Bases de la programmation orientée objet
Sous-typage et conception

Denis Poitrenaud

IUT de l'Université Paris Descartes
Denis.Poitrenaud@ParisDescartes.fr

DUT Informatique – 2ème Semestre

Grandes lignes de ce cours

Programmer vers des interfaces
- Inversion de dépendance
- Adaptation d'interface

Délégation *versus* Héritage

Création et copie d'objets
- Création d'objets et polymorphisme
- Copie d'objets

Généricité et sous-typage

Quelques interfaces de l'API standard

Les exceptions et l'héritage

Programmer vers des interfaces

Préférer le sous-typage à l'héritage

- Permettre de changer *a posteriori* l'implémentation
- Supprimer les contraintes d'héritage
- Abstraire des fonctions (foncteurs)
- Inverser les dépendances néfastes
- Spécialiser les services offerts en fonction des rôles des utilisateurs

```
public class Appli {
  public static void main(String[] args) {
    final int NB = 10000, NB_LECTURES = NB * 100;
    List<Integer> liste;

    liste = new LinkedList<Integer>();
    for (int i = 0; i < NB; ++i)
      liste.add(i);

    for (int i = 0; i < NB_LECTURES; ++i)
      System.out.println(liste.get(i % NB));
  }
}
```

Interface de l'API standard – java.util.List<E>

```
public interface List<E> extends Collection<E> {
  int size();
  boolean isEmpty();
  boolean contains(Object o);
  Iterator<E> iterator();
  Object[] toArray();
  <T> T[] toArray(T[] a);
  boolean add(E e);
  boolean remove(Object o);
  boolean containsAll(Collection<?> c);
  boolean addAll(Collection<? extends E> c);
  boolean removeAll(Collection<?> c);
  boolean retainAll(Collection<?> c);
  void clear();
  boolean equals(Object o);
  int hashCode();

  boolean addAll(int index, Collection<? extends E> c);
  E get(int index);
  E set(int index, E element);
  void add(int index, E element);
  E remove(int index);
  int indexOf(Object o);
  int lastIndexOf(Object o);
  ListIterator<E> listIterator();
  ListIterator<E> listIterator(int index);
  List<E> subList(int fromIndex, int toIndex);
}
```

Mesures de performance

```
public class Appli {
  public static void main(String[] args) {
    final int NB = 10000, NB_LECTURES = NB * 100;
    List<Integer> liste;

    liste = new LinkedList<Integer>();
    for (int i = 0; i < NB; ++i)
      liste.add(i);

    long début = System.currentTimeMillis();

    for (int i = 0; i < NB_LECTURES; ++i)
      liste.get(i % NB);

    long temps = System.currentTimeMillis() - début;

    System.out.println((temps / 1000.) + " secondes");
  }
}
```

Temps d'exécution : 3,5 secondes

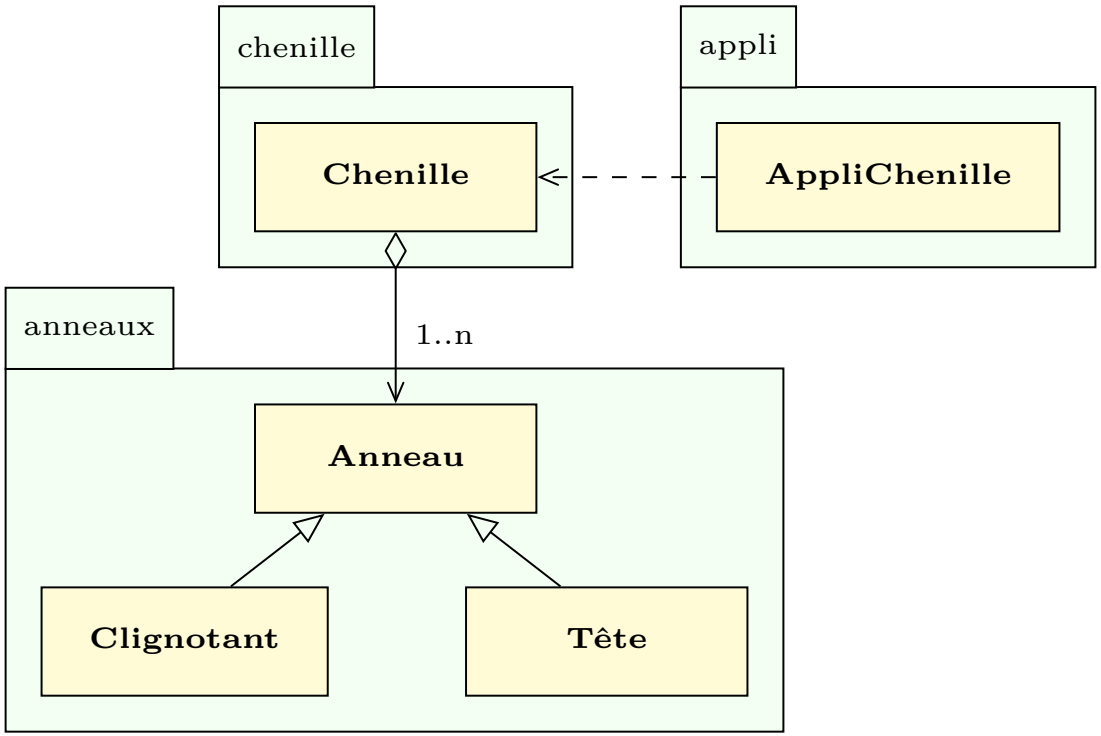
Modification *a posteriori*

```
public class Appli {
  public static void main(String[] args) {
    final int NB = 10000, NB_LECTURES = NB * 100;
    List<Integer> liste;

    liste = new ArrayList<Integer>();
    for (int i = 0; i < NB; ++i)
      liste.add(i);

    long début = System.currentTimeMillis();

    for (int i = 0; i < NB_LECTURES; ++i)
      liste.get(i % NB);

    long temps = System.currentTimeMillis() - début;

    System.out.println((temps / 1000.) + " secondes");
  }
}
```

Temps d'exécution : 0,17 secondes (soit 20 fois plus vite !!!)

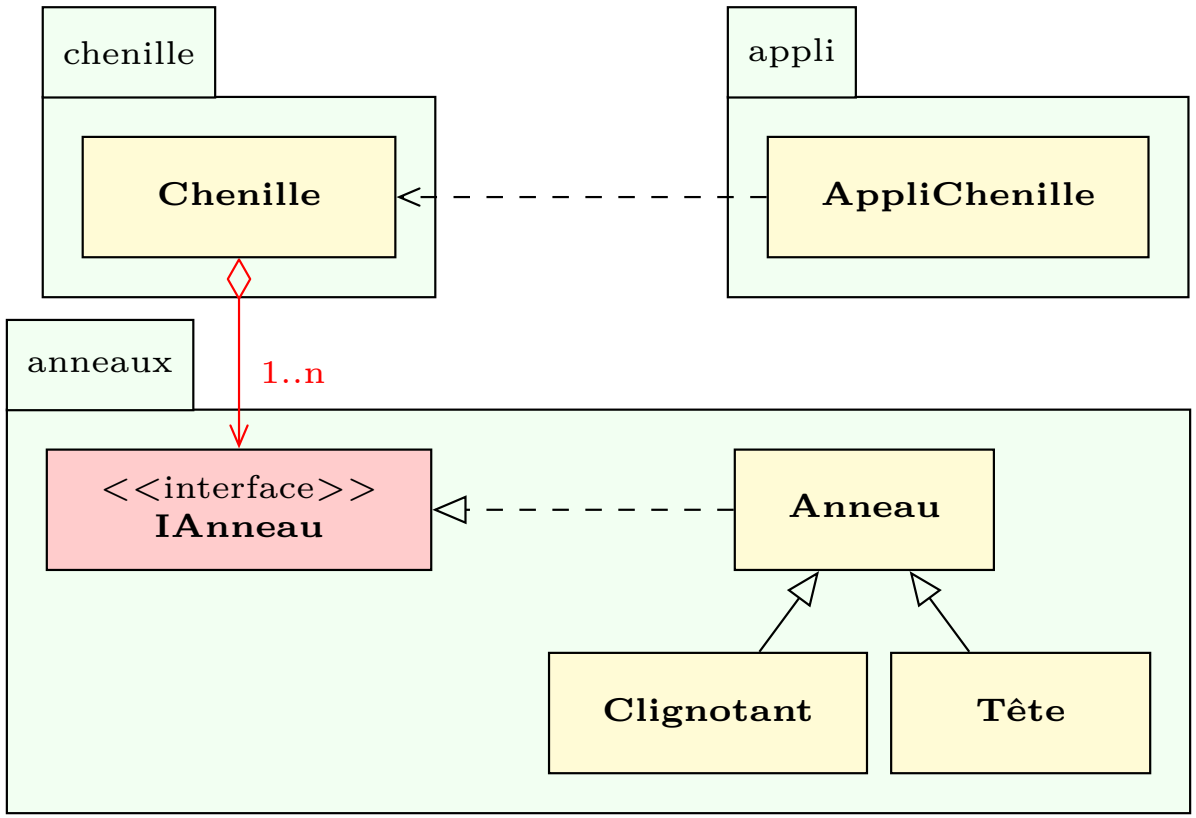
L'héritage est une contrainte

- Intégrer un nouveau type d'anneau au sein d'une chenille passe nécessairement par une nouvelle classe héritant de la classe `Anneau`



- La nouvelle classe peut ne pas avoir besoin des attributs d'un anneau (héritage forcé)
- La nouvelle classe peut déjà hériter d'une classe (impossibilité ⇒ héritage unique)

Une interface n'est pas une contrainte



- Intégrer un nouveau type d'anneau peut se faire aussi bien en implémentant directement l'interface `IAnneau` qu'en héritant de la classe `Anneau` (ou d'une de ses sous-classes)

Abstraction de service – Problème

```
public class Personne {
  public enum Genre {FEMININ, MASCULIN}

  private String nom;
  private Genre genre;

  public Personne(String nom, Genre genre) {
    this.nom = nom; this.genre = genre;
  }

  public String nom() { return nom; }

  public Genre genre() { return genre; }

  public String toString() {
    String s = (genre == Genre.FEMININ ? "Mme" : "M") + "␣";
    return s + nom;
  }
}
```

Abstraction de service – Problème

Un algorithme de tri (peu efficace)

```
public class Appli {
  public static void triABulle(Personne[] t) {
    for (int i = 0; i < t.length; ++i)
      for (int j = 0; j < t.length - 1 - i; ++j)
        if (t[j].nom().compareTo(t[j + 1].nom()) > 0) {
          Personne tmp = t[j];
          t[j] = t[j + 1];
          t[j + 1] = tmp;
        }
  }
}
```

Comment adapter cet algorithme à toute relation d'ordre ?

