Les nouvelles (1.4) entrées/sorties

Rémi Forax

Avant propos

- Depuis Java 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)*

Avant propos

- Nouveau paquetages :
  - ***Buffers*** (tampons mémoire) java.nio.*
  - ***Charsets*** (jeux de caractères) java.nio.charset.*
  - ***Files*** (fichiers) java.nio.file.*
  - ***Channels*** (canaux) java.nio.channels.*

Plan

- Les Buffers
  - Concept (limit, capacity, mark, remaining)
  - Allocations (direct or not)
  - Vues (duplicate, slice)
  - Acces linéaire/séquenciel
  - Bulk operations
  - Compact, flip, rewing, clear
  - ByteBuffer/CharBuffer

Plan

- Charset
- Encoder/Decoder
- Les fichiers mappés

Les 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
  - Pas prévus pour accès concurrent
    - On évite de les partager

Les buffers

- java.nio.Buffer
  - classe abstraite de tous les buffers
  - un ensemble de cases mémoire, avec 3 pointeurs
- Propriétés :
  - **position** : position dans le buffer
  - **capacity**: nombre de case mémoire allouées
  - **limit** : position à partir duquel il ne faut plus lire/écrire
  - **mark** : position avant la position courante où l'on peut revenir

Buffer de types primitifs

- Chaque type primitif possède un classe abstraite de buffer dédié
  - ShortBuffer, IntBuffer, LongBuffer, FloatBuffer et DoubleBuffer
- Les classes ByteBuffer et CharBuffer
  - fournissent un ensemble de méthodes et d'opérations plus riche que pour les autres types de buffer

ByteBuffer direct

- Les ByteBuffer sont utilisés pour échanger des données en lecture ou écriture avec le système
- Problème en Java, le GC peut bouger les objets en mémoire

- Solution: un ByteBuffer direct est géré par le GC mais sa zone mémoire est allouer dans un espace mémoire non géré par le GC

Buffer direct/managed

- *Any*Buffer.allocate() renvoit un buffer dont les élements sont stockés dans un tableau classique
  - Peu-couteux en allocation
  - Besoin d'un buffer intermédiaire en case de read/write
- ByteBuffer.allocateDirect() renvoit un buffer **direct**
  - Coûteux en allocation et déallocation
  - Mieux si taille puissance de 2 (moins de fragmentation)
  - Réserver pour les buffers d'entrées-sorties de taille et de durée de vie importantes
- isDirect() indique si le buffer est direct ou pas

Wrap

- Méthode statique wrap() dans chaque classe de buffer (pour chaque type primitif) pour envelopper un tableau
  - *Int*Buffer **wrap**(*int*[] tab, int offset, int length) ou
    *Int*Buffer **wrap**(*int*[] 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

Accès aux données

- 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 aux données

- Par ex. avec un ByteBuffer, l'accès **aléatoire** (*absolute*)
  - *byte* **get**(int index) donne l'élément à la position index
  - *Byte*Buffer **put**(int index, *byte* value) ajoute value à l'indice index, et renvoie le buffer modifié
    - Appel chaînable comme StringBuilder.append()
    - Peuvent lever IndexOutOfBoundsException
- Accès **séquentiel** (*relative*)
  - *byte* **get**() resp. *Byte*Buffer **put**(*byte* value)
    - Donne la valeur (resp. met value) à la position courante
    - Incrémente la position
    - Peuvent lever des exceptions BufferUnderflowException ou BufferOverflowException

Accès groupé aux données

- Les méthodes existent en version "groupé***" (bulk)***
  - Manipulent un tableau au lieu d'une variable
  - L'opération réussi où rien ne se passe

- *Byte*Buffer **get**(*byte*[] dest, int offset, int length) et *Byte*Buffer **get**(*byte*[] dest)
  - Tentent de lire **le nombre d'éléments spécifié, ou rien** si pas assez de choses à lire (BufferUnderflowException)

