Les nouvelles entrées-sorties en Java

- Depuis SDK 1.4, java.nio.* NIO (*New Input Output*)
  - Gestion plus fine de la mémoire
  - Gestion plus performante des entrées-sorties
  - Gestion simplifiée des différents jeux de caractères
  - Interaction plus fine avec le système de fichiers
  - Utilisation d'entrées-sorties non bloquantes *(plus tard)*
- Nouveaux concepts dans les entrées-sorties en Java
  - ***Buffers*** (tampons mémoire) java.nio.*
  - ***Charsets*** (jeux de caractères) java.nio.charset.*
  - ***Channels*** (canaux) java.nio.channels.*

Les tampons mémoire *(buffers)*

- Utilisés par les primitives d'entrées-sorties de java.nio
  - Remplace les tableaux utilisés en java.io
  - Zone de mémoire contiguë, permettant de stocker
    - une quantité de données fixée,
    - d'un type primitif donné
  - A priori pas prévus pour accès concurrent
    - il faudra les protéger en cas de besoin
- Représentés par des classes abstraites
  - Permet de dédier l'implémentation native à la plate-forme d'accueil

Classes abstraites des tampons

- Classe abstraite Buffer
  - factorise les opérations indépendantes du type primitif concerné
- Classe abstraite ByteBuffer
  - fournit un ensemble de méthodes et d'opérations plus riche que pour les autres types de buffer
- Classes abstraites dédiées à des types primitifs
  - CharBuffer, ShortBuffer, IntBuffer, LongBuffer, FloatBuffer et DoubleBuffer

Allocation et accès aux tampons

- Allocation de buffer d'un type primitif donné (*prim*):
  - méthodes statiques dans les classes *Prim*Buffer
    - *Prim*Buffer allocate(int capacity)
- Deux manières d'accéder aux éléments d'un buffer
  - Accès **aléatoire** (*absolute*)
    - Relativement à un indice (comme dans un tableau)
  - Accès **séquentiel** (*relative*)
    - Relativement à la position courante (comme un flot)
      - La position courante représente l'indice du prochain élément à lire ou à écrire

Accès aléatoire *vs* séquentiel

- Si *Prim*Buffer est un buffer d'éléments de type *prim* :
- Accès **aléatoire** (*absolute*)
  - *prim* **get**(int index) donne l'élément à la position index
  - *prim*Buffer **put**(int index, *prim* value) ajoute value à l'indice index, et renvoie le buffer modifié
    - comme StringBuilder.append()
  - Peuvent lever IndexOutOfBoundsException
- Accès **séquentiel** (*relative*)
  - *Prim* **get**() resp. *prim*Buffer **put**(*prim* value)
    - Donne la valeur (resp. place value) à la position courante
  - Peuvent lever des exceptions BufferUnderflowException ou BufferOverflowException

Les attributs et méthodes d'un tampon

- **Capacité**: nombre d'éléments qui peuvent être contenus
  - fixée à la création du tampon
  - consultable par int capacity()
- **Limite**: indice du premier élément ne devant pas être atteint
  - par défaut, égale à la capacité.
  - Fixée par Buffer limit(int newLimit)
  - Connue par int limit()
- **Position courante**: indice du prochain élément accessible
  - Consultable: int position()
  - Modifiable: Buffer position(int newPosition)

Les attributs et méthodes d'un tampon

- **Marque** (éventuelle): position dans le tampon
  - Buffer mark() place la marque à la position courante
  - Buffer reset() place la position à la marque
    - ou lève InvalidMarkException
  - La marque est toujours inférieure à la position.
    - Si la position ou la limite deviennent plus petite que la marque, la marque est effacée
- Invariant:
  0 <= marque <= position <= limite <= capacité
- Buffer rewind()
  - met la **position** à 0 et supprime la **marque**

Les attributs et méthodes d'un tampon

- Quand la position courante vaut la limite
  - Un appel à get() provoque BufferUnderflowException
  - Un appel à put() provoque BufferOverflowException
- Pour éviter ça:
  - int remaining() donne le nombre d'éléments entre la position courante et la limite
  - boolean hasRemaining() vaut vrai si la position est strictement inférieure à limite