Abstraction de service – Solution

En introduisant une interface :

```
public interface Comparateur {
  boolean plusGrand(Personne a, Personne b);
}
```

```
public class Appli {
  public static void triABulle(Personne[] t,
                               Comparateur c ) {
    for (int i = 0; i < t.length; ++i)
      for (int j = 0; j < t.length - 1 - i; ++j)
        if ( c.plusGrand(t[j], t[j + 1]) ) {
          Personne tmp = t[j];
          tab[j] = t[j + 1];
          t[j + 1] = tmp;
        }
  }
  ...
}
```

Abstraction de service – Utilisation

```
public class OrdreGalant implements Comparateur {
  @Override
  public boolean plusGrand(Personne a, Personne b) {
    if (a.genre() == b.genre())
      return a.nom().compareTo(b.nom()) > 0;
    return a.genre() == Genre.MASCULIN;
  }
}
```

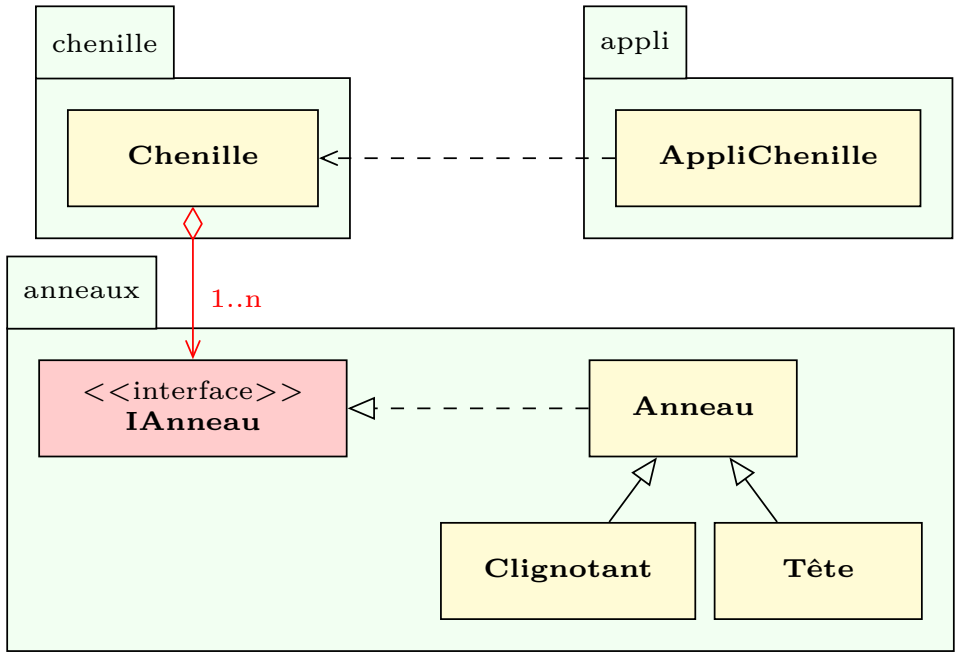
```
public class Appli {
  ...
  public static void main(String[] args) {
    Personne[] tab = {
        new Personne("Marcel", Genre.MASCULIN),
        new Personne("Louise", Genre.FEMININ),
        new Personne("Albert", Genre.MASCULIN)
    };
    triABulle(tab, new OrdreGalant());
    System.out.println(Arrays.toString(tab));
  }
} // Ce programme affiche "[Mme Louise, M Albert, M Marcel]"
```

Abstraction de service – Utilisation avec classe anonyme

```
public class Appli {
  ...
  public static void triABulle(Personne[] t) {
    Comparateur comp = new Comparateur() {
      @Override
      public boolean plusGrand(Personne a, Personne b) {
        return a.nom().compareTo(b.nom()) > 0;
      }
    };
    triABulle(t, comp);
  }

  public static void main(String[] args) {
    Personne[] tab = {
        new Personne("Marcel", Genre.MASCULIN),
        new Personne("Louise", Genre.FEMININ),
        new Personne("Albert", Genre.MASCULIN)
    };
    triABulle(tab);
    System.out.println(Arrays.toString(tab));
  }
} // Ce programme affiche "[M Albert, Mme Louise, M Marcel]"
```

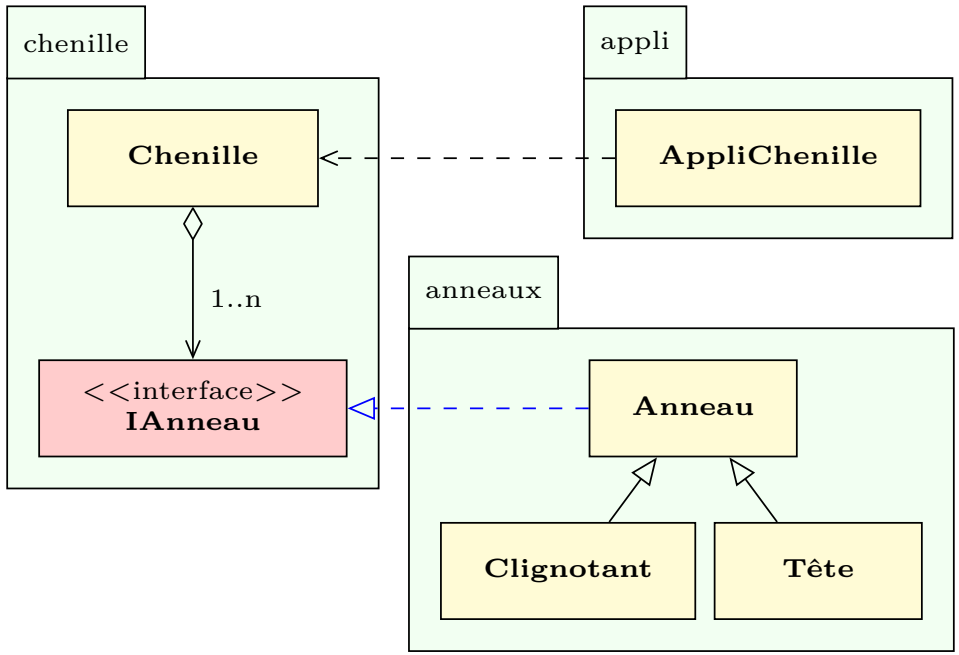
Inversion de dépendance

Dépendance et stabilité



- La classe `Chenille` dépend de l'interface `IAnneau` ⇒ le paquetage `chenille` dépend du paquetage `anneaux`
- Le paquetage `anneaux` a vocation à être enrichi (avec des classes implémentant `IAnneau`) ⇒ le paquetage `anneaux` est instable
- La classe `Chenille` n'a pas vocation à évoluer aussi rapidement ⇒ le paquetage `chenille` est plus stable

Inversion de dépendance



- Un paquetage ne devrait pas dépendre d'un paquetage lui étant moins stable
- Déplacer l'interface `IAnneau` vers le paquetage `chenille` suffit à inverser la dépendance
- Ce déplacement est justifié car l'interface `IAnneau` est de même stabilité que la classe `Chenille`

Adaptation d'interface

Adaptation d'interface – Problème

```
public class Bulletin {
  private String étudiant;
  private LinkedList<Float> notes;

  public Bulletin(String étudiant) {
    this.étudiant = étudiant;
    this.notes = new LinkedList<Float>();
  }

  public void ajouterNotes(float n) { notes.add(n); }

  public float moyenne() {
    float cumul = 0;
    for (float note : notes)
      cumul += note;
    return cumul / notes.size();
  }

  @Override
  public String toString() { return étudiant + " : " + moyenne(); }
}
```

Un étudiant consultant son bulletin ne devrait pas pouvoir ajouter des notes !

Adaptation d'interface – Solution

En introduisant une interface (Interface Segregation Principle)

```
public interface BulletinEtudiant {
  float moyenne();
  String toString();
}
```

```
// visibilité paquetage
class Bulletin implements BulletinEtudiant {
  ...
  @Override
  public float moyenne() {
    ...
  }
  ...
}
```

Si le type `Bulletin` n'est pas visible aux étudiants et qu'il ne leur est fourni que des références de type `BulletinEtudiant`, ils ne pourront pas ajouter de notes

Délégation *versus* Héritage

Délégation – Principe

La délégation consiste pour une classe à déléguer les services qu'elle doit rendre (ou une partie de ceux-ci) à un autre objet

Cet autre objet est appelé *le délégué*

```
public class ImprimanteRéelle {
  public void imprimer(String document) {
    System.out.println("imprime␣" + document);
  }
}
```

```
public class Imprimante {
  // le délégué
  private ImprimanteRéelle imp = new ImprimanteRéelle();

  public void imprimer(String document) {
    imp.imprimer(document);
  }
}
```

Délégation *versus* Héritage

Inconvénients

- Tous les services du délégué devant être rendus visibles doivent être explicitement codés
- Dans l'exemple précédent, il n'est pas possible d'écrire du code polymorphe (une imprimante n'est pas une imprimante réelle)

Avantages

- Il est possible de sélectionner les services du délégué rendus visibles
- Il est possible de changer dynamiquement de délégué (durant l'exécution)

Sélectionner les services rendus visibles n'est pas possible avec l'héritage. Lorsqu'une méthode est spécialisée dans une sous-classe, sa visibilité peut être augmentée (ex. `protected` $\rightarrow$ `public`) mais elle ne peut pas être réduite (ex. `public` $\not\rightarrow$ `private`)

Délégation – un exemple avec "mutation"

L'usage des interfaces permet de favoriser la cohérence de type (et donc le polymorphisme)

```
public interface Imprimante {
  void imprimer(String document);
}
```

```
public class ImprimanteHP implements Imprimante {
  public void imprimer(String document) {
    System.out.println("L'HP␣imprime␣" + document);
  }
}
```

```
public class ImprimanteEpson implements Imprimante {
  public void imprimer(String document) {
    System.out.println("L'Epson␣imprime␣" + document);
  }
}
```

Délégation – un exemple avec "mutation" (suite)

