

Programmation Fonctionnelle en Java : Les Bases

Emmanuel BRUNO

Université de Toulon, LIS UMR CNRS 7020

emmanuel.bruno@univ-tln.fr

2026-10-14

Table des matières

1	Introduction à la Programmation Fonctionnelle en Java	1
1.1	Comparaison	1
1.2	Avantages de la version fonctionnelle	3
2	Les Interfaces Fonctionnelles	3
3	Les Lambdas Expressions	4
4	Intérêt des Lambdas Expressions	4
5	Les Records (Java 14+)	4
6	Référence vers des méthodes ::	5
7	Un exemple concret : Le tri sans lambdas .	6
7.1	Exemple: Trier en implantant <code>Comparator</code>	6
7.2	Exemple: Trier avec une <code>classe anonyme</code>	6
7.3	Exemple: Trier avec une <code>lambda</code>	7
7.4	Exemple: Avec l'interface <code>Comparator</code>	7
8	Les interfaces fonctionnelles usuelles	7
8.1	<code>Function<T,R></code> (apply)	7
8.2	<code>Supplier<T></code> (get)	8
8.3	<code>Consumer<T></code> (accept)	9
8.4	<code>Predicate<T></code> (test)	10
9	Applications à la liste de personnes	11

```
//|echo: false
//|output: false
import org.slf4j.Logger;
import org.slf4j.LoggerFactory;
```

```
final static Logger logger =
    LoggerFactory.getLogger("notebook");
```

1 Introduction à la Programmation Fonctionnelle en Java

La programmation fonctionnelle, un paradigme qui considère les calculs comme l'évaluation de fonctions mathématiques, offre une nouvelle perspective sur le développement logiciel. En mettant l'accent sur les expressions, les fonctions pures (sans effets de bord) et l'immutabilité, elle favorise un code plus déclaratif et moins sujet aux erreurs. Java, avec des fonctionnalités comme les expressions lambda et les streams, permet d'adopter une approche plus fonctionnelle, simplifiant ainsi la manipulation de collections et améliorant la lisibilité du code. De plus, la nature immuable des données en programmation fonctionnelle facilite grandement la parallélisation des traitements.

1.1 Comparaison

```
// Structure de données
class Course {
    String name;
    double grade;
```

```

    Course(String name, double grade)
    {
        this.name = name;
        this.grade = grade;
    }
}

```

```

// Données d'exemple

class Student {
    String name;
    List<Course> courses;

    Student(String name, List<Course>
courses) {
        this.name = name;
        this.courses = courses;
    }
}

```

```

List<Student>      students      =
Arrays.asList(
    new Student("Alice",
Arrays.asList(
    new Course("Math", 18.5),
    new Course("Physics", 17.0)
    )),
    new Student("Bob", Arrays.asList(
    new Course("Math", 12.0),
    new Course("Physics", 13.5)
    )),
    new Student("Charlie",
Arrays.asList(
    new Course("Math", 15.0),
    new Course("Physics", 16.0)
    ))
);

```

```

// Version fonctionnelle : Trouver
les noms des étudiants ayant une
moyenne > 15 en Math
List<String>      highPerformers      =
students.stream()
    .filter(student ->
student.courses.stream()
    .filter(course ->
course.name.equals("Math"))
    .mapToDouble(course ->
course.grade)
    .average()
    .orElse(0.0) > 15.0)
    .map(student -> student.name)
    .collect(Collectors.toList());
highPerformers;

```

[Alice]

```

// Version impérative équivalente
List<String>
highPerformersImperative      =      new
ArrayList<>();
for (Student student : students) {
    double mathSum = 0.0;
    int mathCount = 0;
    for (Course course :
student.courses) {
        if (course.name.equals("Math"))
        {
            mathSum += course.grade;
            mathCount++;
        }
    }
    if (mathCount > 0 && (mathSum /
mathCount) > 15.0) {
        highPerformersImperative.add(student.name);
    }
}
highPerformersImperative

