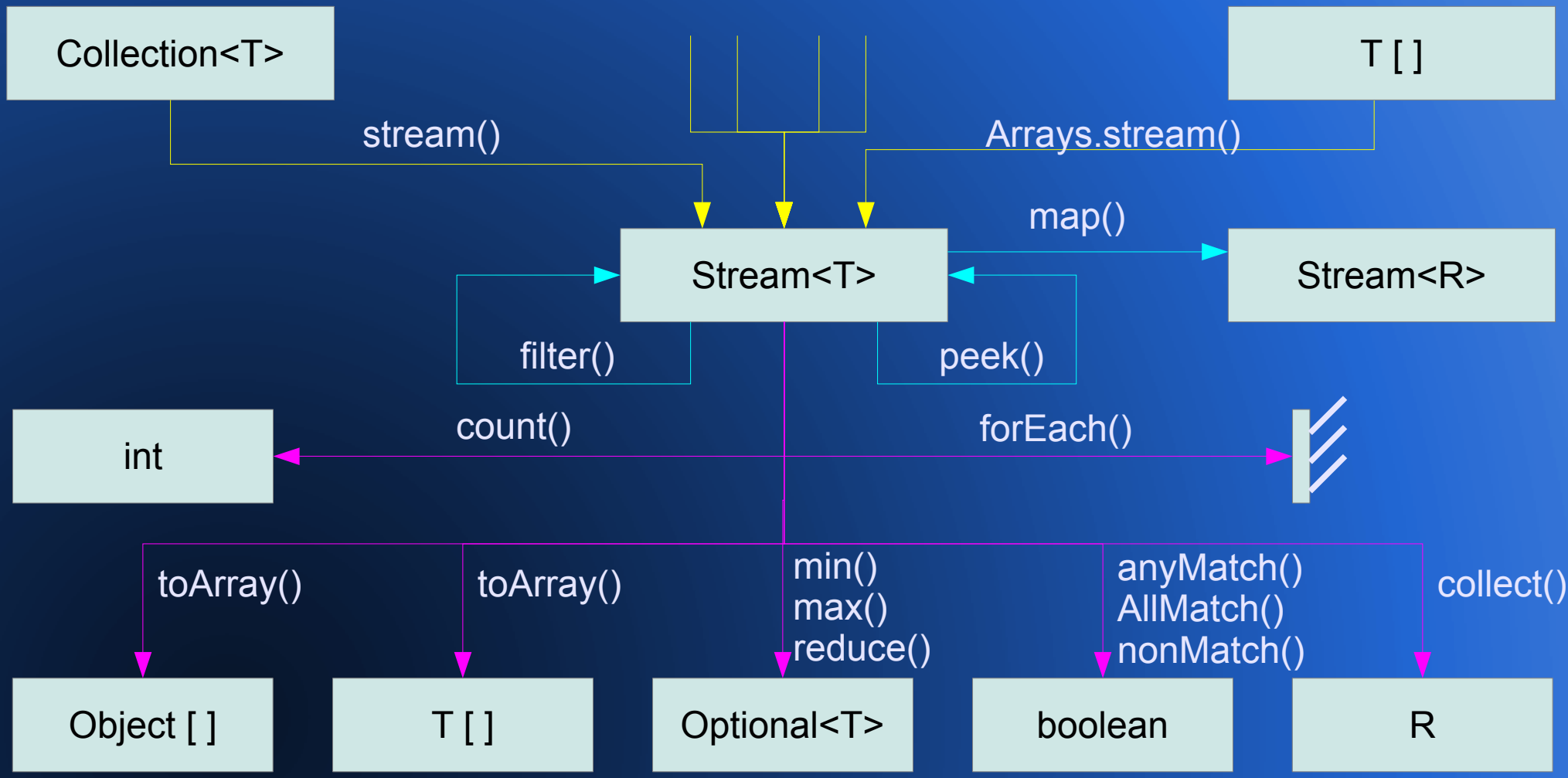
- Transformation en tableau
  - Object[] toArray()
- Min/max
  - Optional<T> max(Comparator<? super T> comparator)
  - Optional<T> min(Comparator<? super T> comparator)
- Traitement avec effet de bord
  - void forEach(Consumer<? super T> action)
- Dénombrement
  - long count()
- Any/All
  - boolean allMatch(Predicate<? super T> predicate)
  - boolean anyMatch(Predicate<? super T> predicate)