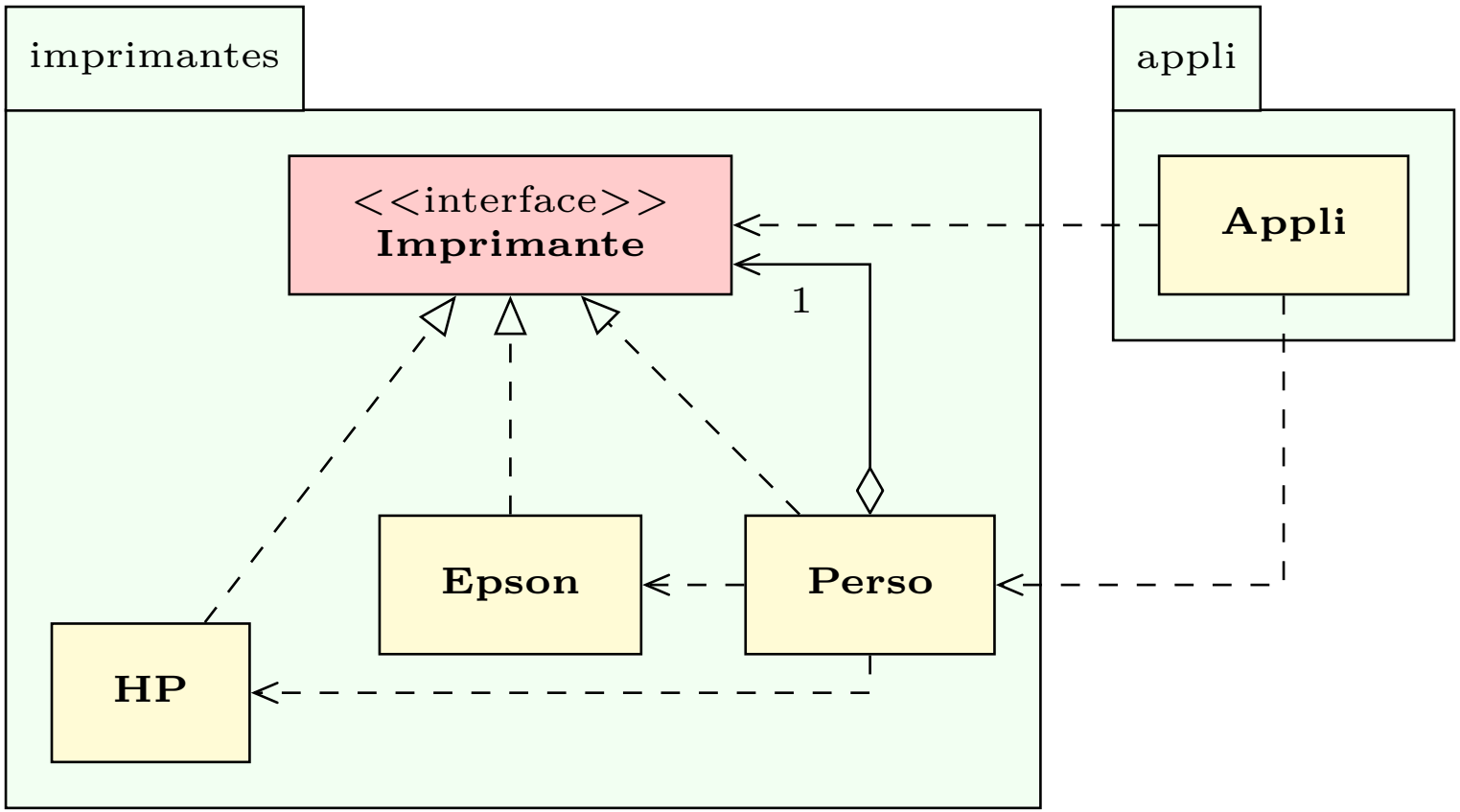
```
public class ImprimantePerso implements Imprimante {
  // le délégué
  private Imprimante imprimante = new ImprimanteHP();

  // les mutations possibles
  void changerVersHP() {
    imprimante = new ImprimanteHP();
  }

  void changerVersEpson() {
    imprimante = new ImprimanteEpson();
  }

  // le service
  public void imprimer(String document) {
    imprimante.imprimer(document);
  }
}
```

Délégation – un exemple avec "mutation" (suite)

```
public class AppliImprimante {
  // Code polymorphe
  public static void impression(Imprimante imp,
                                String doc) {
    imp.imprimer(doc);
  }

  public static void main(String[] args) {
    ImprimantePerso monImprimante = new ImprimantePerso();
    impression(monImprimante, "cv.txt");
    // mutation
    monImprimante.changerVersEpson();
    impression(monImprimante, "cv.txt");
  }
}
```

```
L'HP imprime cv.txt
L'Epson imprime cv.txt
```

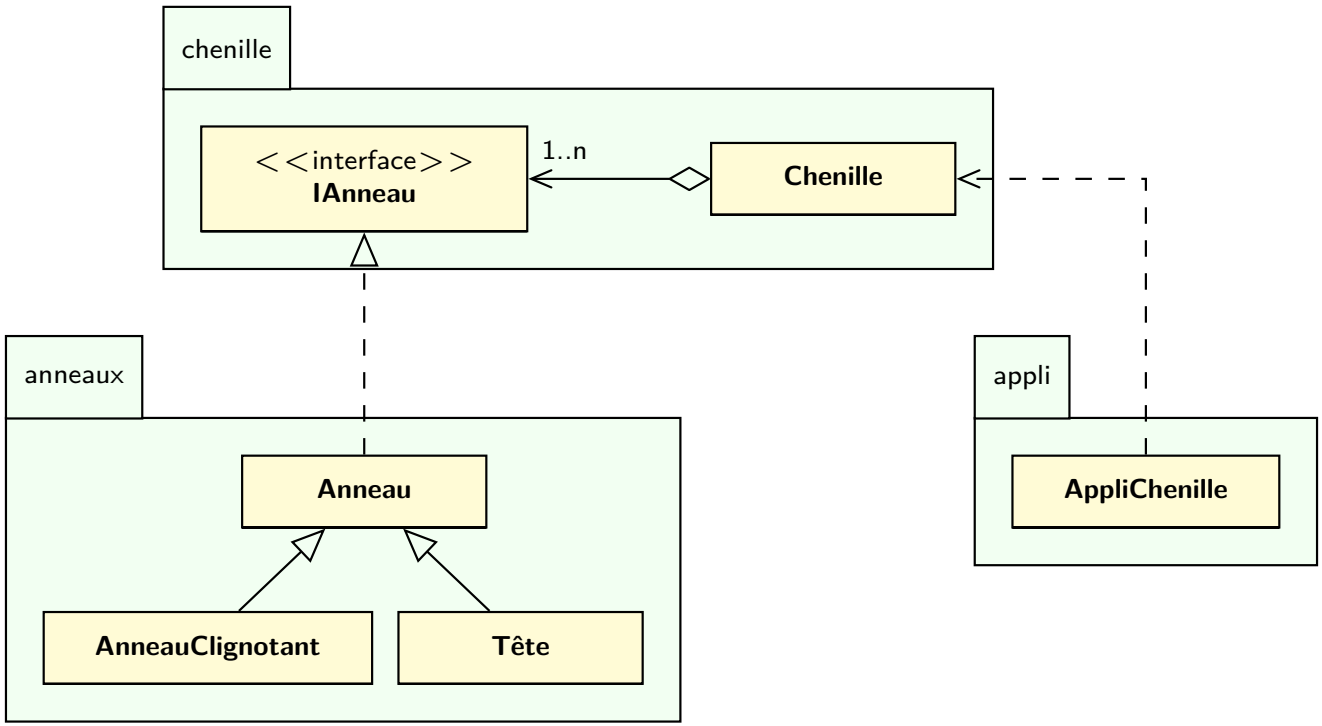
Délégation – Diagramme de classe



Création et copie d'objets

Création d'objets et polymorphisme

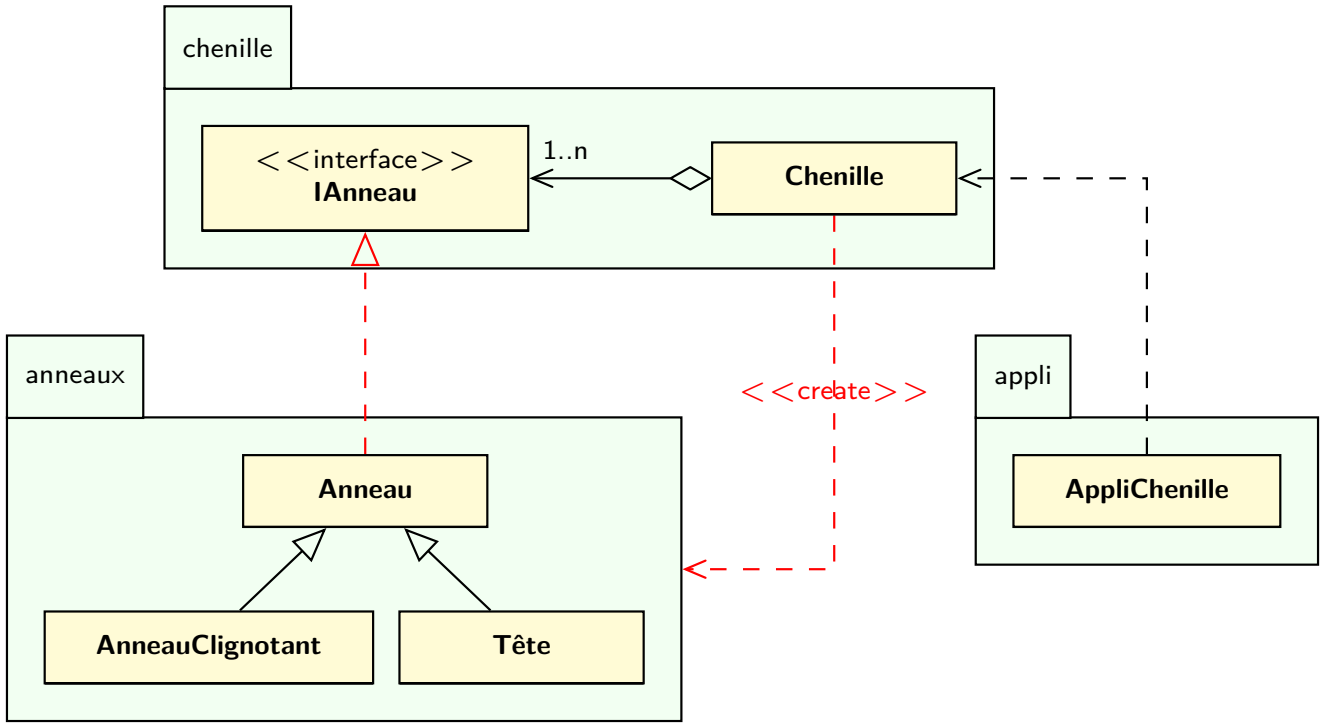
Exemple – La chenille



- Une chenille ne dépend que de l'interface `IAnneau`
- Toutefois, lors de sa construction, une chenille doit créer les anneaux qui la composent

