Initiation à la programmation Java
IP2 - Séance No 6

Yan Jurski

Université de Paris

Annonces

- Les deux cours précédents étaient denses.
- Celui ci, et le suivant feront simplement des variations et des révisions, pour vous permettre d'assimiler.
- Mais c'est vraiment maintenant qu'il vous faut fournir un travail !

Partiel le samedi 18 mars de 16h à 18h

- Définitions de classes
- Méthodes statique/dynamique
- Modificateurs `static`, `final`, `private`, `public`
- Politique getters/setters, notion d'interface
- Listes simplement chaînées et opérations de base
- Récursion (formes simples)
- Autres formes de listes (ce cours)
- Nous aurons une séance de révisions
- contrôle de TD à la rentrée (Listes en itératif)

Discussion : comparaison Tableaux vs Listes

Ces deux types permettent de manipuler des ensembles de valeurs.

Pourquoi utiliser l'un ou l'autre ? Avantages, inconvénients ?

- Tableaux :
  - \- taille fixe (complique les opérations d'ajouts suppressions)
  - \+ accès direct à un élément lorsque la position est connue

- Listes chaînées :
  - \- mise en place initiale un peu lourde (3 classes)
  - \- précautions lors de la gestion des liaisons entre cellules
  - \+ structure de taille variable adaptée aux ajouts, union, ...

L'utilisateur choisira son implémentation en évaluant coût/gain
La variété des structures permet de réfléchir à des optimisations pour les exécutions ciblées.

Université de Paris

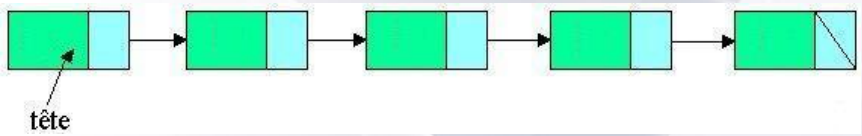
Variations autour des listes

Plan de cette séance

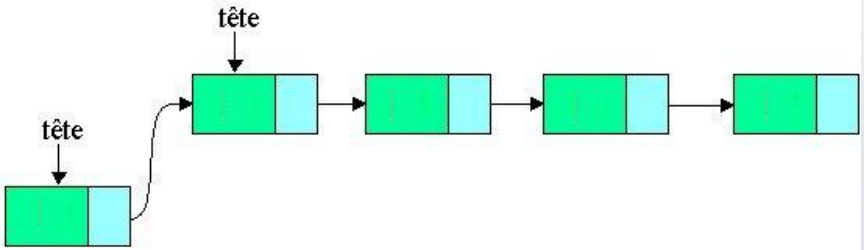
- Question : ce qui change avec l'ajout d'une seconde liaison ?
  - coût de gestion supplémentaire souvent faible
  - simplification de certaines opérations précédemment complexes
- L'utilisateur choisira son implémentation en évaluant coût/gain
- Cas envisageables :
  - Listes simplement chaînées avec référence sur début et fin
  - Listes simplement chaînées circulaires
  - Listes doublement chaînées avec référence sur début
  - Idem avec référence sur début et fin
  - Avec une tête de lecture
  - Piles, Files
  - Tout le long de ce cours : solutions récursives ou itératives

Université de Paris

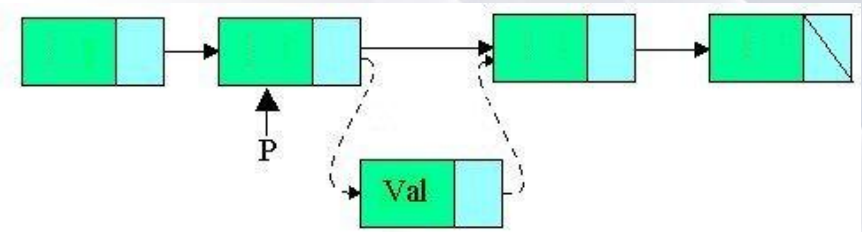
Rappels : opérations sur les listes simplement chaînées



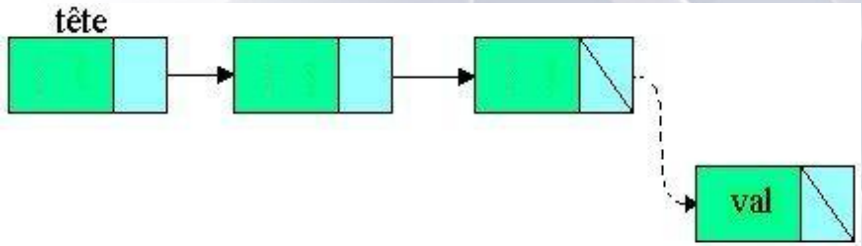
Exemple



Ajout / Suppression en tête



Ajout / Suppression intermédiaire



Ajout / Suppression en fin

Rappel du cahier des charges

que vous connaissez bien...