Les attributs et méthodes "en gros"

- Les méthodes existent en version "en gros" ***(bulk)***
  - Manipulent un tableau au lieu d'une variable
- *prim*Buffer **get**(*prim*[] dest, int offset, int length) et *prim*Buffer **get**(*prim*[] dest)
  - Tentent de lire **le nombre d'éléments spécifié, ou rien** si pas assez de choses à lire (BufferUnderflowException)
- *prim*Buffer **put**(*prim*[] src, int offset, int length) et *prim*Buffer **put**(*prim*[] src)
  - Tentent d'écrire **le nombre d'éléments spécifié, ou rien** si pas assez de place (BufferOverflowException)
- *prim*Buffer **put**(*prim*Buffer src)
  - Tente d'écrire le contenu de src (BufferOverflowException)

Exemple de tampon aléatoire

```
final static int SIZE=32;
public static void main(String[] args) {
  // Accès aléatoire (mode tableau)
  IntBuffer iba = IntBuffer.allocate(SIZE);
  for (int i=0; i<SIZE; i++) {
    iba.put(i,2*i); // Met la valeur 2*i à l'indice i
  }

  for (int i=0; i<SIZE; i++) {
    System.out.println(iba.get(i));
  } // affiche: 0 2 4 ... 62

  System.out.println(iba.get(2));      // affiche 4
  System.out.println(iba.get(31));     // affiche 62
  System.out.println(iba.get(32));
                    // lève IndexOutOfBoundsException
}
```


Exemple de tampon séquentiel

```
// Accès séquentiel (mode flot)
IntBuffer ibs = IntBuffer.allocate(SIZE);
// capacity=32 limit=32 position=0 remaining=32
for (int i=0; i<SIZE; i++) {
  ibs.put(2*i);
}
// capacity=32 limit=32 position=32 remaining=0

ibs.rewind(); // remet la position courante à 0
for (int i=0; i<SIZE; i++) {
  System.out.println(ibs.get());
} // affiche: 0 2 4 ... 62

ibs.rewind().limit(2);
for (int i=0; i<SIZE; i++) {
  System.out.println(ibs.get());
} // affiche: 0, 2, puis lève BufferUnderflowException
```


Exemple d'accès "en gros" (*bulk*)

```
char[] t1 = {'a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f'};
// Création tampon de caractères de 6 éléments
CharBuffer cb1 = CharBuffer.allocate(t1.length);
cb1.put(t1);   // recopie en gros de t1 dans le tampon
cb1.position(2); // position de cb1 en 2 (sur 'c')

CharBuffer cb2 = CharBuffer.allocate(cb1.capacity());
cb2.put(cb1);  // recopie {c, d, e, f} de cb1 vers cb2
cb2.limit(cb2.position()); // limite de cb2 après 'f'
cb2.position(0);           // et position en 0

// Alloue un tableau du nbre d'élts à lire dans cb2
char[] t2 = new char[cb2.remaining()];
cb2.get(t2);      // lecture du tampon vers le tableau
for (int i=0; i<t2.length; i++) {
  System.out.println(t2[i]); // Affiche c d e f
}
```

Création d'un tampon à partir d'un tampon

- duplicate() retourne un **tampon partagé**
  - toute modification de données de l'un est vue dans l'autre
  - les attributs (position, limite, marque) du nouveau sont initialisés à partir de l'ancien, mais chaque tampon possède ses propres attributs
- slice() retourne un **tampon partagé** ne permettant de "**voir**" que ce qui reste à lire dans le tampon de départ
  - sa capacité est égale au "remaining()" du tampon de départ
  - La position du nouveau est 0 et la marque n'est plus définie

Création d'un tampon à partir d'un tampon

- asReadOnlyBuffer() retourne un **nouveau tampon** en **lecture seule**
  - Les méthodes comme put() lèvent ReadOnlyException
  - Peut être testé avec isReadOnly()
- Possibilité de créer des "**vues**" **d'un tampon d'octet** (ByteBuffer) **comme** s'il s'agissait d'**un tampon d'un autre type**
  - asCharBuffer(), asShortBuffer(), asIntBuffer(), asLongBuffer(), asFloatBuffer(), asDoubleBuffer()