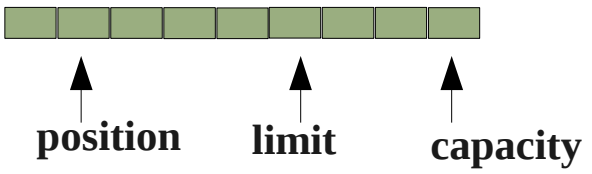
Accès groupé aux données

- *Byte*Buffer **put**(*byte*[] src, int offset, int length) et *Byte*Buffer **put**(*byte*[] src)
  - Tentent d'écrire **le nombre d'éléments spécifié, ou rien** si pas assez de place (BufferOverflowException)

- *Byte*Buffer **put**(*Byte*Buffer src)
  - Tente d'écrire le contenu de src (BufferOverflowException)

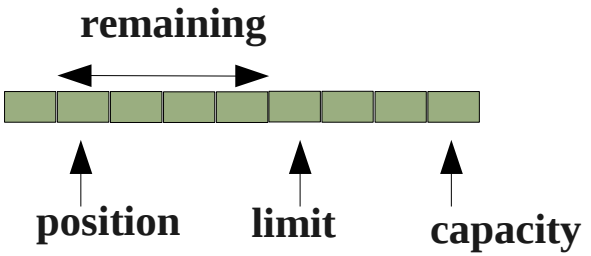
Les méthodes d'un tampon

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



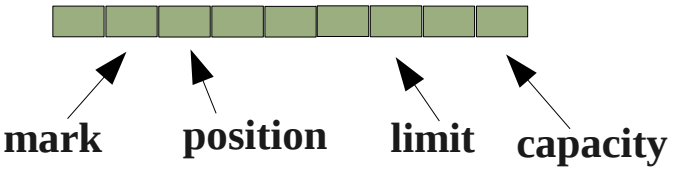
Les méthodes d'un tampon

- **remaining**:
  - int remaining() donne le nombre d'éléments entre la position courante et la limite (limit-position)
  - boolean hasRemaining() vaut vrai si la position est strictement inférieure à limite

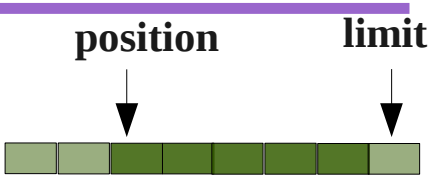


La marque

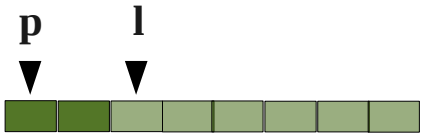
- **Marque** (éventuelle): position dans le tampon
  - Buffer mark() place la marque à la position courante
  - Buffer reset() place la position à la marque
    - ou lève InvalidMarkException
  - La marque est toujours inférieure ou égal à la position.
    - Si la position ou la limite deviennent plus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



Opération habituelle



- flip()



  - limite à position, position à 0, marque indéfinie.
- rewind()

  - position à 0, marque indéfinie
- clear()

  - position à 0, limite à la capacity, marque indéfinie
- compact()

  - Décale les élements de la position courant à limite vers 0
  - La position est mise après le dernier élements,
    la limite est mise à la capacité et la marque effacée.

Egalité, comparable

- Deux tampons sont égaux au sens de equals() si
  - ils ont le même type d'éléments,
  - ils ont le même nombre d'éléments restants et
  - les deux séquences d'éléments restants (remaining()), sont égales élément par élément

    (indépendamment de leurs positions)
- Un *Any*Buffer implante Comparable<*Any*Buffer>
  - compareTo() compare les séquences d'éléments restants (au sens de remaining()) de manière lexicographique (le prochain, puis le suivant, etc.)

Vues

- duplicate() retourne un buffer **partagé**
  - toute modification de données de l'un est vue dans l'autre
  - chaque tampon possède ses propres propriétés (position, limite, marque), les propriétés du nouveau sont initialisés à partir de l'ancien.

- slice() retourne un buffer **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

Vues read-only

- Sur n'importe quel buffer, asReadOnlyBuffer() retourne un **nouveau buffer** en **lecture seule**
  - Les méthodes comme put() lèvent l'exception ReadOnlyException
  - Peut être testé avec isReadOnly()

ByteOrder

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

ByteBuffer et vues d'un autre type

- Possibilité de créer des "**vues**" **d'un** ByteBuffer **comme** s'il s'agissait d'**un buffer d'un autre type**
  - asCharBuffer(), asShortBuffer(), asIntBuffer(), asLongBuffer(), asFloatBuffer(), asDoubleBuffer()
  - Seule façon d'obtenir des *Buffer direct ByteBuffer.allocateDirect(8192).asIntBuffer();
- L'ordre de la vue créé est par défaut BIG_ENDIAN mais peut-être changé par order().