Fichier ListIP2.java

```
public interface ListIP2 {
 void clear();
 boolean isEmpty();

 // méthodes de parcours
 int size();
 boolean contains(E x);
 E get(int index);
 E set(int index, E x);
 int indexOf(E x);
 int lastIndexOf(E x);

 // méthodes qui modifient la structure de la liste
 void add(E x); // ajoute en fin
 void add(int index, E x);
 E remove(int index);
 boolean remove(E x);
}
```

Rappel du modèle à 3 classes

Fichier MaList.java

```
public class MaList implements ListIP2{
 private Cellule first;
}
```

Fichier Cellule.java

```
public class Cellule{
 private E content;
 private Cellule next;
}
```

Fichier E.java - le contenu

```
public class E{
 // peu importe
}
```

Université de Paris

Rappel du modèle à 3 classes

Première variation : observateur sur le dernier

Première variation : observateur sur le dernier

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 // et il FAUT maintenir la cohérence de cette référence
}
```

Fichier CelluleFL.java

```
public class CelluleFL{
 private E content;
 private CelluleFL next;
}
```

Fichier E.java - le contenu

```
public class E{
 // peu importe
}
```

Ancienne version

Construction de la liste vide

Fichier MaList.java

```
public class MaList implements ListIP2{
 private Cellule first;
 public MaList(){
  this.first=null;
 }
 public boolean isEmpty() {
  return ( this.first==null );
 }
 public void clear() {
  this.first=null;
 }
}
```

Variante avec Début et Fin

liste vide, test et reset

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public MaList(){
  this.first=null;
  this.last=null;
 }
 public boolean isEmpty() {
  return ( this.first==null ); // suffisant, sinon on s'est trompé ...
 }
 public void clear() {
  this.first=null;
  this.last=null;
 }
}
```

Méthodes de parcours

Fichier ListIP2.java

```
public interface ListIP2 {
 ...
 int size();
 boolean contains(E x);
 E get(int index);
 E set(int index, E x);
 int indexOf(E x);
 int lastIndexOf(E x);
 ...
}
```

- La nouvelle liaison vers le dernier :
  - ne nous empêche pas d'utiliser l'ancienne
  - ne semble pas permettre d'améliorations

Université de Paris

Ancienne Version

Exemple de parcours

Fichier MaList.java

```
public class MaList implements ListIP2{
 private Cellule first;
 public int size(){
  if (this.isEmpty()) return 0;
  else return first.size(); // on responsabilise
 }
}
```

Fichier Cellule.java

```
public class Cellule{
 private E content;
 private Cellule next;
 public int size(){
  if (next==null) return 1;
  return 1+next.size();
 }
}
```

Variante avec Début et Fin

Exemple de parcours - Mêmes algorithmes

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public int size(){
  if (this.isEmpty()) return 0;
  else return first.size(); // on responsabilise
 }
}
```

Fichier CelluleFL.java

```
public class CelluleFL{
 private E content;
 private CelluleFL next;
 public int size(){
  if (next==null) return 1;
  return 1+next.size();
 }
}
```

Méthodes qui modifient la structure de la liste

...last devra être modifié aussi ... parfois ...

Fichier ListIP2.java

```
public interface ListIP2 {
...
 void add(E x); // ajoute en fin
 void add(int index, E x);
 E remove(int index);
 boolean remove(E x);
}
```

Regardons quel est le *"prix à payer"* en terme d'opérations supplémentaires

Université de Paris

Ancienne version : ajout en fin

Fichier MaList.java

```
public class MaList implements ListIP2{
 private Cellule first;
 public void add(E x){
  if (this.isEmpty()) first=new Cellule(x); else first.add(x);
 }
}
```

Fichier Cellule.java