Exemples de duplication et partage

```
ByteBuffer bb1 = ByteBuffer.allocate(10);
ByteBuffer bb2 = bb1.duplicate(); // 2 accès possibles
for (int i=0; i<bb1.capacity(); i++){
  bb1.put((byte)i);       // remplissage par bb1
}
System.out.println(bb1.position());   // affiche 10
System.out.println(bb2.position());   // affiche 0
bb2.put((byte)3);    // déplace la position de b2 en 1
System.out.println(bb1.get(0));       // affiche 3
System.out.println(bb1.position());   // affiche 10

ByteBuffer bb3 = bb2.asReadOnlyBuffer();
System.out.println(bb3.position());   // affiche 1
bb3.rewind();          // place la position de b3 en 0
System.out.println(bb3.get());        // affiche 3
bb3.put((byte)4);
        // throws java.nio.ReadOnlyBufferException
```


Exemples de duplication et partage

```
char[] t1 = {'a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f'};
CharBuffer cb1 = CharBuffer.allocate(t1.length);
cb1.put(t1);          // met le contenu de t1 dans cb1
cb1.position(2);      // place cb1 prêt à lire 'c'
cb1.limit(5);         // place limite de cb1 après 'e'
System.out.println(cb1.remaining());     // affiche 3

// Crée un tampon partagé pour ce qui reste dans cb1
CharBuffer cb2 = cb1.slice();
System.out.println(cb2.capacity());      // affiche 3
cb2.put('x');  // met 'x' en 0 dans cb2 (remplace 'c')
for (cb1.rewind(); cb1.hasRemaining(); )
  System.out.println(cb1.get());  // affiche a b x d e

cb1.put(4,'y');// met 'y' en 4 dans cb1 (remplace 'e')
for (cb2.rewind(); cb2.hasRemaining(); )
  System.out.println(cb2.get());      // affiche x d y
```

Tampons directs et non directs

- Par défaut, allocate() renvoit un tampon **non-direct**
  - Allocation classique dans le tas "garbage collecté"
- ByteBuffer.allocateDirect() renvoit un tampon **direct**
  - La mémoire associée peut être réservée en dehors du tas classique (mémoire interne de la JVM) afin d'optimiser les opérations de lecture et d'écriture natives (éviter de recopier les buffers)
  - Coûteux en allocation et déallocation
  - À réserver pour les tampons d'entrées-sorties de taille et de durée de vie importantes
- Une "vue" d'un tampon d'octets direct est directe
  - Peut être testé par isDirect()

Tampon comme enveloppe de tableau

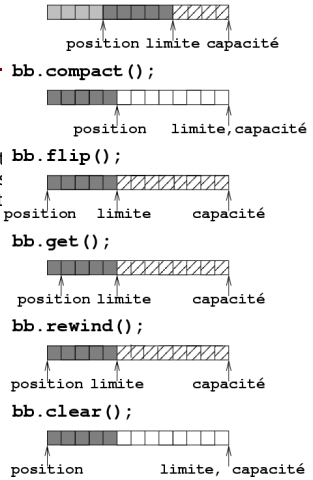
- Méthode statique wrap() dans chaque classe de tampon (pour chaque type primitif) pour envelopper un tableau
  - *prim*Buffer **wrap**(*prim*[] tab, int offset, int length) ou *prim*Buffer **wrap**(*prim*[] tab)
  - Enveloppe la totalité du tableau: capacité vaut tab.length
  - Position du tampon produit est mise à offset (sinon 0)
  - Limite est mise à offset+length (sinon tab.length)
  - Si un tampon est une enveloppe de tableau
    - hasArray() retourne true
    - array() retourne le tableau
    - arrayOffset() retourne le décalage du tampon par rapport au tableau