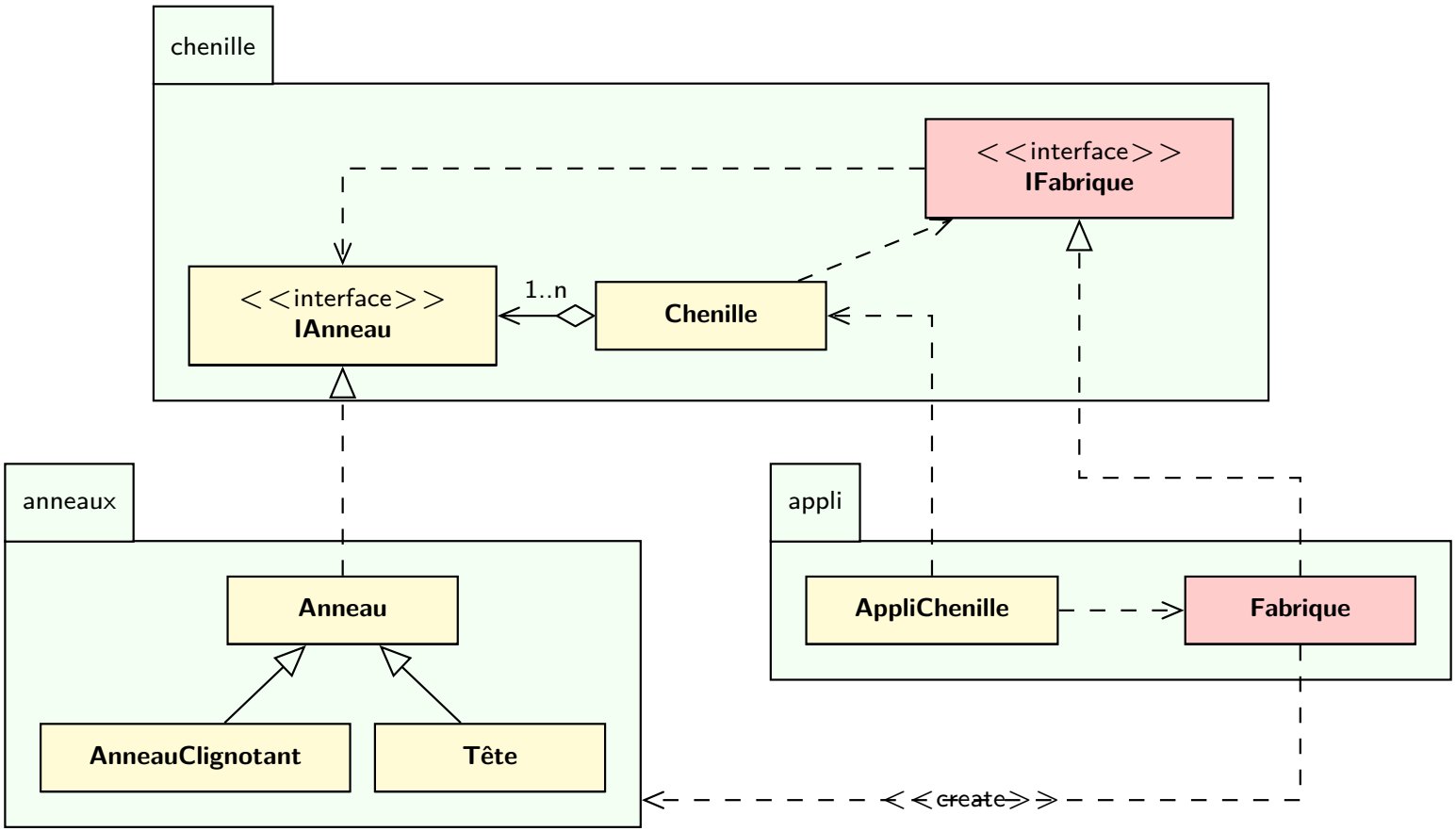
Chenille – Dépendances circulaires

Si la chenille crée elle-même les anneaux



- Cette nouvelle dépendance crée un circuit entre `chenille` et `anneaux`
- Les deux paquetages sont interdépendants : il faut les fusionner ou casser le circuit

Chenille – Introduction d'une fabrique



- Le circuit de dépendances est cassé
- L'application peut choisir le type des anneaux composant la chenille

Chenille – paquetage chenille

```java
// IFabrique.java
public interface IFabrique {
  public IAnneau getAnneau(int num, int x, int y);
}
```

```java
// Chenille.java
public class Chenille {
  private IAnneau[] anneaux;

  public Chenille(int nbAnneaux, int xMax, int yMax,
                                                IFabrique f ) {
    anneaux = new IAnneau[nbAnneaux + 1];
    for (int i = 0; i < anneaux.length; ++i)
      anneaux[i] = f.getAnneau(i, xMax/2 - i, yMax/2);
  }
  ...
}
```

Chenille – paquetage appli

```java
// Fabrique.java
public class Fabrique implements IFabrique {
  public IAnneau getAnneau(int num, int x, int y) {
    if (num == 0) return new Tête(x, y);
    else if (num % 3 != 0) return new Anneau(x, y);
    else return new AnneauClignotant(x, y);
  }
}
```

```java
// AppliChenille.java
public class AppliChenille {
  ...
  public static void main(String[] args) {
    final int NBA = 7, XMAX = 60, YMAX = 15;
    Chenille c = new Chenille(NBA, XMAX , YMAX,
                                        new Fabrique());
    ...
  }
}
```

Chenille – une fabrique simple

- Le type concret d'anneau construit par la fabrique est déterminé uniquement en fonction du numéro de l'anneau

- La chenille crée des anneaux uniquement lors de la construction
- En conséquence, la fabrique est passée au constructeur de chenille

Variantes possibles

- D'autres critères propres à chaque fabrique peuvent être mis en œuvre
- Si des anneaux devaient être construits a posteriori, la chenille pourrait mémoriser la fabrique et l'invoquer lorsqu'elle le souhaite

Autre exemple – une fabrique plus complexe

Réalisation d'un éditeur graphique limité à deux types de forme : des segments et des carrés
La hiérarchie suivante a été définie

```
public interface IFigure {
  void dessiner();
}
```

```
public class Segment implements IFigure {
  private Coord début, fin;

  public Segment(Coord début, Coord fin) {
    this.début = début;
    this.fin = fin;
  }

  public void dessiner() {
    System.out.println("segment␣de␣" + début +
                                  "␣à␣" + fin);
  }
}
```

La classe Carré

```
public class Carré implements IFigure {
  private double hauteur;
  private Coord centre;

  public Carré(double hauteur, Coord centre) {
    this.hauteur = hauteur;
    this.centre = centre;
  }

  public void dessiner() {
    System.out.println("carré␣en␣" + centre +
                       "␣de␣hauteur␣" + hauteur);
  }
}
```

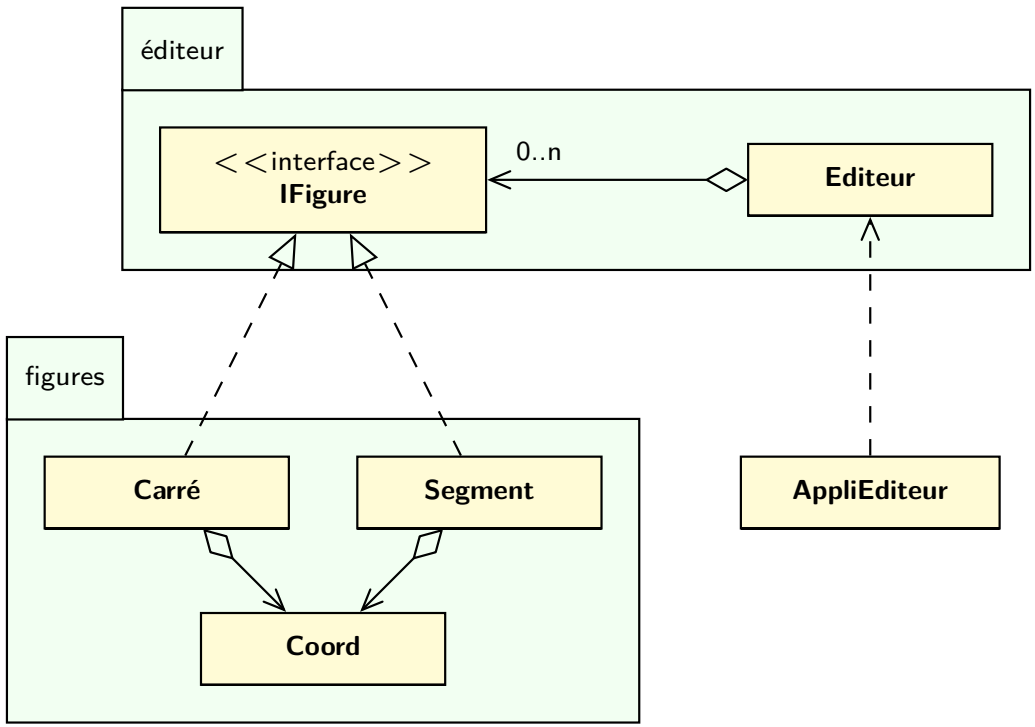
L'application principale

```
public class AppliEditeur {
  public static void main(String[] arg) {
    Editeur editeur = new Editeur();
    Scanner sc = new Scanner(System.in);
    while (true) {
      System.out.println(
           "(1)ajouter, (2)retirer ou (3)quitter");
      switch(sc.nextInt()) {
      case 1 : editeur.ajouter();
               break;
      case 2 : editeur.retirer();
               break;
      case 3 : return;
      }
      editeur.dessinerTout();
    }
  }
}
```

La classe Editeur

```
public class Editeur {
  private ArrayList<IFigure> figures =
                  new ArrayList<IFigure>();

  public void dessinerTout() {
    for (IFigure f : figures)
      f.dessiner();
  }

  public void ajouter() {
    ...
  }

  public void retirer() {
    Scanner sc = new Scanner(System.in);
    figures.remove(sc.nextInt());
  }
}
```

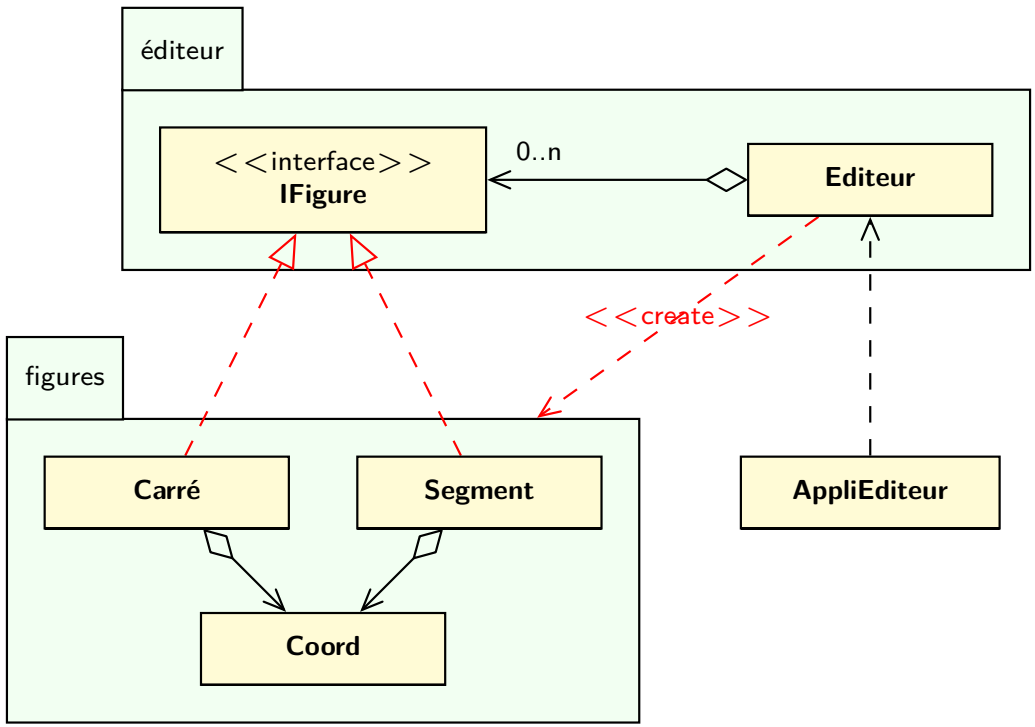
Le diagramme de classe actuel



La méthode Editeur.ajouter()

```
public class Editeur {
  ...
  public void ajouter() {
    IFigure f = null;
    Scanner sc = new Scanner(System.in);
    System.out.println("(1) segment ou (2) carré ");
    switch(sc.nextInt()) {
    case 1 :
      f = new Segment(
            new Coord(sc.nextDouble(), sc.nextDouble()),
            new Coord(sc.nextDouble(), sc.nextDouble()));
      break;
    case 2 :
      f = new Carré(sc.nextDouble(),
            new Coord(sc.nextDouble(), sc.nextDouble()));
      break;
    default :
      System.out.println("type de figure inconnu");
    }
    if (f != null) figures.add(f);
  }
}
```