```
public class Cellule{
 public Cellule(E x){
  this.content=x;
  next=null;
 }
 public void add(E x){
  Cellule tmp=this; // tout un mécanisme pour trouver le dernier
  while(tmp.next != null) tmp=tmp.next;
  tmp.next=new Cellule(x);
 }
}
```

Variante avec Début et Fin

Fichier MaListFirstLast.java

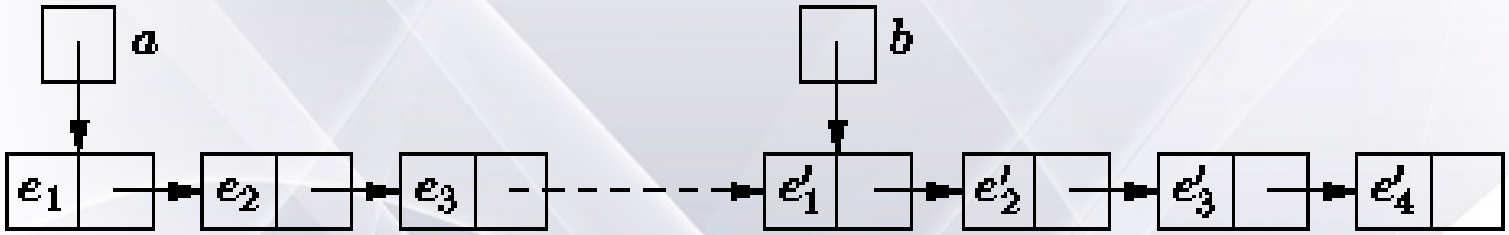
```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public void add(E x){
  CelluleFL aux=new CelluleFL(x);
  if (this.isEmpty()) { first= aux; last=aux;}
  else { last.setNext(aux); last=aux;} // opération en temps constant
 }
}
```

Fichier CelluleFL.java

```
public class CelluleFL{
 public CelluleFL(E x){
  this.content=x;
  next=null;
 }
 public void setNext(CelluleFL c){  next=x; }
}
```

Avantage de la variante

- Lorsque les opérations portent sur le dernier
  - Notre variante l'a immédiatement à disposition
  - Dans la première version des listes on doit le calculer
- Autre exemple avantageux : la concaténation

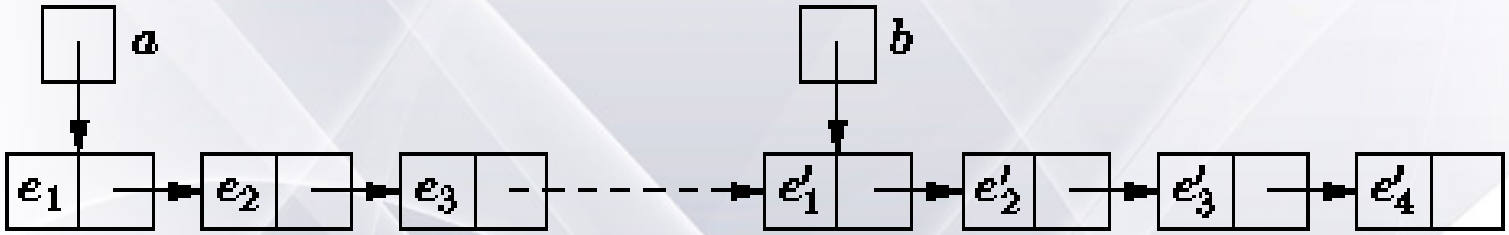


- Dans notre première implémentation il faut :
  - trouver le dernier élément de la liste *a*
  - le relier au premier élément de la liste *b*
  - ne pas oublier les cas limites (*a* ou *b* vide)

Université de Paris

Avantage de la variante

- Lorsque les opérations portent sur le dernier
  - Notre variante l'a immédiatement à disposition
  - Dans la première version des listes on doit le calculer
- Autre exemple avantageux : la concaténation



- Dans notre première implémentation il faut :
  - trouver le dernier élément de la liste *a*
  - le relier au premier élément de la liste *b*
  - ne pas oublier les cas limites (*a* ou *b* vide)

Faisons le en exercice, dans un contexte dynamique (a est `this`)

Concaténation - ancienne version

Fichier MaList.java

```
public class MaList implements ListIP2{
 private Cellule first;
 public void concat(MaList b){ // ajoute b en fin de la liste courante
  if (this.isEmpty()) first=b.first;
  else first.concat(b.first); // opération déléguée aux Cellules
 }
}
```

Fichier Cellule.java

```
public class Cellule{
 private E content;
 private Cellule next;
 public void concat(Cellule x){ // x peut être null, peu importe
  Cellule tmp = this;
  while ( tmp.next != null ) tmp=tmp.next;
  tmp.next=x;
 }
```

Université de Paris

Concaténation - variante avec Début et Fin

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public void concat(MaList b){ // ajoute b en fin de la liste courante
   if (this.isEmpty()) {
    this.first=b.first;
    this.last=b.last;
   }
   else {
    this.last.setNext(b.first);
    if (b.last != null) this.last=b.last;
   }
 }
}
```