Exemple de tampon enveloppe de tableau

```
int[] it = new int[10]; it[2] = 22; it[4] = 44;
IntBuffer ib = IntBuffer.wrap(it);
System.out.println(ib.capacity());      // affiche 10
System.out.println(ib.get(2));          // affiche 22
ib = IntBuffer.wrap(it,4,5);
System.out.println(ib.position());      // affiche 4
System.out.println(ib.limit());         // affiche 9
System.out.println(ib.capacity());      // affiche 10
System.out.println(ib.arrayOffset());   // affiche 0
System.out.println(ib.get());           // affiche 44
                                // et avance la position
IntBuffer ib2 = ib.slice();
System.out.println(ib2.position());     // affiche 0
System.out.println(ib2.limit());        // affiche 4
System.out.println(ib2.capacity());     // affiche 4
System.out.println(ib2.arrayOffset());  // affiche 5
```


Méthodes utilitaires sur les tampons

- compact()
  - Place l'élément à la position courante *p* à la position 0, l'élément *p+1* à la position 1, et La nouvelle position courante es placée après le dernier élément décalé. La limite est mise à la capacité et la marque effacée.
- flip()
  - limite <- position courante position <- 0. Marque indéfinie.
- rewind()
  - position <- 0. Marque indéfinie
- clear() N'efface pas le contenu!



Comparaisons de tampons

- Les classes des tampons implémentent l'interface Comparable<*tamponDeMemeType*>
  - Comparable uniquement avec un tampon du même type
  - compareTo() compare les **séquences d'éléments restants** (au sens de remaining()) de manière lexicographique (le prochain, puis le suivant, etc.)
- Deux tampons sont égaux au sens de equals() si
  - 1. ils ont le **même type** d'éléments,
  - 2. ils ont le **même nombre d'éléments restants** et
  - 3. les deux séquences d'éléments restants, considérées **indépendamment de leurs positions** de départ, sont **égales élément par élément**.

Types primitifs et représentation

- Chaque classe de tampon de *prim* (type primitif) permet de lire (get) et d'écrire (put) des éléments de type *prim*
- La classe ByteBuffer sait en plus lire et écrire n'importe quel type primitif avec get*Prim*() ou put*Prim*()
  - Nécessité de choisir l'ordre de représentation des types primitifs (ordre de stockage des octets)
  - ByteOrder.BIG_ENDIAN (gros-boutiste): octet de poids **fort** stocké à l'indice le plus petit
  - ByteOrder.LITTLE_ENDIAN (petit-boutiste): octet de poids **faible** stocké à l'indice le plus petit

Ordre de représentation des tampons

- ByteOrder.nativeOrder() donne l'ordre de stockage natif de la plateforme
- L'ordre d'un ByteBuffer peut être consulté ou fixé par order()
- Par défaut, tout **tampon d'octet** (ByteBuffer) alloué est en **big endian**
- Tous les **autres tampons** sont créés avec l'**ordre natif**
- Les "vues" d'un tampon d'octet ont l'ordre du tampon d'octet au moment de la création de la vue.

Exemple sur les ordres des tampons

```
System.out.println(ByteOrder.nativeOrder()); // LITTLE_ENDIAN
System.out.println(Integer.toBinaryString(134480385));
  // affiche 00001000 00000100 00000010 00000001 ie {8,4,2,1}
ByteBuffer bb = ByteBuffer.allocate(8);
System.out.println(bb.order());      // BIG_ENDIAN
  // On écrit les 4 octets en big endian (8 en 0, 4 en 1...)
bb.put((byte)8).put((byte)4).put((byte)2).put((byte)1);
  // Puis les 4 octets dans l'ordre little endian
bb.put((byte)1).put((byte)2).put((byte)4).put((byte)8);
  // On prend une vue entière big endian de ce tampon d'octet
IntBuffer ibBE = ((ByteBuffer)bb.rewind()).asIntBuffer();
System.out.println(ibBE.order());    // affiche BIG_ENDIAN
System.out.println(ibBE.get());      // affiche 134480385
  // On prend une vue entière en little endian du même tampon
IntBuffer ibLE = bb.order(ByteOrder.LITTLE_ENDIAN).asIntBuffer();
System.out.println(ibLE.order());    // affiche LITTLE_ENDIAN
System.out.println(ibLE.get(1));     // affiche 134480385
System.out.println(ibLE.get(0));     // affiche 16909320...
                                     // ... ordre inverse
```