Le diagramme de classe complet



Problème

- La classe `Editeur` ne doit pas dépendre des classes concrètes de figure (en cas d'ajout de sous-classe elle devrait être modifiée)
- Il faut casser le circuit de dépendances en introduisant une fabrique
- On décide que la fabrique doit savoir construire une figure en fonction d'une chaîne de caractère

```
public interface IFabrique {
  IFigure create(String choix);
}
```

- Comment faire en sorte que l'éditeur puisse connaître les chaînes de caractère acceptées par la fabrique ?
- La fabrique peut fournir cette information

```
public interface IFabrique {
  String[] getTypes();
  IFigure create(String choix);
}
```

Correction de la classe Editeur

- Dans la classe `Editeur`, seule la méthode `ajouter` a besoin de connaître la fabrique
- Un paramètre est ajouté à cette méthode

```
public class Editeur {
  private ArrayList<IFigure> figures =
                                new ArrayList<IFigure>();
  ...
  public void ajouter( IFabrique f ) {
    String[] types = f.getTypes ();
    int n = 0;
    for (String type : types)
      System.out.println((++n) + ": " + type);
    int choix = new Scanner(System.in).nextInt();
    figures.add( f.create (types[choix - 1]));
  }
  ...
}
```

Une fabrique possible respectant ce protocole

```
public class Fabrique implements IFabrique {
  private TreeMap<String, IFigure> prototypes =
                          new TreeMap<String, IFigure>();

  public void add(String s, IFigure f) {
    prototypes.put(s, f);
  }

  public String[] getTypes() {
    return prototypes.keySet().toArray(new String[0]);
  }

  public IFigure create(String choix) {
    return prototypes.get(choix).clone();
  }
}
```

- Cette classe est indépendante des figures concrètes (elle pourrait faire partie du paquetage `éditeur`)
- Elle fait l'hypothèse que les figures savent se dupliquer (se cloner)

Duplication des figures

```
public interface IFigure {
  void dessiner();
  IFigure clone();
}
```

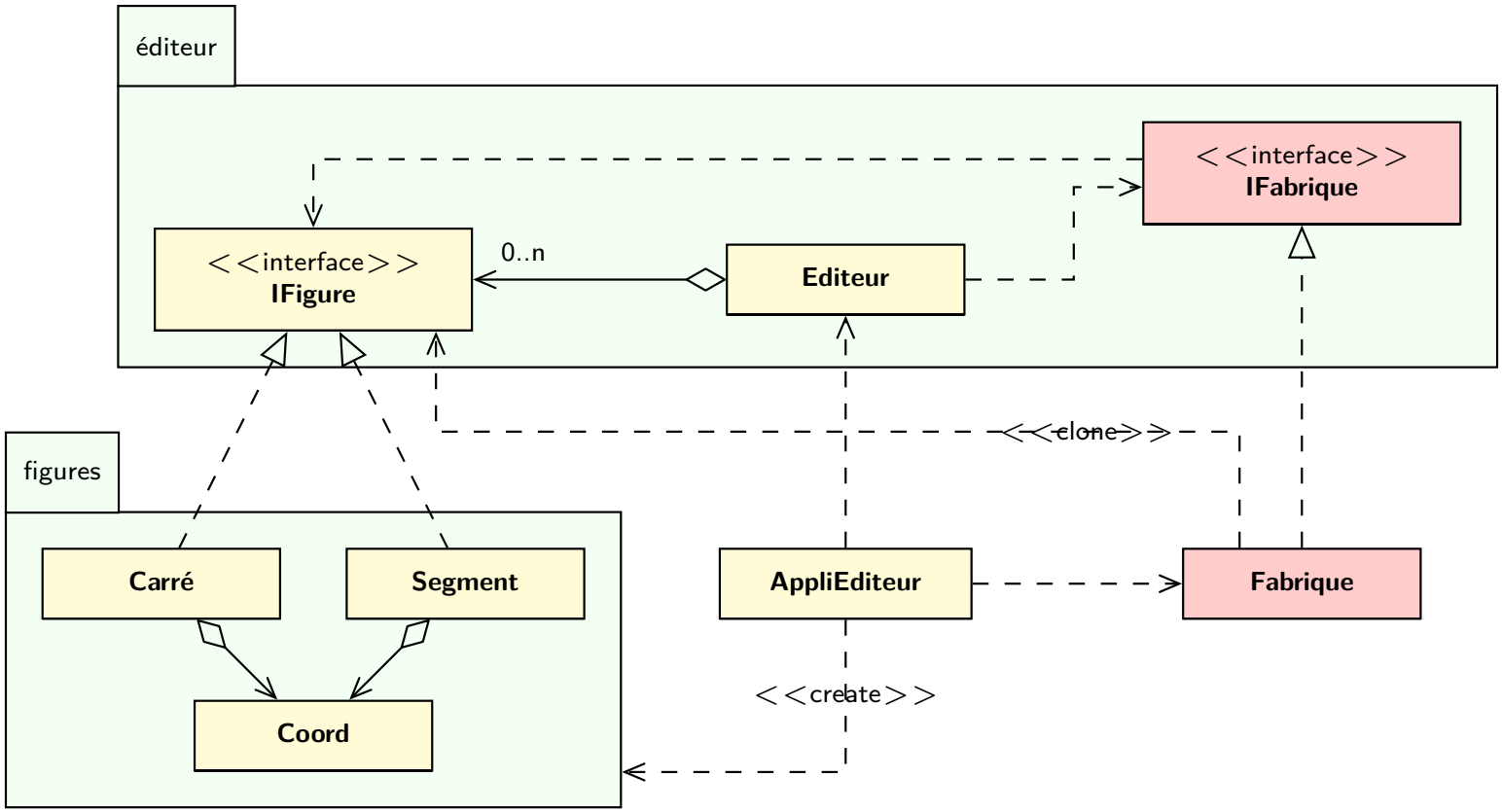
```
public class Segment implements IFigure {
  ...
  public IFigure clone() {
    return new Segment(
           new Coord(début), new Coord(fin));
  }
}
```

```
public class Carré implements IFigure {
  ...
  public IFigure clone() {
    return new Carré(hauteur, new Coord(centre));
  }
}
```

L'application principale basée sur ce type de fabrique

```
public class AppliEditeur {
  public static void main (String[] arg) {
    Fabrique f = new Fabrique();
    f.add("Carré", new Carré(1, new Coord(0, 0)));
    f.add("Segment",
          new Segment(new Coord(0,0), new Coord(1,1)));

    Editeur editeur = new Editeur();
    while (true) {
      System.out.println (
                "(1)ajouter, (2)retirer ou (3)quitter");
      switch (new Scanner(System.in).nextInt()) {
      case 1 : editeur.ajouter( f ); break;
      case 2 : editeur.retirer(); break;
      case 3 : return;
      }
      editeur.dessinerTout();
    }
  }
}
```

Le diagramme de classe corrigé



Bonnes pratiques

- Pour faciliter la maintenance, programmez vers une interface ou une classe complètement abstraite (stable), pas une implémentation (instable)
- Cachez les classes similaires derrière une interface

- Le client utilise l'interface et pas les classes concrètes
- Le client n'utilise que des méthodes abstraites (même pour la création d'instances)

Copie d'objets

Copie d'objets

Si on veut modifier un objet reçu en paramètre sans impacter l'objet de l'appelant, il est nécessaire d'en faire préalablement une copie locale

- L'opérateur d'affectation (=) ne peut être appliqué à des objets car seules les références sont copiées
- Pour permettre la copie d'un objet, une classe peut
  - soit proposer une méthode particulière (ex. : `IFigure.create`)
  - soit proposer un constructeur par copie (ex. : `Coord`)
  - soit mettre en œuvre le protocole `clone`
- Selon l'implémentation, la copie peut être *superficielle* ou *profonde*
- Une copie superficielle peut être obtenue en invoquant la méthode `clone` de la classe `Object` (et en se reposant sur l'interface `Cloneable`)
- Rappel : il n'est jamais nécessaire de copier un objet immuable (`String`, `Integer`, ...)

Constructeur par copie et protocole clone

Exemple : Les collections standard de Java proposent un constructeur par copie et implémentent le protocole clone

```
public class AppliCopieCollection {
  public static void main(String[] args) {
    ArrayList<Integer> liste = new ArrayList<Integer>();
    ArrayList<Integer> copie;

    for (int i = 0; i < 2; ++i) liste.add(i);

    // Obtention d'une copie via le constructeur
    copie = new ArrayList<Integer>(liste);

    // Obtention d'une copie via clone
    // (ici le transtypage "unchecked" est obligatoire)
    @SuppressWarnings("unchecked")
    copie = (ArrayList<Integer>) liste.clone();
  }
}
```

Toutefois, dans les deux cas, la copie reste superficielle

Copie superficielle = copies distinctes avec réf. communes

```
public class Int {
  private int i;
  public Int(int i) { this.i = i; }
  public void inc() { ++i; }
  public String toString() { return Integer.toString(i); }
}

public class AppliCopieCollection {
  public static void main(String[] args) {
    ArrayList<Int> liste = new ArrayList<Int>(), copie;
    for (int i = 0; i < 2; ++i) liste.add(new Int(i));
    System.out.print("liste = " + liste);

    copie = new ArrayList<Int>(liste);
    copie.get(0).inc();
    System.out.print(", liste = " + liste);
    System.out.println(", copie = " + copie);
  }
}
```

```
liste = [0, 1], liste = [1, 1], copie = [1, 1]
```

Copie profonde

Introduction d'un constructeur par copie

```
public class Int {
  ...
  public Int(Int e) {
    this(e.i);
  }
}
```

Introduction d'une méthode de copie profonde

```
public class AppliCopieCollection {
  public static ArrayList<Int> copieProfonde(
                                ArrayList<Int> ints) {
    ArrayList<Int> copie = new ArrayList<Int>();
    for (Int e : ints)
      copie.add(new Int(e));
    return copie;
  }
  ...
}
```

Copie profonde – utilisation

```
public class AppliCopieCollection {
  ...
  public static void main(String[] args) {
    ArrayList<Int> liste = new ArrayList<Int>(), copie;
    for (int i = 0; i < 2; ++i) liste.add(new Int(i));
    System.out.println("liste = " + liste);

    // Construction d'une copie via copieProfonde
    copie = copieProfonde(liste);
    copie.get(0).inc();
    System.out.println("liste = " + liste);
    System.out.println("copie = " + copie);
  }
}
```

```
liste = [0, 1], liste = [0, 1], copie = [1, 1]
```