Les flux de traitement (Stream) (4) Réductions

- Principe générale
  - Méthode permettant d'appliquer une méthode associative successivement sur les éléments d'un flux (somme ou moyenne des éléments par exemple)
- Méthodes associées
  - Optional<T> reduce(BinaryOperator<T> accumulator)
  - <R,A> R collect(Collector<? super T,A,R> collector)

À étudier

Les flux de traitement (Stream) Résumé



Les flux de traitement (Stream)
Liste des transformeurs de flux

- Filtrage
  - Stream<T> distinct()
  - Stream<T> filter(Predicate< ? super T>)
  - Stream<T> limit(long)
  - Stream<T> skip(long)
- Tri
  - Stream<T> sorted()
  - Stream<T> sorted(Comparator < ? super T>)
- Transformation
  - Stream<R> map(Function< ? super T, ? extends R>)
  - Stream<R> flatMap(Function< ? super T, ? extends Stream< ? extends R>>
- Modification
  - Stream<T> peek(Consumer< ? Super T>)

Les flux de traitement (Stream)
Liste des générateurs de flux

- static <T> Stream<T> empty()
  - Flux vide
- static <T> Stream<T> of(T)
  - Flux d'un élément
- static <T> Stream<T> of(T...)
  - Flux à partir d'un tableau ou de quelques éléments
- static <T> Stream<T> generate(Supplier<T>)
  - Flux infini à partir d'un constructeur
- static <T> Stream<T> iterate(T depart, UnaryOperator<T> fonction)
  - Flux infini par itération d'une fonction à partir d'un point de départ
- static <T> Stream<T> concat(Stream< ? extends T>, Stream < ? extends T>)
  - Concaténation de flux

Les flux de traitement (Stream)
Liste des traitements terminaux

- Réductions booléennes
  - boolean allMatch(Predicate< ? super T>)
  - boolean anyMatch(Predicate< ? super T>)
  - boolean noneMatch(Predicate< ? super T>)
- Recherche d'éléments
  - Optional<T> findAny()
  - Optional<T> findFirst()
  - Optional<T> max(Comparator< ? super T>)
  - Optional<T> min(Comparator< ? super T>)
- Dénombrement
  - long count()
- Récupération des éléments
  - Object[] toArray()
  - T[ ] toArray(IntFunction<T[ ]> generator)

Les flux de traitement (Stream) Réductions (1)

- Optional<T> reduce(BinaryOperator<T> accumulateur)
  - L'accumulateur prend 2 paramètres : la valeur accumulée et la nouvelle valeur ; il doit donc prévoir le cas d'initialisation où la valeur accumulée est à null
  - Exemple

```
Stream<String> exemple1 = Stream.of("Tata", "Titi", "Toto");
Optional<String> resultat1 = exemple1.reduce((x,y) -> {if (x ==
  null) return y; else return x + y;});
```

- T reduce(T elementNeutre, BinaryOperator<T> accumulateur)
  - Similaire à précédemment, mais on passe l'élément de départ, qui doit être élément neutre
  - Exemple

```
Stream<Integer> exemple4 = Stream.iterate(1, x -> x+1).limit(10);
int produit4 = exemple4.reduce(1, (x, y) -> x*y);
```

Les flux de traitement (Stream) Réductions (2)

- <U> U reduce(U elementNeutre, BiFunction<U, ? super T, U> accumulateur, BinaryOperator<U> combineur)
  - Permet de ne pas forcément utiliser un traitement séquentiel ; le « combineur » permet de combiner 2 structures accumulatrices intermédiaires
  - Intérêt : permettre un traitement parallèle, plus efficace
  - Remarque : l'accumulation peut avoir lieu dans un type différent que le type des éléments du flux
  - Exemple

```
ArrayList<String> liste = ...
Stream<String> exemple = liste.parallelStream();
StringBuilder resultat = exemple.reduce(new StringBuilder(),
  StringBuilder::append, StringBuilder::append);
```