Les tampons de caractères

- Les tampons de caractères CharBuffer implantent l'interface CharSequence
  - Permet d'utiliser les expressions régulières directement sur les tampons (Pattern: matcher(), matches(), split())
    - Pour toute recherche, penser à revenir au début du tampon, par exemple avec flip(), car seuls les caractères restants à lire sont pris en compte
  - toString() retourne la chaîne entre la position courante et la limite
  - wrap() peut accepter (en plus d'un char[]), n'importe quel CharSequence : String, StringBuffer ou CharBuffer
    - Dans ces derniers cas, le tampon est en ***lecture seule***.

Appendable et Readable (jdk1.5)

  - CharBuffer implante ces deux interfaces
- Appendable: un truc auquel on peut ajouter des char
  - Soit un caractère tout seul: Appendable append(char c)
  - Soit tout ou partie d'une CharSequence : Appendable append(CharSequence csq) et Appendable append(CharSequence csq, int start, int end)
  - Exemples: BufferedWriter, CharBuffer, FileWriter, OutputStreamWriter, PrintStream, PrintWriter, StringBuffer, StringBuilder, StringWriter, Writer...
- Readable: un truc dans lequel on peut lire des char
  - int read(CharBuffer cb)
  - Retourne le nombre de caractères lus et placés dans le CharBuffer cb, ou -1 si le Readable n'a plus rien à lire

Les jeux de caractères (java.nio.charset)

- Charset : représente une association entre
  - un jeu de caractères (sur un ou plusieurs octets)
  - et le codage Unicode "interne" à Java sur 2 octets
  - Référencé par un nom (***canonique***, US-ASCII, ou ***alias*** ASCII)
- CharsetEncoder : encodeur
  - Transforme une séquence de caractères Unicode codés sur 2 octets en une séquence d'octets représentant ces caractères, mais utilisant un autre jeu de caractères.
- CharsetDecoder : décodeur
  - À partir d'une séquence d'octets représentant des caractères dans un jeu de caractères donné, produit une suite de caractères Unicode représentés sur deux octets.

Classe Charset

- Liste de jeux de caractères officiels gérée par IANA: http://www.iana.org/assignments/character-sets
- Jeux de caractères disponibles sur la plateforme
  - Charset.availableCharsets() retourne une SortedMap associant les noms aux Charset
  - La plateforme Java requiert au minimum: US-ASCII, ISO-8859-1, UTF-8, UTF-16BE, UTF-16LE, UTF-16
  - Charset.isSupported(String csName) vrai si la JVM supporte le jeu de caractères dont le nom est passé en argument
  - Charset.forName(String csName) retourne le Charset
  - Pour un Charset donné, name() donne le nom canonique et aliases() donne les alias
  - contains() teste si un jeu de caractères en contient un autre

L'objet encodeur (classe CharsetEncoder)

- Obtenu à partir d'un objet Charset par newEncoder()
  - Caractères d'entrée fournis par un CharBuffer
  - Octets produits placée dans un ByteBuffer
- Méthode encode() la plus simple
  - Accepte un CharBuffer et encode son contenu (*remaining*) dans un ByteBuffer alloué pour l'occasion
    - IllegalStateException si opération de codage déjà en cours
    - Ou bien CharacterCodingException qui peut être:
      - MalformedInputException si valeur d'entrée incorrecte
      - UnmappableCharacterException si caractère d'entrée n'a pas de codage dans le jeu de caractères de destination
    - Racourci: Charset.forName("ASCII").encode("texte à coder");