Concaténation - variante avec Début et Fin

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public void concat(MaList b){ // ajoute b en fin de la liste courante
   if (this.isEmpty()) {
    this.first=b.first;
    this.last=b.last;
   }
   else {
    this.last.setNext(b.first);
    if (b.last != null) this.last=b.last;
   }
 }
}
```

- Et c'est tout ! (on peut vérifier la robustesse sur b vide ou singleton)

Université de Paris

Concaténation - variante avec Début et Fin

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public void concat(MaList b){ // ajoute b en fin de la liste courante
   if (this.isEmpty()) {
    this.first=b.first;
    this.last=b.last;
   }
   else {
    this.last.setNext(b.first);
    if (b.last != null) this.last=b.last;
   }
 }
}
```

- Et c'est tout ! (on peut vérifier la robustesse sur `b` vide ou singleton)
- Si on veut être prudent sur le partage de cellules entre `b` et `this`, on peut ajouter à la fin de concat : `b.clear();`

Aparté - erreurs stupides

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public void concat(MaList b){
  if (this==null) { // question stupide (ERREUR)
   this=b; // ??? (ERREUR)
  }
 ...
 }
}
```

- Supposons (par l'absurde) que `this` puisse être `null`...
  - se poserait-il seulement la question ?
  - pourrait-il réagir ?
- Supposons (par l'absurde) que vous (`this`) puissiez devenir votre camarade ...
  - Vous feriez qq chose ensuite ?

Université de Paris

Variante avec Début et Fin (suite)

Fichier ListIP2.java

```
public interface ListIP2 {
 ...
 void add(int index, E x);
 E remove(int index);
 boolean remove(E x);
}
```

- pas d'autres avantages à tirer de la connaissance du dernier
- prix à payer : assurer la gestion correcte du champ `last`

Université de Paris

Variante avec Début et Fin (suite)

Prix à payer - Exemple de `remove`

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public boolean remove(E x){
  if ( this.isEmpty() ) return false;
  if ( first.getContent()== x) {
   first=first.getNext();
   // dessiner le cas limite d'une liste à une seule cellule !
   ...
}
```

Université de Paris

Variante avec Début et Fin (Suite)

Prix à payer - Exemple de `remove`

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public boolean remove(E x){
  if ( this.isEmpty() ) return false;
  if ( first.getContent()== x) {
   first=first.getNext();
   if (first==null) last=null;
   return true;
  }
  // autres cas
  ...
}
```

Variante avec Début et Fin (Suite)

Prix à payer - Exemple de `remove`

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public boolean remove(E x){
  if ( this.isEmpty() ) return false;
  if ( first.getContent()== x) {
   first=first.getNext();
   if (first==null) last=null;
   return true;
  } else {
   return first.remove(x); // en toute logique on veut délèguer
   // mais comment savoir si last est impacté ?
}
```

- Tester si `last` contient x n'apporte rien (il faudrait le prédécesseur) et puis ce n'est peut être pas le seul x ... (`remove` efface le premier)
- On fait en sorte que `remove` de `Cellule` retourne le prédécesseur !

Variante avec Début et Fin (Suite)

Prix à payer - Exemple de `remove`

Fichier MaListFirstLast.java

```
public class MaListFirstLast implements ListIP2{
 private CelluleFL first;
 private CelluleFL last;
 public boolean remove(E x){
  if ( this.isEmpty() ) return false;
  if ( first.getContent()== x) {
   first=first.getNext();
   if (first==null) last=null;
   return true;
  } else {
   CelluleFL precedent_de_X = first.remove(x); // à écrire dans
       CelluleFL
   if (precedent_de_X==null) return false; // pas de suppression
   if (precedent_de_X.getNext()==null) this.last=precedent_de_X;
   return true;
}
```

Variante avec Début et Fin (Suite)

Prix à payer - Exemple de `remove`

Fichier CelluleFL.java

```
public class CelluleFL{
 private E content;
 private CelluleFL next;

 public CelluleFL remove(E x){ // appellée lorsque this.content != x
  // retourne le prédécesseur de x s'il existe, null sinon
  if ( next==null ) return null;
  if ( next.content !=x) return next.remove(x); // version récursive
  next=next.next; // retire
  return this; // retourne le prédécesseur de l'élément supprimé
 }
}
```

Variante avec Début et Fin (Suite)