Ajout d'un String à un StringBuilder

Ajout d'un StringBuilder à un StringBuilder

Les flux de traitement (Stream) Collectes (1)

- Définition (d'après javadoc)
  - Un opérateur de collecte effectue une *réduction mutable* sur les élements d'un flux.
  - Une réduction mutable est une réduction dans laquelle la valeur réduite est un conteneur de résultat mutable (i.e. donnée modifiable), tel qu'une ArrayList ; les éléments y sont donc incorporés en mettant à jour l'état du résultat plus qu'en le remplaçant.
- Méthode de base

```
<R> R collect( Supplier<R> supplier,
               BiConsumer<R,? super T> accumulator,
               BiConsumer<R,R> combiner)
```

Les flux de traitement (Stream) Collectes (2)

- Exemple d'utilisation

```
ArrayList<String> liste8 = ...
Stream<String> exemple8 = liste8.parallelStream();
StringJoiner resultat8 = exemple8.collect(
        () -> new StringJoiner(","),
        StringJoiner::add,
        StringJoiner::merge);
```

Supplier<StringJoiner>

BiConsumer<StringJoiner, ? Super String>

BiConsumer<StringJoiner, StringJoiner>

Rappel de la classe StringJoiner :
StringJoiner add(CharSequence texte)
StringJoiner merge(StringJoiner autre)

Les flux de traitement (Stream) Collectes (3)

- Interface Collector<T, A, R>
  - Rôle
    - Regrouper tout les paramètres nécessaires à la méthode collect() au sein d'un seul objet
    - Permettre une éventuelle transformation finale du résultat accumulé
  - Méthodes principales
    - Supplier<A> supplier()
    - BiConsumer<A, T> accumulator()
    - BinaryOperator<A> combiner()
    - Function<A,R> finisher()
  - Exemple

```
Collector<String,StringJoiner,String> monCollecteur =
        Collector.of(() -> new StringJoiner(","),
        StringJoiner::add, StringJoiner::merge,
        StringJoiner::toString);
String resultat9 = exemple9.collect(monCollecteur);
```

Les flux de traitement (Stream) Collectes (4)

- Classe Collectors
  - Fournit un certain nombre de collecteurs standards
- Collecteurs statistiques (définis pour les différents types numériques)
  - static <T> Collector<T,?,Double> summingDouble(ToDoubleFunction<? super T> mapper)
  - …
  - static <T> Collector<T,?,Double> averagingDouble(ToDoubleFunction<? super T> mapper)
  - static <T> Collector<T,?,DoubleSummaryStatistics> summarizingDouble(ToDoubleFunction<? super T> mapper)

Pour obtenir en un seul parcours :
- moyenne
- nombre
- min
- max
- somme

Les flux de traitement (Stream) Collectes (5)

- Méthodes pour fusionner des chaînes de caractères
  - static Collector<CharSequence,?,String>Joining()

    Pour concaténer les chaînes d'un flux
  - joining(CharSequence delimiter)

    Idem, mais avec un séparateur
  - joining(CharSequence delimiter, CharSequence prefix, CharSequence suffix)

    Idem, mais on précise en plus un texte de début et un texte de fin
- Exemple

```
String texte = classe.stream()
        .map(Object::toString)
        .collect(Collectors.joining(",","[","]"));
```

Les flux de traitement (Stream) Collectes (6)

- Regroupements
  - static <T,K> Collector<T,?,Map<K,List<T>>> groupingBy(Function<? super T,? extends K> classifier)
  - static <T> Collector<T,?,Map<Boolean,List<T>>> partitioningBy(Predicate<? super T> predicate)
- Génération de collections
  - ToList()
    pour obtenir une liste (sans plus d'info)
  - toCollection(Supplier<C> collectionFactory)
    pour obtenir une collection spécifique
  - toMap(Function<? super T,? extends K> keyMapper, Function<? super T,? extends U> valueMapper)
  - toSet()

Traitement des dates (bases)
Introduction

- Principe général

  Les dates et heures sont maintenant représentées par des classes du package java.time dont les instances sont immuables