Gestion des problèmes de codage

- Par défaut, MalformedInputException ou Unmappable-CharacterException sont levées si problème
- On peut spécifier un comportement spécifique
  - onMalformedInput() ou onUnmappableCharacter()
  - Via une constante de type CodingErrorAction
    - IGNORE permet d'ignorer simplement le problème
    - REPLACE permet de remplacer le caractère non valide ou non codable par une séquence d'octets (par défaut '?')
      - byte[] replacement() permet de la consulter
      - replaceWith(byte[]) permet d'en spécifier une nouvelle
    - REPORT provoque la levée d'exception (par défaut)
    - Les méthodes malformedInputAction() et unmappableCharacterAction() donnent la valeur actuelle

Exemple de codage vers ASCII

```
Charset ascii = Charset.forName("ASCII");
CharsetEncoder versASCII = ascii.newEncoder();
CharBuffer cb = CharBuffer.wrap("accentués et J2€€");
// (a)
// versASCII.replaceWith(new byte[]{'$'});
// versASCII.onUnmappableCharacter(
//                        CodingErrorAction.REPLACE);
try {
  ByteBuffer bb = versASCII.encode(cb);
// UnmappableCharacterException si (a) en commentaire
  while (bb.hasRemaining()) {
    System.out.print(((char)bb.get()));
  } // affiche "accentu$s et J2$$" en décommentant (a)
} catch(CharacterCodingException cce) {
  cce.printStackTrace();
}
```


Méthode encode() plus complète

- CoderResult encode(CharBuffer in, ByteBuffer out, boolean endOfInput)
  - Encode au plus in.remaining() caractères de in
  - Écrit au plus out.remaining() octets dans out
  - Fait évoluer les positions des deux buffers
  - Retourne un objet CoderResult représentant le résultat de l'opération d'encodage. Ce résultat peut être testé:
    - isError() vrai si erreurt produite (*malformed* ou *unmappable*)
    - isUnderflow() vrai si pas assez de caractères dans in
    - isOverflow() vrai si pas assez de place dans out
    - isMalformed() si un caractère mal formé a été rencontré
    - isUnmappable() si caractère pas codable dans le jeu de sortie

Méthode encode() plus complète (2)

- Le 3° argument booléen endOfInput
  - S'il est à false, il indique que d'autres caractères doivent encore être décodés (tous appels sauf dernier)
    - L'état interne du codeur peut les attendre
  - Il doit être à true lors du dernier appel à cette fonction
- L'encodage est terminé lorsque
  - Le dernier appel à encode(), avec endOfInput à true, a renvoyé un CoderResult tel que isUnderflow() soit true (plus rien à lire)
  - Il faut faire flush() pour terminer le codage (purge des états internes)

Principe d'utilisation pour codage

- 1. Remettre à jour l'encodeur avec reset()
  - Purge des états internes
- 2. Appeler la méthode encode() zéro fois ou plus
  - Tant que de nouvelles entrées peuvent être disponibles
  - En passant le troisième argument à false, en remplissant le buffer d'entrée et en vidant le buffer de sortie à chaque fois
  - Cette méthode ne retourne que lorsqu'il n'y a plus rien à lire, plus de place pour écrire ou qu'en cas de pbme de codage
    - On peut traiter ces problèmes éventuels
- 3. Appeler la méthode encode() une dernière fois
  - En passant le troisième argument à true
- 4. Appeler la méthode flush()
  - Purger les états internes de l'encodeur dans le buffer de sortie

Quelques méthodes utilitaires pour encodage

- Étant donné un jeu de caractères
- Dimensionner les buffers d'octets/caractères
  - float averageBytesPerChar() : # moyen d'octet par char
  - float maxBytesPerChar() : pire des cas
- Assurer qu'une séquence de remplacement est correcte
  - boolean isLegalReplacement(byte[] repl)
- Savoir si on est capable d'encoder un ou plusieurs char
  - En effet, certains caractères sont "couplés" (*surrogate*)
    - boolean canEncode(char c)
    - boolean canEncode(CharSequence cs)
  - Attention, ces méthodes peuvent changer l'état interne de l'encodeur (ne pas les appeler si encodage en cours)