Copie superficielle ou copie profonde

- Programmer une copie profonde est généralement un exercice difficile
- Par exemple, la méthode `copieProfonde` vue précédemment devrait être corrigée pour supporter le cas suivant

```
public class AppliCopieCollection {
  ...
  public static void main(String[] args) {
    ArrayList<Int> liste = new ArrayList<Int>(), copie;
    Int zéro = new Int(0)
    for (int i = 0; i < 2; ++i) liste.add(zéro);
    System.out.println("liste = " + liste);

    copie = copieProfonde(liste);
    liste.get(0).inc();
    copie.get(0).inc();
    System.out.println("liste = " + liste);
    System.out.println("copie = " + copie);
  }
}
```

```
liste = [0, 0], liste = [1, 1], copie = [1, 0]
```

Le protocole clone

La classe `Object` dispose de la méthode suivante

```
protected Object clone()
                  throws CloneNotSupportedException
```

La méthode est protégée et donc, seules les sous-classes (i.e. toutes les classes) peuvent la spécialiser ou s'en servir (avec `super.clone()`)

Une classe autorisant la copie d'objet doit spécialiser `clone` en la rendant publique :

```
public class Int {
  ...
  public Int(Int e) {
    this(e.i);
  }
  // la méthode peut retourner un Int (au lieu d'un Object)
  public Int clone() {
    return new Int(this);
  }
  ...
}
```

La méthode `clone` de la classe `Object`

Étant protégée la méthode `clone` de la classe `Object` peut être invoquée par ses sous-classes (i.e. toutes les classes).

Lorsqu'elle est invoquée, `Object.clone()`

1. Vérifie que la classe de l'appelant implémente l'interface `Cloneable` et lève l'exception `CloneNotSupportedException` si ce n'est pas le cas
2. Alloue la place mémoire nécessaire pour stocker un nouvel objet du type de l'appelant
3. Copie bit à bit les données de l'objet vers la nouvelle place mémoire (i.e. copie superficielle)
4. Retourne une référence vers ce nouvel objet

Le protocole clone – copie superficielle basée sur Object.clone()

```
public class Int implements Cloneable {
   ...
   public Int(Int e) {
      this(e.i);
   }

   public Int clone() {
      try {
         return (Int)super.clone();
      } catch(CloneNotSupportedException e) {
         // Impossible d'arriver ici
         return null;
      }
   }
   ...
}
```

Copie d'objet – conclusion

Vaut-il mieux proposer un constructeur par copie ou implémenter le protocole `clone` ?

- Si la classe n'a pas vocation à être dérivée, les deux solutions sont équivalentes
- Dans le cas contraire, le protocole `clone` doit être privilégié (même si les avis divergent largement sur ce point)

Vaut-il mieux proposer une copie superficielle ou une copie profonde ?

- La copie superficielle est bien plus facile à développer (surtout en se reposant sur la méthode `Object.clone()`)
- Toutefois, si la copie profonde est nécessaire, l'interface `Serializable` (vue en 2ème année) peut être employée

Généricité et sous-typage

Motivation

```
class Fruit { }
class Orange extends Fruit { }
class Pomme extends Fruit { }
class Golden extends Pomme { }

public class TableauxCovariants {
  public static void main(String[] args) {
    Fruit[] fruits = new Pomme[10]; // OK - covariance

    fruits[0] = new Pomme();  // OK
    fruits[1] = new Golden(); // OK - subsomption

    fruits[0] = new Fruit();  // ArrayStoreException
    fruits[1] = new Orange(); // ArrayStoreException
  }
}
```

Ce programme compile sans erreur mais à l'exécution, le type de `fruits` est `Pomme[]` et non pas `Fruit[]` ou `Orange[]` $\Rightarrow$ les deux dernières affectations lèvent une exception `ArrayStoreException`

Motivation – suite

```
// Boîte où ranger des objets
public class Box {

  private Object object;

  public void add(Object object) {
    this.object = object;
  }

  public Object get() {
    return object;
  }
}
```

Motivation – suite

```
public class BoxDemo {
  public static void main(String[] args) {
    Box integerBox = new Box();
    // Consigne : n'y ranger que des entiers
    integerBox.add((Integer) 10);
    Integer someInteger = (Integer) integerBox.get();
    System.out.println(someInteger);

    integerBox.add(10); // auto-boxing
    int someInt = (Integer) integerBox.get();
    System.out.println(someInt);

    integerBox.add("10"); // erreur logique
    // l'erreur ne sera vue qu'à l'éxécution
    // ClassCastException
    someInt = (Integer) integerBox.get();
    System.out.println(someInt);
  }
}
```

Problème et solution

Problème : Ces erreurs devraient être détectées à la compilation
Solution : Employer des génériques

```
import java.util.ArrayList;

class Fruit { }
class Orange extends Fruit { }
class Pomme extends Fruit { }
class Golden extends Pomme { }

class CollectionCovariantes {
  public static void main(String[] args) {
    ArrayList<Pomme> fruits = new ArrayList<Pomme>();
    fruits.add(new Pomme());
    fruits.add(new Golden()); // OK - subsomption

    fruits.set(0, new Fruit()); // erreur de compilation
    fruits.set(1, new Orange()); // erreur de compilation
  }
}
```

Écrire une classe générique

```
public class GBox <T> {
  private T t; // T pour "Type"

  public void add(T t) {
    this.t = t;
  }

  public T get() {
    return t;
  }
}
```

Utilisation

```
public class GBoxDemo {
  public static void main(String[] args) {
    GBox<Integer> integerBox = new GBox<Integer>();

    integerBox.add(new Integer(10));
    Integer someInteger = integerBox.get(); // no cast!
    System.out.println(someInteger);

    integerBox.add(10);  // auto-boxing
    int someInt = integerBox.get(); // auto-unboxing
    System.out.println(someInt);

    integerBox.add("10"); // erreur de compilation
    ...
  }
}
```

Utilisation – suite

Les paramètres génériques (tels que `T` dans `GBox<T>`) ne peuvent être que des types 'objet'

```
public class GBoxDemo {
  public static void main(String[] args) {
    // Les types primitifs ne peuvent pas être employés
    GBox<int> intBox = new GBox<int>(); // erreur de compil.

    // mais les tableaux peuvent l'être
    GBox<int[]> intsBox = new GBox<int[]>(); // OK
    intsBox.add(new int[5]);
    System.out.println(Arrays.toString(intsBox.get()));
  }
}
```

Interface générique

```java
// Définie dans java.lang
public interface Comparable<T> {
  int compareTo(T o);
}
```

```java
public class Int implements Comparable<Int> {
  private int x;
  public Int(int x) { this.x = x; }
  public String toString() {
    return Integer.toString(x);
  }
  public int compareTo(Int o) {
    return x - o.x;
  }
}
```

Méthode générique

Les paramètres génériques doivent être indiqués avant le type de retour de la méthode

```
class Util {
  public static <T> void fillBoxes(T u,
                                   List<GBox<T>> boxes) {
    for (GBox<T> box : boxes) {
      box.add(u);
    }
  }
}
```

Contrainte d'héritage

Des contraintes peuvent être imposées aux paramètres génériques

```
class Util {
  ...
  public static <T1 extends Number, T2 extends Number>
    float sommeRéelle(T1 n1, T2 n2) {
      return n1.floatValue() + n2.floatValue();
  }
}
```

Les types T1 et T2 ne peuvent être quelconques. Ils doivent étendre la classe Number

Contrainte d'implémentation

Le type T doit implémenter l'interface Comparable<T>

```
class Util {
  ...
  public static <T extends Comparable<T>>
    void triBulle(T[] tab) {
      for (int i = 0; i < tab.length; ++i)
        for (int j = 0; j < tab.length - i - 1; ++j)
          if (tab[j].compareTo(tab[j + 1]) > 0) {
            T tmp = tab[j];
            tab[j] = tab[j + 1];
            tab[j + 1] = tmp;
          }
  }
}
```

Un paramètre générique peut avoir une contrainte d'héritage (obligatoirement la première) et plusieurs contraintes d'implémentation (séparées par des &)

Exemple : `<T extends Number & Comparable<T>>`

Généricité et covariance

```
class Util {
  ...
  public static void aMethod(GBox<Number> box) {
    System.out.println(box.get().floatValue());
    box.add(new Double(5)); // OK
  }
}
```

```
public class GBoxDemo {
  public static void main(String[] args) {
    GBox<Integer> integerBox = new GBox<Integer>();
    integerBox.add(new Integer(10));

    Util.aMethod(integerBox); // erreur de compilation
}
```

Même si `Integer` est une sous-classe de `Number`, `GBox<Integer>` n'est pas une sous-classe de `GBox<Number>`

Généricité et covariance – suite

```
class Util {
  public static void
            anotherMethod(GBox<? extends Number> box) {
    System.out.println(box.get().floatValue()); // OK
    box.add(new Integer(5)); // erreur de compilation
  }
}
```

```
public class GBoxDemo {
  public static void main(String[] args) {
    GBox<Integer> integerBox = new GBox<Integer>();
    integerBox.add(new Integer(10));

    Util.anotherMethod(integerBox); // OK
}
```

- `<? extends Number>` doit être lu "n'importe quel type étendant la classe `Number`"
- Comme le type réel n'est pas connu, il n'est pas possible d'ajouter un élément dans la boîte (`box` est peut être de type `Box<Float>`)

Quelques interfaces de l'API standard

Les interfaces de l'API standard

- La bibliothèque standard de Java 7 est composée de :
  - plus de 3000 classes et
  - près de 2000 interfaces

- Les interfaces les plus fréquemment employées sont
  - `Collection<E>`, `List<E>`, `Deque<E>`, `Queue<E>`, `Set<E>`, `SortedSet<E>`
  - `Map<K,V>`
  - `Comparable<T>`, `Comparator<T>`
  - `Observer`
  - `Iterable<E>`, `Iterator<E>`

Les interfaces Iterable<E> et Iterator<E>

```java
/** Implementing this interface allows an object to be the
 *  target of the "foreach" statement.
 *
 *  Known Subinterfaces:  Collection<E>, List<E>, ... */
public interface Iterable<E> {
  /** Returns an iterator over a set of elements of
   *  type E. */
  Iterator<E> iterator();
}
```

```java
/** An iterator over a collection. */
public interface Iterator<E> {
  /** Returns true if the iteration has more elements. */
  boolean hasNext();
  /** Returns the next element in the iteration. */
  E next();
  /** Removes from the underlying collection the last
   *  element returned by this iterator (optional
   *  operation). */
  void remove();
}
```