```

[Alice]

1.2 Avantages de la version fonctionnelle

1. Lisibilité et Intent

- ✓ **Fonctionnel:** La chaîne d'opérations reflète directement l'intention du développeur
- ✗ **Impératif:** Multiples boucles et conditions imbriquées

2. Concision et Maintenabilité

- ✓ **Fonctionnel:** Une seule expression fluide
- ✗ **Impératif:** Variables temporaires, compteurs, accumulateurs

3. Immutabilité et Sûreté

- ✓ **Fonctionnel:** Pas d'effets de bord, thread-safe par défaut
- ✗ **Impératif:** État mutable partagé, risques de race conditions

4. Composabilité et Réutilisation

- ✓ **Fonctionnel:** Fonctions comme briques de base combinables

5. Parallélisation et Performance

- ✓ **Fonctionnel:** `.parallel()` suffit pour paralléliser
- ✗ **Impératif:** Synchronisation manuelle complexe

6. Debugging et Testing

- ✓ **Fonctionnel:** Fonctions pures facilement testables
- ✗ **Impératif:** Tests complexes dus aux états mutables

2 Les Interfaces Fonctionnelles

Définition :

Une interface fonctionnelle en Java est une interface qui possède exactement une méthode abstraite. Ce concept, introduit dans Java 8, est

étroitement lié à la programmation fonctionnelle et permet de traiter les fonctions comme des valeurs de première classe. Les interfaces fonctionnelles sont largement utilisées pour représenter des comportements tels que des fonctions, des actions ou des prédicats.

Une interface fonctionnelle en Java est une interface qui ne possède qu'une seule méthode abstraite. Elle sert de type cible pour les expressions lambda et les références de méthode, permettant ainsi d'écrire du code plus concis et expressif.

Principales interfaces fonctionnelles :

- Interfaces génériques :
 - ▶ `Function<T, R>` : Applique une fonction à un argument de type T et retourne un résultat de type R.
 - ▶ `Consumer` : Consomme un argument de type T (effectue une action sans retour).
 - ▶ `Predicate` : Représente une condition à vérifier sur un élément de type T.
 - ▶ `Supplier` : Fournit un élément de type T.
- Interfaces pour les types primitifs :
 - ▶ `IntFunction`, `IntConsumer`, `IntPredicate`, `IntSupplier` : Variantes des interfaces génériques pour les entiers.
 - ▶ `LongFunction`, `LongConsumer`, `LongPredicate`, `LongSupplier` : Variantes pour les nombres à virgule flottante de type long.
 - ▶ `DoubleFunction`, `DoubleConsumer`, `DoublePredicate`, `DoubleSupplier` : Variantes pour les nombres à virgule flottante de type double.
 - ▶ `BooleanSupplier` : Fournit une valeur booléenne.

Elles peuvent être vues comme des instances de classes anonymes n'ayant qu'une seule méthode dont les types de retour et des paramètres sont inférés.

3 Les Lambdas Expressions

Définition: Une lambda expression est une fonction anonyme qui peut être assignée à une variable. C'est une manière concise d'écrire une instance d'une interface fonctionnelle.

Elles peuvent être vues comme des instances de classes anonymes n'ayant qu'une seule méthode dont les types de retour et des paramètres sont inférés.

- **Syntaxe:**

```
(paramètres) -> corps
```

Une lambda expression est composée :

- d'un ou plusieurs noms de paramètres (entre parenthèses), éventuellement typés
- du symbole `->` (flèche lambda)
- d'un corps de fonction. Si le corps se réduit à une seule expression, le `return` et les accolades sont facultatifs.