Le décodage

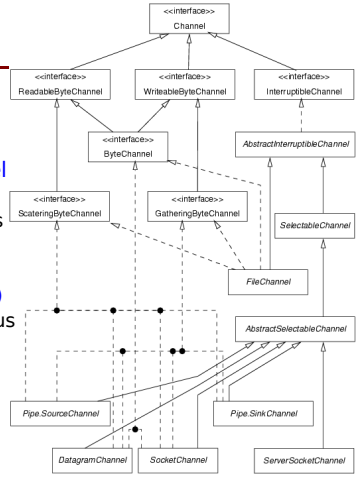
- Principe semblable à celui du codage
  - Instance d'une sous-classe de la classe abstraite CharsetDecoder
    - Peut être récupérée par Charset.newDecoder()
  - Méthodes decode()
    - Lit un tampon d'octets et produit un tampon de caractères
    - Version complète avec ByteBuffer d'entrée, CharBuffer de sortie et paramètre booléen endOfInput retournant un CoderResult
  - Les caractères à produire en cas de problème de décodage sont fournis par replacement() et replaceWith() qui manipulent des String au lieu de byte[]
  - maxCharsPerByte() et averageCharsPerByte()

Les canaux (*channels*)

- Représentent des connexions ouvertes vers des entités capables d'effectuer des opérations d'entrées-sorties comme des fichiers, des sockets ou des tubes
  - Un canal est ouvert à sa création.
  - Il ne peut plus être utilisé une fois qu'il est fermé.
  - À la différence des flots, il peut être utilisé en mode bloquant ou non bloquant *(on y reviendra plus tard)*.
    - En mode non bloquant, toutes les lectures/écritures retournent immédiatement, même si rien n'est lu ou écrit.
    - On peut alors utiliser un sélecteur pour attendre en même temps la possibilité d'effectuer des entrées-sorties sur différents canaux.

Classes/interfaces fondamentales

- java.nio.channels.*
  - Channel
    - close(), isOpen()
  - ReadableByteChannel
    - int read(ByteBuffer)
    - Tente de lire au plus remaining() octets.
  - WritableByteChannel
    - int write(ByteBuffer)
    - Tente d'écrire au plus remaining() octets
  - ByteChannel
    - Hérite des deux



Canaux et flots

- Quand les canaux sont **bloquants**
  - read() et write() se comportent comme pour les flots
    - Tous les octets seront écrits au retour de write()
    - Au moins un octet lu au retour de read() ou alors retourne -1
- Deux lectures ou deux écritures concurrentes sur un même canal ont toujours lieu l'une après l'autre
  - Sans interférer entre elles. Évite souvent de synchroniser.
  - En revanche l'interférence entre une lecture et une écriture peut dépendre du type de canal.
- La classe utilitaire Channel**s** permet d'obtenir
  - Des canaux à partir de flots et des flots à partir de canaux
    - Ils sont liés:et la fermeture de l'un entraîne celle de l'autre

Exemple de canaux associés à des flots

```
FileInputStream in = new FileInputStream(args[0]);
ReadableByteChannel cin = Channels.newChannel(in);
FileOutputStream out = new FileOutputStream(args[1]);
WritableByteChannel cout = Channels.newChannel(out);
ByteBuffer byteB = ByteBuffer.allocate(1000);
int nb;
try {
  while ((nb=cin.read(byteB))!=-1) {
    byteB.flip();   // position=0, limite=fin des
                    //                    données lues
    cout.write(byteB);
    byteB.clear(); // position=0, limite=capacité
  }
} finally {
  cin.close();     // Ferme le canal et le flot !
  cout.close();
}
```

Interfaces de canaux

- ScatteringByteChannel extends ReadableByteChannel
  - Ajoute les méthodes à multiple tampons ("*dispatcheur*")
    - long read(ByteBuffer[] dsts) et long read(ByteBuffer[] dsts, int offset, int length)
    - Pratique pour lire des en-têtes de taille fixe (ex: protocoles)
- GatheringByteChannel extends WritableByteChannel
  - Ajoute les méthodes ("*collecteur*")
    - long write(ByteBuffer[] srcs) et long write(ByteBuffer[] srcs, int offset, int length)
    - Pratique pour toujours débuter une écriture par une suite d'en-têtes spécifiques