Utilisation avec les listes

```
import java.util.Arrays;
import java.util.Iterator;
import java.util.LinkedList;
import java.util.List;

public class Itération {
  public static void main(String[] args) {
    List<Integer> liste = new LinkedList<Integer>(
        Arrays.asList(0, 9, 0, 3, 0, 7, 0));

    System.out.println(liste);
    // [0, 9, 0, 3, 0, 7, 0]
    Iterator<Integer> it = liste.iterator();
    while (it.hasNext()) {
      int val = it.next();
      if (val == 0)
        it.remove();
    }
    System.out.println(liste);
    // [9, 3, 7]
  }
}
```

Exemple d'implémentation

On veut pouvoir parcourir facilement les trois composantes RGB d'une couleur

```
public class RGB {
  private int red, green, blue;

  public RGB(int red, int green, int blue) {
    this.red = red;
    this.green = green;
    this.blue = blue;
  }
}
```

Une classe implémentant `Iterable<E>` peut être employée dans les boucles *foreach*

Il suffit de faire en sorte que `RGB` implémente `Iterable<Integer>`

Une classe interne statique pour itérer sur un RGB

```
import java.util.Iterator;
public class RGB {
  ...
  private static class Itérateur implements Iterator<Integer> {
    private RGB rgb;
    private int color = 0;

    public Itérateur(RGB r) { rgb = r; }

    @Override
    public boolean hasNext() { return color < 3; }

    @Override
    public Integer next() {
      assert (hasNext());
      ++color;
      return color==1 ? rgb.red : (color==2 ? rgb.green : rgb.blue);
    }

    @Override // non nécessaire avec Java 8
    public void remove() {
      throw new UnsupportedOperationException();
    }
  }
}
```

Implémentation de Iterable<Integer> et utilisation

```
public class RGB implements Iterable<Integer> {
  ...
  @Override
  public Iterator<Integer> iterator() {
    return new Itérateur(this);
  }
}
```

```
public class Appli {
  public static void main(String[] args) {
    RGB rgb = new RGB(3, 9, 2);

    for (int c : rgb)
      System.out.print(c + "␣");

    // 3 9 2
  }
}
```

Solution alternative basée sur une classe interne anonyme

```
public class RGB implements Iterable<Integer> {
  private int red, green, blue;

  public RGB(int red, int green, int blue) {
    this.red = red; this.green = green; this.blue = blue;
  }

  @Override
  public Iterator<Integer> iterator() {
    return new Iterator<Integer>() {
      private int color = 0;

      @Override
      public boolean hasNext() { return color < 3; }

      @Override
      public Integer next() {
        assert (hasNext());
        ++color;
        return color == 1 ? red : (color == 2 ? green : blue);
      }

      @Override // non nécessaire avec Java 8
      public void remove() {
        throw new UnsupportedOperationException();
      }
    };
  }
}
```

Second exemple

```
public class Matrice {
  private int[][] tab;

  public Matrice(int nbl, int nbc) {
    tab = new int[nbl][nbc];
    for (int[] ligne : tab)
      Arrays.fill(ligne, 0);
  }

  public int nbLignes() {
    return tab.length;
  }

  public int nbColonnes() {
    return tab[0].length;
  }

  public int get(int nl, int nc) {
    return tab[nl][nc];
  }

  public void set(int nl, int nc, int val) {
    tab[nl][nc] = val;
  }
}
```

Itération

- Les matrices manipulées comportent un grand nombre de valeurs nulles
- On veut pouvoir parcourir facilement les valeurs non-nulles et connaître leur position dans la matrice

- Nous devons parcourir des triplets (valeur, ligne, colonne)

Triplet (valeur, ligne, colonne)

```
public class Valeur {
  private int valeur, ligne, colonne;

  public Valeur(int val, int nl, int nc) {
    valeur = val;
    ligne = nl; colonne = nc;
  }

  public int valeur() { return valeur; }

  public int ligne() { return ligne; }

  public int colonne() { return colonne; }

  @Override
  public String toString() {
    return "(" + ligne + ", " + colonne + ") -> " + valeur;
  }
}
```

Implémentation de Iterator<Valeur> pour une matrice

```
class ItérateurMatrice implements Iterator<Valeur> {
  protected Matrice m;
  protected int nl, nc;
  // Si le parcours est fini alors nc >= m.nbColonnes(),
  // sinon nl et nc désigne la prochaine valeur de m à retourner
  public Itérateur(Matrice m) {
    this.m = m;
    nl = 0; nc = -1;
    avance();
  }

  protected void avance() {
    do {
      ++nc;
      if (nc >= m.nbColonnes() && nl < m.nbLignes() - 1) {
        nc = 0;
        ++nl;
      }
    } while(nc < m.nbColonnes() && m.get(nl, nc) == 0);
  }

  @Override
  public boolean hasNext() {
    return nc < m.nbColonnes();
  }
  ...
}
```

Implémentation de Iterator<Valeur> pour une matrice

```
class ItérateurMatrice implements Iterator<Valeur> {
  ...
  @Override
  public Valeur next() {
    assert(hasNext());
    Valeur val = new Valeur(m.get(nl, nc), nl, nc);
    avance();
    return val;
  }

  @Override
  public void remove() {
    throw new UnsupportedOperationException();
  }
}
```

```
public class Matrice implements Iterable<Valeur> {
  ...
  @Override
  public Iterator<Valeur> iterator() {
    return new ItérateurMatrice(this);
  }
}
```

Itérateur avec suppression

- L'opération remove doit supprimer la dernière valeur retournée par next
- Dans notre cas, la suppression peut être assimilée à mettre à zéro la case correspondante de la matrice

```
public class Matrice implements Iterable<Valeur> {
  ...
  public Iterator<Valeur> iteratorWithRemove() {
    return new Itérateur (this) { // sous-classe anonyme !!
      private int pnl, pnc; // dernière position retournée

      @Override
      protected void avance() {
        pnl = nl; pnc = nc; // (nl et nc 'protected' dans Itérateur)
        super.avance();
      }

      @Override
      public void remove() {
        assert (pnc >= 0);
        m.set(pnl, pnc, 0); // (m 'protected' dans Itérateur)
      }
    };
  }
}
```

Utilisation

```
public class Appli {
  public static void main(String[] args) {
    Matrice m = new Matrice(2, 3);
    m.set(0, 1, 3); m.set(1, 0, 1); m.set(1, 2, 2);

    for (Valeur v : m)
      System.out.print(v + "␣/␣");
    System.out.println();

    // (0, 1) -> 3 / (1, 0) -> 1 / (1, 2) -> 2 /

    Iterator<Valeur> it = m.iteratorWithRemove();
    while (it.hasNext()) {
      Valeur v = it.next();
      if (v.valeur() == 1)
        it.remove();
    }

    for (Valeur v : m)
      System.out.print(v + "␣/␣");
    System.out.println();

    // (0, 1) -> 3 / (1, 2) -> 2 /
  }
}
```

Les exceptions et l'héritage

Erreurs de programmation – unchecked exceptions

- Les erreurs de programmation détectées à l'exécution sont signalées au programme par des levées d'exception
- À chaque type d'erreur correspond une classe d'exception
  - `ArithmeticException` (division par zéro)
  - `ClassCastException` (conversion vers un type auquel n'appartient pas l'objet)
  - `IndexOutOfBoundsException` (indice hors des bornes du tableau)
  - `NegativeArraySizeException` (taille négative de tableau)
  - `NoSuchElementException` (lecture erronée d'un `Scanner`)
  - `NullPointerException` (accès à une référence nulle)
  - `IllegalArgumentException` (paramètre ayant une valeur illégale)
  - `IllegalStateException` (objet dans un état illégal)
  - `UnsupportedOperationException` (opération non supportée par l'objet)
- Toutes ces classes sont des sous-classes de `RuntimeException`
- Ces exceptions ne sont généralement pas attrapées et traitées par le programme
- Elles ont vocation à signaler au programmeur que le programme contient une erreur (qui doit être corrigée !!!)

Erreurs graves – unchecked exceptions

- Les erreurs graves détectées à l'exécution sont signalées au programme par des levées d'exception
- À chaque type d'erreur correspond une classe d'exception
  - `OutOfMemoryError` (demande d'allocation mémoire non satisfaite)
  - `StackOverflowError` (pile d'exécution pleine)
  - `IOError` (erreur grave d'entrée/sortie)
  - `InternalError` (erreur interne grave de la JVM)
- Toutes ces classes sont des sous-classes de `Error`
- Ces exceptions ne sont généralement pas attrapées et traitées par le programme
- Elles ont vocation à signaler à l'utilisateur que le programme ne peut être exécuté dans ces conditions

Erreurs contextuelles – checked exceptions

- Des situations particulières détectées à l'exécution peuvent être signalées au programme par des levées d'exception
- À chaque situation correspond une classe d'exception
  - `CloneNotSupportedException` (protocole `clone`)
  - `InterruptedException` (interruption d'un thread)
  - `EOFException` (fin de fichier)
  - `FileNotFoundException` (fichier inconnu)
  - `InterruptedIOException` (entrée/sortie interrompue)
  - `SocketException` (problème de connexion réseau)
  - ...
- Toutes ces classes sont des sous-classes de `Exception`
- Ces exceptions doivent être explicitement prises en compte par le programme
- Elles peuvent être traitées là où elles sont détectées ou signalées à l'appelant