4 Intérêt des Lambdas Expressions

- **Pourquoi utiliser les expressions lambda ?**
 - **Concision:** Écriture de code plus compacte et lisible.
 - **Programmation fonctionnelle:** S'intègrent parfaitement avec les concepts de la programmation fonctionnelle (map, filter, reduce, etc.).
 - **Streams:** Utilisées avec les streams pour effectuer des opérations sur des collections.
- **Lien avec les interfaces fonctionnelles:** Une expression lambda est toujours associée à une interface fonctionnelle. Le compilateur infère le type de l'interface en fonction du contexte.

```
///| echo: true
///| output: true
import java.util.function.*;
DoubleBinaryOperator add = (x, y) ->
x + y; // Additionne deux nombres
DoubleBinaryOperator mul = (x, y) ->
x * y; // Additionne deux nombres

void apply(DoubleBinaryOperator
operator, double x, double y) {
    logger.info("Résultat: " +
operator.applyAsDouble(x, y));
}

apply(add, 2.0, 3.0);
apply(mul, 2.0, 3.0);
apply((x, y) -> x * x + y * y, 2.0,
3.0);
```

```
18:36:25.889 [IJava-executor-1] INFO
notebook -- Résultat: 5.0
18:36:25.906 [IJava-executor-1] INFO
notebook -- Résultat: 6.0
18:36:25.924 [IJava-executor-1] INFO
notebook -- Résultat: 13.0
```

5 Les Records (Java 14+)

Depuis l'introduction de Java 14, les développeurs disposent d'un nouveau mécanisme pour définir des classes dont le but premier est de contenir des données : les records. Un record est une classe spéciale, conçue pour représenter des valeurs immuables de manière concise et expressive.

Contrairement aux classes traditionnelles qui peuvent encapsuler à la fois des données et des comportements, les records se concentrent sur l'encapsulation de données. Ils sont particulièrement adaptés pour modéliser des entités qui ne nécessitent pas de méthodes complexes

au-delà des méthodes d'accès aux données (getters).

Pourquoi utiliser des records ?

- **Concision:** La syntaxe des records est plus concise que celle des classes classiques, ce qui améliore la lisibilité du code.
- **Immuabilité:** L'immuabilité par défaut des records favorise la création de code plus sûr et plus prévisible.
- **Génération automatique:** Le compilateur génère automatiquement des méthodes essentielles comme `equals()`, `hashCode()` et `toString()`, basées sur les champs du record.
- **Lisibilité:** La structure simple des records facilite la compréhension du code, en particulier lorsqu'il s'agit de représenter des données de manière structurée.

```
//| echo: true
//| output: true
public record Person(String nom, int
age) {}

//Immutable List of Records
List<Person> personnes = List.of(
    new Person("Alice", 30),
    new Person("Bob", 25)
    // ...
);
```

6 Référence vers des méthodes ::

L'opérateur `::` permet de récupérer une référence vers un constructeur, une méthode statique ou d'instance existante que l'on pourra manipuler à travers une interface fonctionnelle.

On peut ainsi définir une méthode qui ajoute des Personnes à une liste qui est créée à partir

d'un `Supplier` qui fournit une liste de `Personne` en paramètre.

```
//| echo: true
//| output: true
// Define two Supplier<List> lambdas:
Supplier<List> listFactory1 =
ArrayList::new; // Creates a
Supplier that provides a new
ArrayList
Supplier<List> listFactory2 =
LinkedList::new; // Creates a
Supplier that provides a new
LinkedList

// Function to initialize a List of
Person objects:
public List<Person>
initPersonList(Supplier<List>
listFactory) {
    // Get a new List instance from the
provided Supplier
    List<Person> personList =
listFactory.get();

    // Add some Person objects to the
list
    personList.add(new Person("Alice",
30));
    personList.add(new Person("Bob",
25));

    // Return the populated list
    return personList;
}

// Demonstrate usage with different
Suppliers:
logger.info("List using ArrayList:
{}", initPersonList(listFactory1));
logger.info("List using LinkedList:
{}", initPersonList(listFactory2));
```

```
18:36:35.432 [IJava-executor-1]
INFO      notebook  -- List
using ArrayList: [Person[nom=Alice,
age=30], Person[nom=Bob, age=25]]
18:36:35.452 [IJava-executor-1]
INFO      notebook  -- List
using LinkedList: [Person[nom=Alice,
age=30], Person[nom=Bob, age=25]]
```