- Principales classes de java.time
  - Instant
    - Instant : marqueur en millisecondes
    - LocalDate : date seule
    - LocalTime : heure seule
    - LocalDateTime : date+heure
    - ZonedDateTime : date+heure avec zone (Europe/Paris)
  - Durée
    - Duration : en nanosecondes
    - Period : en unités « lisibles »

Traitement des dates
Création d'une date/heure

- Représentation de l'instant courant
  - Méthode statique now() des différentes classes
    - Instant.now()
    - LocalDate.now()
    - LocalTime.now()
    - LocalDateTime.now()
- Représentation d'un instant donné
  - Méthodes statiques of(...) des différentes classes
    - Instant.ofEpochMilli(long val)
    - LocalDate.of(année, mois, jour)
    - LocalTime.of(heure, minute, seconde)
    - LocalDateTime.of(année, mois, jour, heure, minute, seconde)

Traitement des dates
Dériver une date/heure

- Par addition/soustraction d'une unité
  - LocalDate date3 = date2.minusDays(30);
  - LocalDate date4 = date3.plus(365, ChronoUnit.DAYS);
- Par addition/soustraction d'une période
  - Period delai = Period.ofDays(200);
  - LocalDate date5 = date4.plus(delai);
- Par modification d'un champ
  - LocalDate date6 = date5.withDayOfMonth(23);
- Remarque :
  - type énuméré java.time.temporal.ChronoUnit donne la liste des différents « champs » représentant des dates/heures

Traitement des dates
Calculs sur les dates/heures

- Comparaison
  - date5.isBefore(date4)
  - date5.isAfter(date4)
- Intervalle
  - long intervalleJ = date6.until(date3, ChronoUnit.DAYS);
  - long intervalleW = date6.until(date3, ChronoUnit.WEEKS);

Traitement des dates affichage des dates/heures

- Formats « de base »
  - « locaux »

```
DateTimeFormatter formateur
DateTimeFormatter.ofLocalizedDate(FormatStyle.MEDIUM);
String dateFormatee = date6.format(formateur)
DateTimeFormatter formateurF =
 DateTimeFormatter.ofLocalizedDate(FormatStyle.FULL);
String dateFormateeF = date6.format(formateurF);
```

23 oct. 2013

mercredi 23 octobre 2013

  - « spécifiques »

```
DateTimeFormatter formateurAnglais = formateur.withLocale(new
 Locale("en","UK"));
String dateFormateeUK = date6.format(formateurAnglais);
```

Oct 23, 2013

- Formats personnels (voir javadoc DateTimeFormatter)

```
DateTimeFormatter formateurPerso =
  DateTimeFormatter.ofPattern("eeee/MMMM (G)");
String dateFormateePerso = date6.format(formateurPerso);
```

mercredi/octobre (ap. J.-C.)

Join sur les chaînes de caractères

- Méthode join() de la classe String
  - Avec un tableau

```
String[] tableau = {"abc", "def", "ghi"};
String tabJoin = String.join(";", tableau);
```

  - Avec un « Iterable »

```
ArrayList<String> liste = new
   ArrayList<>(Arrays.asList(tableau));
String listeJoin = String.join("-", liste);
```

- Classe StringJoiner

```
StringJoiner joint = new StringJoiner("/");
for (String s : tableau) {joint.add(s);}
String resultat = joint.toString();
```

Classe java.util.Optional<T> Introduction

- Présentation générale
  - Classe permettant d'éviter des problèmes de « NullPointerException »
  - Analogue au type Maybe de Haskell
- En pratique
  - Encapsule une donnée d'un type quelconque
  - La donnée peut être « null » ou avoir une valeur réelle

Classe java.util.Optional<T>
Méthodes principales

- static <T> Optional<T> ofNullable(T valeur)
  - Crée un « Optional<T> à partir d'une donnée de type T, éventuellement « null »
- boolean isPresent()
  - Renvoie vrai si la donnée encapsulée n'est pas « null »
- T orElse(T autre)
  - Si la donnée encaspulée n'est pas « null », la renvoie, sinon renvoie « autre »
- void ifPresent(Consumer<? Super T> consumer)
  - Applique « consumer » si la donnée n'est pas « null »
- T get()
  - Renvoie la donnée encapsulée (lève une NoSuchElementException si null)
- <U> optional<U> flatMap(Function< ? Super T, Optional<U> fonc)
  - Applique une fonction renvoyant un Optional<U> à une donnée encapsulée dans un Optional<T>