Buffer de caractères

- Les buffers 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***.

Buffer de caractères

- CharBuffer implantent les 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)
  - 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

FileChannel

- Classe abstraite FileChannel
  - Instances obtenues par les méthodes getChannel() de
    - FileInputStream, FileOutputStream ou RandomAccessFile
    - Ne supporte que les méthodes correspondantes, sinon NonWritableChannelException ou NonReadableChannelException
  - Le flot et le canal sont liés et se reflètent leurs états respectifs
  - 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'entrelacent pas

FileChannel & Buffer-cache

- L'écriture des données pas immédiate
  - Méthode force() pour écriture des données sur le fichier
- Permet la copie par bloc
  - Lit d'un ReadableByteChannel vers le channel courant
    - long transferFrom(ReadableByteChannel src, long position, long count)
  - Écrit sur un WritableByteChannel, les données du channel courant
    - long transferTo(long position, long count, WritableByteChannel target)

Fichiers mappés en mémoire

- Un MappedByteBuffer
  - étend ByteBuffer
  - permet de voir un fichier comme un buffer dans lequel on peut lire ou écrire
    - Opérations beaucoup plus rapides mais
    - Coût pour réaliser le mapping (surtout sous Windows)
- Le fichier mappé reste valide jusqu'à ce que le MappedByteBuffer soit garbage-collecté (aie !)

FileChannel.map()

- Le MappedByteBuffer est 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 sur le fichier réel
  - long position
  - long taille (FileChannel.size() permet d'avoir sa taille)

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
  - Liste de jeux de caractères officiels gérée par IANA: http://www.iana.org/assignments/character-sets
  - Référencé par un nom (***canonique***, US-ASCII, ou ***alias*** ASCII)
  - CharsetEncoder : encodeur
  - CharsetDecoder : décodeur

Classe Charset

- 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 dispo sous forme de constantes dans StandardCharsets
  - 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

Encoder/Decoder

- 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.
    - CharBuffer vers ByteBuffer
- 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.
    - ByteBuffer vers CharBuffer

CharsetEncoder

- Création: charset.newEncoder()
- 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

- On peut spécifier un comportement en indiquant 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) MalformedInputException ou UnmappableCharacterException
- Editable avec les méthodes malformedInputAction()/onMalformedInput() et unmappableCharacterAction()/onUnmappableCharacter()

Exemple de codage vers ASCII

```
Charset ascii = Charset.forName("ASCII");
CharsetEncoder versASCII = ascii.newEncoder();
CharBuffer cb = CharBuffer.wrap("accentués et J€€");
// (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 J$$" en décommentant (a)
} catch(CharacterCodingException cce) {
  ...
}
```

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:
    - isUnderflow() vrai si pas assez de caractères dans in
    - isOverflow() vrai si pas assez de place dans out
    - isError() vrai si erreurt produite (*malformed* ou *unmappable*)
    - isMalformed() si un caractère mal formé a été rencontré
    - isUnmappable() si caractère pas codable dans le jeu de sortie

Méthode encode() (suite)

- Le 3° argument booléen endOfInput
  - Comme on encode un buffer et pas un flot, il faut signaler la fin à encode
  - 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

Méthode encode() (fin)

- L'encodage est terminé lorsque
  - Le dernier appel à encode(), avec endOfInput à true, a renvoyé un CoderResult tel que
    - le buffer à hasRemaining à false
    - isUnderflow() soit true (plus rien à lire)
  - Il faut faire flush() pour terminer le codage (purge des états internes)
    - On a des états internes car un caractère peut être coder sur plusieurs chars (encoder) et qu'un caractère peut être coder sur plusieurs bytes (decoder)

Principe d'utilisation pour codage

1. (Optionel) 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
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 d'encodage

- 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, créer par Charset.newDecoder()
  - maxCharsPerByte() et averageCharsPerByte()
  - 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[]