7 Un exemple concret : Le tri sans lambdas

Avec une liste d'instances de la classe `Person(prenom, age)`, si la classe redéfinit `equals` et `hashCode` et implante l'interface `Comparable` en fonction du prénom on peut trier « canoniquement » la liste par nom avec `Collections.sort(personnes)`; (impossible ici avec un record).

7.1 Exemple: Trier en implantant Comparator

Étant donnée une liste d'objets `Person` (possédant les attributs « prénom » et « âge »), si la classe `Person` redéfinit les méthodes `equals` et `hashCode` et implémente l'interface `Comparable` en se basant sur le prénom, il est possible de trier cette liste par ordre alphabétique de prénoms en utilisant la méthode `Collections.sort(personnes)`. Cependant, cette approche n'est pas directement applicable aux records.

Pour trier des records ou par un autre critère par exemple l'âge, on peut implanter l'interface `Comparator`

```
//| echo: true
//| output: true
public class PersonComparatorByAge
implements Comparator<Person> {
    public int compare(Person person1,
Person person2) {
```

```
        return person1.age() -
person2.age();
    }
}
```

et en fournir une instance à la méthode de classe `sort`.

```
//| echo: true
//| output: true
List<Person> listByAges = new
ArrayList<Person>(personnes);
Collections.sort(listByAges, new
PersonComparatorByAge());
listByAges;
```

```
[Person[nom=Bob, age=25],
Person[nom=Alice, age=30]]
```

7.2 Exemple: Trier avec une classe anonyme

Si le comparateur ne doit être utilisé qu'une fois on peut utiliser une classe anonyme.

```
//| echo: true
//| output: true
//Tri par nom, puis age
List<Person> listByNomAge = new
ArrayList<Person>(personnes);
Collections.sort(listByNomAge, new
Comparator<Person>() {
    @Override
    public int compare(Person o1,
Person o2) {
        return o1.nom()
.equals(o2.nom())
? o1.age() - o2.age()
: o1.nom().compareTo(o2.nom());
    }
});

listByNomAge;
```

```
[Person[nom=Alice,      age=30],
 Person[nom=Bob, age=25]]
```

7.3 Exemple: Trier avec une lambda

```

//| echo: true
//| output: true

// Tri par nom en utilisant une lambda
expression
List<Person> listByNames = new
ArrayList<Person>(personnes);
Collections.sort(listByNames, (o1,
o2) -
> o1.nom().compareTo(o2.nom()));
logger.info("Tri par nom:
{}", listByNames);

// Tri par nom en utilisant une clé
de tri
List<Person> listByAges = new
ArrayList<Person>(personnes);
listByNames.sort(Comparator.comparing(Person::nom));
logger.info("Tri par age:
{}", listByNames);

// Tri par âge
List<Person> listByAges = new
ArrayList<Person>(personnes);
listByAges.sort(Comparator.comparingInt(Person::age));
logger.info("{}", listByAges);

```

```

18:37:02.832 [IJava-executor-1]
INFO      notebook -- Tri par
nom:      [Person[nom=Alice, age=30],
Person[nom=Bob, age=25]]
18:37:02.876 [IJava-executor-1]
INFO      notebook -- Tri par
age:      [Person[nom=Alice, age=30],
Person[nom=Bob, age=25]]
18:37:02.913 [IJava-executor-1] INFO
notebook -- [Person[nom=Bob, age=25],
Person[nom=Alice, age=30]]