Classe java.util.Optional<T>
Optional<T> est une monade

- Monade : définition

  Une monade est un type M

  - Paramétré par un autre type T
  - Avec une « fabrique » pour créer une monade à partir d'une simple donnée de type T
  - Avec une fonction permettant d'appliquer une fonction de T vers M<U> à une monade M<T>

- Optional<T> est une monade analogue au type Maybe de Haskell avec
  - return → ofNullable(T value)
  - >>= → flatMap(Function<? super T,Optional<U>> mapper

Modifications d'API
Quelques exemples

Package java.nio.file
Classe Files ; extension java 1.8

- Static Stream<Path> find(Path start, int maxDepth, BiPredicate<Path,BasicFileAttributes> matcher, FileVisitOption... options)
- Static Stream<String> lines(Path path)
- Static Stream<String> lines(Path path, Charset cs)
- Static Stream<Path> list(Path dir)
- Static BufferedReader newBufferedReader(Path path)
- Static BufferedWriter newBufferedWriter(Path path, OpenOption... options)
- Static List<String> readAllLines(Path path)
- Static Stream<Path> walk(Path start, FileVisitOption... options)
- Static Stream<Path> walk(Path start, int maxDepth, FileVisitOption... options)
- Static Path write(Path path, Iterable<? extends CharSequence> lines, OpenOption... options)

Extension de l'interface Iterable<T>

- Avant
  - Iterator<T> iterator()
- Après
  - Default void forEach(Consumer<? super T> action)
  - Iterator<T> iterator()
  - Default Spliterator<T> spliterator()

Extension de l'interface Collection<E>

- Ajouts
  - default Stream<E>parallelStream()
  - default boolean removeIf(Predicate<? super E> filter)
  - default Spliterator<E> spliterator()
  - default Stream<E>stream()

Extension de l'interface Comparator<T>

- Avant
  - Int compare(T o1, T o2)
  - Boolean equals(Object obj)
- Après
  - int compare(T o1, T o2)
  - Static <T,U extends Comparable<? super U>> Comparator<T> comparing(Function<? super T,? extends U> keyExtractor)
  - Static <T,U> Comparator<T> comparing(Function<? super T,? extends U> keyExtractor, Comparator<? super U> keyComparator)
  - Static <T> Comparator<T> comparingDouble(ToDoubleFunction<? super T> keyExtractor)
  - Static <T> Comparator<T> comparingInt(ToIntFunction<? super T> keyExtractor)
  - Static <T> Comparator<T> comparingLong(ToLongFunction<? super T> keyExtractor)
  - Boolean equals(Object obj)
  - Static <T extends Comparable<? super T>> Comparator<T> naturalOrder()
  - Static <T> Comparator<T> nullsFirst(Comparator<? super T> comparator)
  - Static <T> Comparator<T> nullsLast(Comparator<? super T> comparator)
  - Default Comparator<T> reversed()
  - Static <T extends Comparable<? super T>> Comparator<T> reverseOrder()
  - Default Comparator<T> thenComparing(Comparator<? super T> other)
  - default <U extends Comparable<? super U>> Comparator<T> thenComparing(Function<? super T,? extends U> keyExtractor)
  - Default <U> Comparator<T> thenComparing(Function<? super T,? extends U> keyExtractor, Comparator<? super U> keyComparator)
  - Default Comparator<T> thenComparingDouble(ToDoubleFunction<? super T> keyExtractor)
  - Default Comparator<T> thenComparingInt(ToIntFunction<? super T> keyExtractor)
  - Default Comparator<T> thenComparingLong(ToLongFunction<? super T> keyExtractor)

Ιντερφαχε φονχτιοννελλε ↲

Extension de l'interface Iterator<E>

- Avant
  - boolean hasNext()
  - E next()
  - void remove()
- Après
  - default void forEachRemaining(Consumer<? super E> action)
  - boolean hasNext()
  - E next()
  - default void remove()