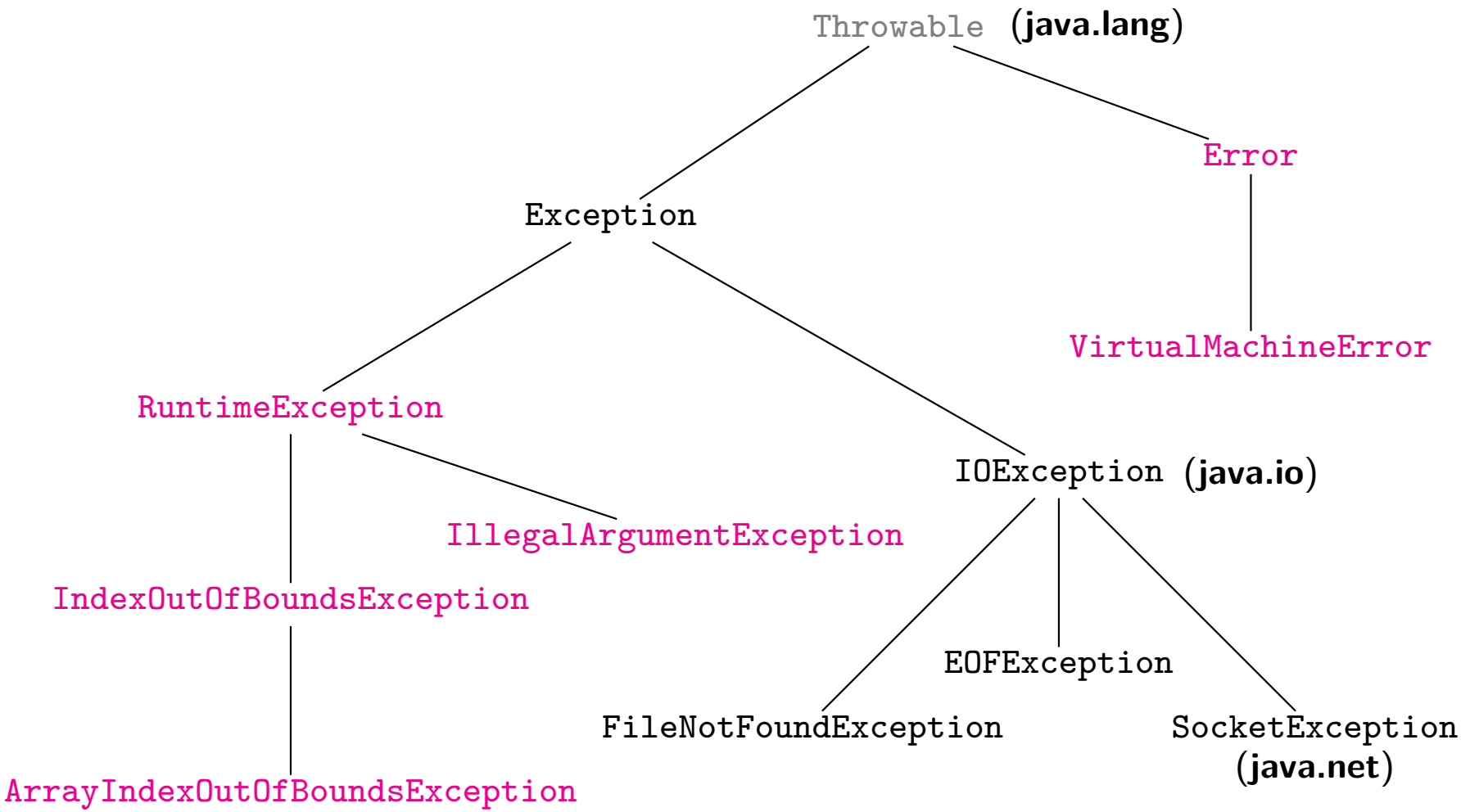
Exemple : traitement sur place

```
public class Appli {
  private final static Scanner sc = new Scanner(System.in);

  public static void main(String[] args) {
    FileInputStream in = null;
    // ouverture contrôlée d'un fichier
    while (in == null) {
      System.out.print("entrez le nom du fichier : ");
      String nom = sc.next();
      try {
        in = new FileInputStream(nom);
      }
      catch (FileNotFoundException e) {
        System.out.println("Ce fichier n'existe pas");
      }
    }
    // lecture du fichier et affichage du contenu
    Scanner scin = new Scanner(in);
    while (scin.hasNextLine())
      System.out.println(scin.nextLine());
    scin.close(); // ferme le fichier associé (in)
  }
}
```

Exemple : signalement à l'appelant

```
public class Appli {
  private final static Scanner sc = new Scanner(System.in);
  // la méthode signale l'erreur en laissant passer l'exception
  // levée par le constructeur de FileInputStream
  public static void affiche(String n)
                                        throws FileNotFoundException {
    Scanner scin = new Scanner(new FileInputStream(n));
    while (scin.hasNextLine())
      System.out.println(scin.nextLine());
    scin.close();
  }

  public static void main(String[] args) {
    boolean ok = false;
    while (!ok) {
      System.out.print("entrez le nom du fichier : ");
      String nom = sc.next();
      try {
        affiche(nom); // elle est traitée ici
        ok = true;
      }
      catch (FileNotFoundException e) {
        System.out.println("ce fichier n'existe pas");
      }
    }
  }
}
```

Extrait de la hiérarchie standard des classes d'exception



Utilisation du mécanisme d'exception

- Il est obligatoire de prendre en compte les *checked exceptions*
- Dans la bibliothèque standard cela concerne en particulier :
  - Méthode `clone` de la classe `Object`
  - Entrées/sorties (fichier, réseau, sérialisation, ...)
  - Interruptions (pour les threads)
- Il est possible de prendre en compte des *unchecked exceptions*
  - Erreurs de format dans les lecture de donnée, de conversion, etc.
- Il est possible de lever explicitement des *unchecked exceptions*
  - Préconditions (`IllegalArgumentException`, `IllegalStateException`)
- Il est possible de définir ses propres classes d'exception (*checked* ou pas)
- C'est une structure de contrôle puissante

Illustration

```
public class Abandon {
  // une suite de traitements (composés de sous-traitements)
  public static void main(String[] args) {
    traitement1();
    traitement2();
  }

  private static void traitement1() {
    ...
  }
  private static void traitement2() {
    sousTraitement1();
    sousTraitement2();
  }

  private static void sousTraitement1() {
    ...
  }
  private static void sousTraitement2() {
    ...
  }
}
```

Faire des sauts dans la pile d'exécution

```
public class Abandon {
  // un traitement peut décider d'abandonner sa tâche
  private static void traitement1() {
    if (condition())
      abandonner("traitement1");
  }
  private static void sousTraitement1() {
    if (condition())
      abandonner("sous-traitement1");
  }
  ...
  // signalement d'abandon par levée d'exception
  private static void abandonner(String message) {
    throw new RuntimeException(message);
  }
  // simulation aléatoire
  private static final int TAUX_REUSSITE = 30;
  private static final Random rd = new Random();
  private static boolean condition() {
    return rd.nextInt(100) >= TAUX_REUSSITE;
  }
  ...
}
```

Faire des sauts dans la pile d'exécution

```
public class Abandon {
  ...
  // un sous-traitement peut même être récursif
  private static void sousTraitement2(int n) {
    if (n > 0)
      sousTraitement2(n - 1);
    if (condition())
      abandonner("sous-traitement2-" + n);
  }

  private static void traitement2() {
    sousTraitement1();
    sousTraitement2(10);
  }
  ...
}
```

Faire des sauts dans la pile d'exécution

```
public class Abandon {
  ...
  // le programme est adapté pour relancer la chaîne
  // de traitement en cas d'abandon (d'où qu'il survienne)
  public static void main(String[] args) {
    boolean ok = false;
    while (!ok) {
      try {
        traitement1();
        traitement2();
        // seul le succès mène ici
        ok = true;
      }
      catch (RuntimeException e) {
        // tous les abandons mènent ici
        System.out.println("on␣recommence␣tout␣à␣cause␣du␣"
                                          + e.getMessage());
      }
    }
  }
}
```

Définir ses propres classes d'exception

Intérêts

- Transporter de l'information lors de la remontée de l'exception
- Classifier les différentes exceptions au sein d'une hiérarchie pour faciliter leur traitement

Implémentation

- Définir une sous-classe de `RuntimeException` (*unchecked exception*)
- Définir une sous-classe de `Exception` (*checked exception*)

Exemple

```
public class CoupIllégal extends Exception {
  // pour la sérialisation
  private static final long serialVersionUID = 1L;

  public CoupIllégal() {
    super("coup␣illégal"); // message associé
  }
}
```

Remonter de l'information

Une classe d'exception peut véhiculer de l'information

```
public class CoupIllégal extends Exception {
  private static final long serialVersionUID = 1L;

  private int x, y; // Coordonnée du coup

  public CoupIllégal(int x, int y) {
    super("coup␣illégal␣en␣(" + x + ",␣" + y + ")");
    this.x = x;
    this.y = y;
  }

  public int getX() {
    return x;
  }

  public int getY() {
    return y;
  }
}
```

Remonter de l'information

```
public class Dame {
  private static final int TAILLE = 10;
  public enum Couleur {BLANC, NOIR};

  private Couleur courant = Couleur.BLANC;
  ...
  public Couleur joueurCourant() {
    return courant;
  }

  public void jouer() throws CoupIllégal {
    int x, y;
    ...
    poser(x, y, courant);
    ...
  }

  private void poser(int x, int y, Couleur c)
                                        throws CoupIllégal {
    if (0 < x || x >= TAILLE || 0 < x || x >= TAILLE)
      throw new CoupIllégal(x, y); // transmission
    ...
  }
}
```

Remonter de l'information

Celui qui traite l'erreur a accès à l'information

```
public class Appli {
  public static void main(String[] args) {
    Dame dame = new Dame();

    while (!dame.finie()) {
      try {
        dame.jouer();
      }
      catch (CoupIllégal e) { // réception
        System.out.println(dame.joueurCourant() +
            " ne peut pas jouer en (" +
            e.getX() + ", " +e.getY() + ")");
      }
    }
  }
}
```

Classifier des exceptions

Une hiérarchie de classes d'exception

```
public class CoordonnéeIllégale extends CoupIllégal {
  private static final long serialVersionUID = 1L;

  public CoordonnéeIllégale(int x, int y) {
    super(x, y);
  }
}
```

```
public class CaseOccupée extends CoupIllégal {
  private static final long serialVersionUID = 1L;

  public CaseOccupée(int x, int y) {
    super(x, y);
  }
}
```

Classifier des exceptions

Les cas d'erreur sont distingués

```
public class Dame {
  ...
  private void poser(int x, int y, Couleur c)
                                        throws CoupIllégal {
    if (0 < x || x >= TAILLE || 0 < x || x >= TAILLE)
      throw new CoordonnéeIllégale(x, y);

    if (!estLibre(x, y))
      throw new CaseOccupée(x, y);
    ...
  }
}
```

Classifier des exceptions

Chaque type d'erreur peut être traité spécifiquement

```
public class Appli {
  public static void main(String[] args) {
    Dame dame = new Dame();

    while (!dame.finie()) {
      try {
        dame.jouer();
      }
      catch (CoordonnéeIllégale e) {
        System.out.println("à côté !!!");
      }
      catch (CaseOccupée e) {
        System.out.println("la case en (" +
            e.getX() + ", " +e.getY() +
            ") est déjà occupée");
      }
      catch (CoupIllégal e) {
        // traitement de tous les autres coups illégaux
      }
    }
  }
}
```

Attrape-tout !!!

Une façon facile d'attraper toutes les exceptions

```
public class Appli {
  public static void main(String[] args) {
    try {
      // collez ici votre programme
    }
    catch (Exception e) {
      // Non, mon programme ne bug pas, il meurt en silence
    }
  }
}
```

Précondition d'une méthode - Les règles préconisées par Sun

Les premières lignes d'une méthode sont généralement dédiées à la vérification de la validité de l'appel (valeur des paramètres, états de l'objet, etc.)
Le but est de détecter au plus tôt les erreurs et c'est particulièrement important pour les constructeurs

- Méthodes publiques
  - Un non respect du contrat doit être signalé à l'utilisateur par la levée d'une exception sous-classant `RuntimeException` (telle que `IllegalArgumentException`, `NullPointerException`, ou `IllegalStateException`)
  - Ainsi, l'utilisateur sera toujours prévenu d'une erreur (bloc `try`/`catch` ou interruption du programme)

- Méthodes privées
  - Le respect du contrat peut être testé par assertion
  - C'est au programmeur de s'assurer que tous les appels respecteront le contrat

Éléments de syntaxe

```
try {
   ...
}
catch (NullPointerException | ArithmeticException e) {
   // même traitement pour des exceptions différentes
}
```

```
try {
   ...
   return;
}
catch (NullPointerException e) {
   ...
}
catch (ArithmeticException e) {
   ...
   return;
}
finally {
   // bloc d'instructions tjs exécuté après le try/catch
}
```

Finally...