```

7.4 Exemple: Avec l'interface Comparator

L'interface `Comparator` fournit de nombreuses méthodes de comparaisons fonctionnelles :

```

//| echo: true
//| output: true
// Sort list of Person objects in
reverse order:
// 1. Primary sort by name (nom)
// 2. Secondary sort by age for same
names
Collections.sort(listByNomAge,
Comparator.comparing(Person::nom)
                .thenComparing(Person::age)

Break ties by age
                .reversed()); //

Reverse the entire ordering
// Return the sorted list (descending
by name then age)
listByNomAge;

```

```
[Person[nom=Bob,      age=25],
 Person[nom=Alice, age=30]]
```

8 Les interfaces fonctionnelles usuelles

Nous allons voir des exemples avec quatre interfaces couramment utilisées : `Function`, `Predicate`, `Supplier` et `Consumer`.

8.1 Function<T, R> (apply)

L'interface `Function` applique un traitement sur son unique paramètre.

Le nom de l'unique méthode d'une `Function` est `apply`.

- Utilisation :
 - Transformer des données: Convertir des types, appliquer des règles métier.
 - Composer des fonctions: Enchaîner plusieurs transformations.

- Passer des comportements en paramètre: Rendre du code plus flexible et réutilisable.
- `.andThen()` method
 - Takes another Function as parameter
 - Returns a new composed Function
 - Executes functions in order: first the original, then the parameter
- `.compose()` executes functions in reverse order:

```
//| echo: true
//| output: true
import java.util.function.Function;
// Email formatter functions
// 1. Basic Functions
Function<String, String> addDomain =
name -> name + "@company.com";
Function<String,
String>      makeValidEmail      =
String::toLowerCase;

// 2. Composition with andThen
Function<String, String> createEmail
= makeValidEmail.andThen(addDomain);

// Test with different inputs
System.out.println("Simple:   " +
addDomain.apply("john.doe"));
System.out.println("Lowercase: " +
makeValidEmail.apply("JOHN.DOE"));
System.out.println("andThen:   " +
createEmail.apply("John.Doe"));
System.out.println("compose: " + addDomain
```

Simple: john.doe@company.com

Lowercase: john.doe
 andThen: john.doe@company.com
 compose: john.doe@company.com

On peut alors définir des méthodes qui prennent en paramètre une instance d'une interface fonctionnelle.

Ici une méthode qui parcourt la liste de personnes, applique la Function sur le prénom et l'affiche.

```
//| echo: true
//| output: true
public class AfficheurDePersonnes {
    public static void appliqueEtAfficher(Function<String, S
fonction) {
        for (Person p : personnes) System.out.println(fonction
    }
}
```

```
AfficheurDePersonnes.appliqueEtAfficher(createEmail);
```

alice@company.com
 bob@company.com

On peut aussi directement utiliser une lambda de types compatibles (noter que les types de retour et du paramètre `s` sont inférés à partir des paramètres de l'interface fonctionnelle attendue).

```
//| echo: true
//| output: true
AfficheurDePersonnes.appliqueEtAfficher(s-
>s.toUpperCase());
```

```
compose(makeValidEmail).apply("JOHN.DOE"));
ALICE
BOB
```

8.2 Supplier<T> (get)

Un Supplier est une fonction sans paramètre qui produit une valeur et possède donc un seul paramètre générique (le type de l'objet retourné). C'est une sorte de factory.

Ainsi `Supplier<String>` fournis des chaînes de caractères, `Supplier<Integer>` des objets représentant des entiers, ...

Utilisation :

- Création d'objets : Générer des instances d'une classe.
- Fourniture de valeurs par défaut: Définir des valeurs initiales. Génération de données aléatoires: Produire des nombres aléatoires, des chaînes aléatoires.