Canaux fermables et "interruptibles"

- Interface InterruptibleChannel extends Channel
- Un canal qui implante InterruptibleChannel est un
  - Canal ***fermable de manière asynchrone***
    - Si une thread t est bloquée par une opération d'entrée/sortie sur un tel canal, et qu'une autre thread ferme le canal par close(), alors t reçoit une exception AsynchronousCloseException
  - Canal ***interruptible*** de
    - Si une thread t est bloquée par une opération d'entrée/sortie sur un tel canal, et qu'une autre thread fait t.interrupt(), alors le canal est fermé et t reçoit une exception ClosedByInterruptException
      - Dans ce cas, le statut d'interruption de t est positionné
    - Si le statut d'interruption de t est positionné au moment de l'appel une opération d'entrée/sortie bloquante, ça lève aussi ClosedByInterruptException
      - Statut d'interruption reste positionné, le canal est fermé

Canaux à mode non bloquant

- Héritent de la classe abstraite SelectableChannel
  - Lecture et écriture ne bloquent jamais
  - Le nombre d'octets transférés peut être inférieur à l'indication
    - Éventuellement nul, en lecture comme en écriture
- Tous les canaux standards peuvent être non bloquants SAUF:
  - Ceux obtenus par la classe utilitaire Channels
  - Les canaux sur les fichiers
- À leur création, les canaux sont en mode bloquant
  - Changement de mode par configureBlocking(false)
  - Consultation du mode actuel par isBlocking()
- Ils sont les seuls à pouvoir être multiplexés avec un **sélecteur** de la classe java.nio.channels.Selector

Canaux vers les fichiers

- Classe abstraite FileChannel
  - Instances obtenues par les méthodes getChannel() de
    - FileInputStream, FileOutputStream ou RandomAccessFile
    - Ne supporte que les méthodes correspondantes, sinon NonWritableChannelException ou NonReadableChannelException
  - Méthodes read() et write() conformes aux interfaces
    - read() retourne -1 quand la fin de fichier est atteinte
    - Deux lectures ou deux écritures concurrentes ne s'entrelassent pas
  - Utilisation de caches pour améliorer les performances
    - Méthode force() pour écriture des données sur le fichier
  - Le flot et le canal sont liés et se reflètent leurs états respectifs

Fichiers mappés en mémoire

- Permet de voir un fichier comme un tampon d'octets dans lequel on peut lire ou écrire
  - Opérations beaucoup plus rapides mais
  - Coût pour réaliser le mapping (alloué direct via malloc)
- `MappedByteBuffer extends ByteBuffer`
  - Obtenu par map() sur un FileChannel avec arguments:
    - FileChannel.MapMode
      - READ_ONLY, fichier ne peut pas être modifié via ce tampon
      - READ_WRITE, le fichier est modifié (avec un délai, cf. force())
      - PRIVATE crée une copie privée du fichier. Aucune modification répercutée
    - long position
    - long taille
- Le fichier mappé reste valide jusqu'à ce que le MappedByteBuffer soit garbage-collecté

Canaux sur les tubes

- Comme les tubes des flots (java.io)
  - PipedReader,PipedWriter,PipedInputStream, PipedOutputStream
  - Faire communiquer simplement deux processus légers
  - Ce qui est écrit un thread est lu dans l'ordre par l'autre
- À la différence des tubes des flots, ceux des canaux
  - java.nio.channels : Pipe, Pipe.SinkChannel et Pipe.SourceChannel
  - Sont des objets qui ont une « réalité système »
- Créés avec la méthode statique open() de type Pipe
  - Retourne un objet de type Pipe, sur lequel on peut faire
    - Pipe.SinkChannel **sink**() pour écrire des données (AbstractSelectableChannel,WritableByteChannel,GatheringByteChannel)
    - Pipe.SourceChannel **source**() pour lire des données (AbstractSelectableChannel,ReadableByteChannel,ScatteringByteChannel)
- Les deux canaux supportent le passage en mode non bloquant