Pour les primitifs, il existe des variantes dédiées de l'interface (donc sans paramètres) comme `IntSupplier`.

```
//| echo: true
//| output: true
import java.util.function.Supplier;
Random random = new Random();

// Different dice types using method reference
Supplier<Integer> D6 = () ->
random.nextInt(6) + 1;
Supplier<Double> RandomTemperature =
() -> random.nextDouble()*50 - 19;

System.out.println("D6 Roll: " +
D6.get());
System.out.println("Random
Temperature: "
+ RandomTemperature.get());

public class Statistique<T extends
Number> {
    public static <T extends Number>
double average(Supplier<T> supplier,
int iterations) {
        double sum = 0.0;
        for (int i = 0; i < iterations;
i++) {
                                sum +=
```

```
supplier.get().doubleValue();
        }
        return sum / iterations;
    }
}
final int NB = 10;
logger.info("Random dices: {}",
Statistique.average(D6, NB)+" (%d
rolls)".formatted(NB));
logger.info("Random temperatures:
{}", Statistique.average(RandomTemperature,
NB)+"
(%d temperatures)".formatted(NB));
logger.info("Random
0-100: {}", Statistique.average(()->
random.nextInt(100)+1, NB)+" (%d
numbers)".formatted(NB));
```

```
D6 Roll: 2
Random
Temperature: -8.676348852325994
18:44:12.812 [IJava-executor-5] INFO
notebook -- Random dices: 4.8 (10
rolls)
18:44:12.823 [IJava-executor-5] INFO
notebook -- Random temperatures:
11.28101560265375 (10 temperatures)
18:44:12.837 [IJava-executor-5] INFO
notebook -- Random 0-100: 62.3 (10
numbers)
```

8.3 Consumer<T> (accept)

L'interface `Consumer<T>` est une composante fondamentale de la programmation fonctionnelle en Java, introduite pour gérer les opérations qui acceptent une entrée sans produire de sortie. Cette interface fait partie du package `java.util.function` et est particulièrement utile pour les traitements terminaux dans les flux de données.

Son principe de base repose sur une seule méthode abstraite `accept(T t)` qui prend un

paramètre de type T et ne retourne rien (void). Cette caractéristique en fait l'outil idéal pour les opérations qui produisent des effets

```
///| echo: true
///| output: true
// Create list of names
List<String> names = List.of("Alice",
    "Bob", "Charlie");

// Define two consumers
Consumer<String> upperCase = name -> System.out.print(name.toUpperCase());
Consumer<String> greet = name ->
    System.out.println(" -> Hello " +
        name);

// Chain consumers with andThen
Consumer<String> process =
    upperCase.andThen(greet);

// Process each name
// The forEach method provides a
// functional approach to iteration,
// making code more concise and focusing
// on what to do with elements rather
// than how to iterate.
names.forEach(process);
```

```
ALICE -> Hello Alice
BOB -> Hello Bob
CHARLIE -> Hello Charlie
```

8.4 Predicate<T> (test)

L'interface fonctionnelle `Predicate<T>` représente un concept fondamental de la programmation fonctionnelle en Java : l'évaluation d'une condition. À travers sa méthode abstraite `test(T t)`, elle permet d'encapsuler une logique de test qui, appliquée à un objet de type T, retourne un résultat booléen. Cette interface s'avère particulièrement puissante grâce à ses méthodes de composition par défaut (`and`, `or`,

`negate`) qui permettent de combiner plusieurs prédicats pour créer des conditions complexes.

Les cas d'utilisation du Predicate sont nombreux et variés dans le développement Java moderne. On le retrouve principalement dans les opérations de filtrage de collections, où il permet de sélectionner précisément les éléments répondant à des critères spécifiques. Il joue également un rôle central dans la validation de données, permettant d'exprimer des règles métier de manière claire et composable. Enfin, son utilisation dans les structures conditionnelles apporte une flexibilité accrue en permettant de définir et manipuler des conditions comme des objets de première classe.

```
///| echo: false
import java.util.function.Predicate;
```

```
///| echo: true
///| output: true
// Name validation predicates
Predicate<String> startsWithCapital
    = name -> name.matches("[A-Z][a-z]+");
Predicate<String> hasValidLength =
    name -> name.length() >= 2 &&
        name.length() <= 30;
Predicate<String> noSpecialChars =
    name -> name.matches("[A-Za-z]+");

// Combine predicates
Predicate<String> isValidName =
    startsWithCapital
        .and(hasValidLength)
        .and(noSpecialChars);

// Test
System.out.println("Is 'John' valid?
    " + isValidName.test("John"));
System.out.println("Is 'j0hn' valid?
    " + isValidName.test("j0hn"));
```

```
Is 'John' valid? true
Is 'john' valid? false
```

9 Applications à la liste de personnes

Ces fonctions sont très utiles pour construire efficacement des traitements sur des séquences de données. Avant le cours, sur les flux de données (`Stream`). Voilà une illustration pour construire un traitement générique d'une liste d'éléments: filtrage en fonction d'une condition passée en paramètre, transformation des éléments de la liste et application d'un traitement aux résultats.

```
///| echo: true
///| output: true
import java.util.function.Predicate;
public class Processor<T, R> {
    public void run(Iterable<T>
iterable, Predicate<T> predicate,
Function<T, R> function, Consumer<R>
consumer) {
        iterable.forEach(t -> {
            if (predicate.test(t)) {
                R result =
function.apply(t);
                consumer.accept(result);
            }
        });
    }
}
```

et utiliser une lambda expression pour le prédicat et une référence vers une fonction pour afficher le résultat

```
///| echo: true
///| output: true
List<Person> people = List.of(
```

```
new Person("Alice", 25),
new Person("Bob", 17),
new Person("Charlie", 30),
new Person("Alfred", 16)
);

// Multiple predicates
Predicate<Person> isAdult = p ->
p.age() >= 18;
Predicate<Person> nameStartsWithA = p
-> p.nom().startsWith("A");

// Multiple functions
Function<Person, String> formatName =
p -> p.nom().toUpperCase();
Function<String, String> addTitle = p
-> "Mr/Ms. " + p;

// Multiple consumers
Consumer<String> print =
System.out::println;
Consumer<String> log = s ->
logger.info(s);

// Process the data
Processor<Person, String> processor =
new Processor<>();
processor.run(people,
isAdult
.and(nameStartsWithA),
formatName
.andThen(addTitle),
print
.andThen(log)
);
```

```
Mr/Ms. ALICE
18:46:39.465 [IJava-executor-6] INFO
notebook -- Mr/Ms. ALICE
```

La même classe générique `Processor` peut être utilisée pour filtrer des entiers.

```

//| echo: true
//| output: true
// Sample data
List<Integer> numbers = List.of(1,
15, 30, 45, 60, 75, 90);

// Multiple predicates
Predicate<Integer> isGreaterThan30 =
n -> n > 30;
Predicate<Integer> isDivisibleBy15 =
n -> n % 15 == 0;

// Multiple functions
Function<Integer,
String> formatNumber = n ->
String.format("Number: %d", n);
Function<String, String> addComment =
s -> s + " (multiple of 15)";

// Multiple consumers
Consumer<String> print =
System.out::println;
Consumer<String> log = s ->
logger.info(s);

// Process the data
Processor<Integer, String> processor
= new Processor<>();
processor.run(numbers,
    isGreaterThan30
        .and(isDivisibleBy15),
    formatNumber
        .andThen(addComment),
    print
        .andThen(log)
);

```

```

Number: 45 (multiple of 15)
18:46:52.825 [IJava-executor-6] INFO
notebook -- Number: 45 (multiple of
15)
Number: 60 (multiple of 15)

```

```

18:46:52.825 [IJava-executor-6] INFO
notebook -- Number: 60 (multiple of
15)
Number: 75 (multiple of 15)
18:46:52.825 [IJava-executor-6] INFO
notebook -- Number: 75 (multiple of
15)
Number: 90 (multiple of 15)
18:46:52.825 [IJava-executor-6] INFO
notebook -- Number: 90 (multiple of
15)

```