Prix à payer - Exemple de `remove`

Fichier CelluleFL.java

```
public class CelluleFL{
 private E content;
 private CelluleFL next;

 public CelluleFL remove(E x){ // appellée lorsque this.content != x
  // retourne le prédécesseur de x s'il existe, null sinon
  if ( next==null ) return null;
  if ( next.content !=x) return next.remove(x); // version récursive
  next=next.next; // retire
  return this; // retourne le prédécesseur de l'élément supprimé
 }
}
```

Remarques :

- `remove` en soi est une opération qui vous pose problème
- sa version récursive demande un effort supplémentaire
- l'adapter au cas particulier de cette variante démontre une totale maîtrise

Université de Paris

Variante avec Début et Fin (Bilan)

- L'introduction de la liaison vers la fin de liste :
  - Permet un gain important lors de :
    - l'ajout en fin
    - la concaténation
  - A un coût sur les autres opérations
    - Qui reste faible (même ordre de grandeur)
    - Mais le programmeur doit travailler très sérieusement !
- Entraînez vous à faire l'autre `remove` et le `add`

Université de Paris

Listes Chaînées - Application aux piles

Fichier PileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public interface PileIP2 {
 void push(E x); // Empile l'élément
 boolean isEmpty();
 E top (); // retourne l'élément en haut de la pile, null si pile vide
 E pop (); // même chose que top() mais en plus le retire de la pile
}
```

Listes Chaînées - Application aux piles

Fichier PileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public interface PileIP2 {
 void push(E x); // Empile l'élément
 boolean isEmpty();
 E top (); // retourne l'élément en haut de la pile, null si pile vide
 E pop (); // même chose que top() mais en plus le retire de la pile
}
```

- Une pile peut être vue comme un cas particulier des listes.
  (Mais privé des autres opérations !)
- Puisque les opérations sont moins générales, autant les optimiser.

Université de Paris

Listes Chaînées - Application aux piles

Fichier PileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public class MaPile implements PileIP2 {
 private ListeIP2 liste; // rq : on utilise l'interface comme type
 public MaPile(){
  this.liste=new... //MaListe() ou MaListeFirstLast()? On va y réfléchir
 }        // mais vu le type déclaré (interface) les 2 sont autorisés
 void push(E x){ // Empile l'élément
  liste.add(0,x);
 }
 boolean isEmpty() {
  return liste.isEmpty();
 }
 E top (){ // retourne l'élément en haut de la pile, null si pile vide
  return liste.get(0);
 }
 E pop (){ // même chose que top() mais en plus le retire de la pile
  return liste.remove(0);
 }
}
```

Listes Chaînées - Application aux piles

Fichier PileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public class MaPile implements PileIP2 {
 private ListeIP2 liste; // rq : on utilise l'interface comme type
 public MaPile(){
  this.liste=new... //MaListe() ou MaListeFirstLast()? On va y réfléchir
 }        // mais vu le type déclaré (interface) les 2 sont autorisés
 void push(E x){ // Empile l'élément
  liste.add(0,x);
 }
 boolean isEmpty() {
  return liste.isEmpty();
 }
 E top (){ // retourne l'élément en haut de la pile, null si pile vide
  return liste.get(0);
 }
 E pop (){ // même chose que top() mais en plus le retire de la pile
  return liste.remove(0);
 }
}
```

- Le lien vers `last` ne semble d'aucune utilité !

Listes Chaînées - Application aux piles

Fichier PileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public class MaPile implements PileIP2 {
 private ListeIP2 liste;
 public MaPile(){
  this.liste= new MaListe(); // notre liste simplement chaînée
 }
 void push(E x){ // Empile l'élément
  liste.add(0,x);
 }
 boolean isEmpty() {
  return liste.isEmpty();
 }
 E top (){ // retourne l'élément en haut de la pile, null si pile vide
  return liste.get(0);
 }
 E pop (){ // même chose que top() mais en plus le retire de la pile
  return liste.remove(0);
 }
}
```

- Aucun parcours n'est requis. Les opérations ont un coût constant !

Listes Chaînées - Application aux files

Link : autres exemples de Files ...

Fichier FileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public interface FileIP2 {
 void arrive(E x); // x se place en fin de file
 boolean isEmpty();
 E whoIsNext (); // retourne l'élément à servir, null si file vide
 E getNext (); // même chose que whoIsNext(), en plus le retire
}
```

Listes Chaînées - Application aux files

Fichier FileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public class MaFile implements FileIP2 {
 private ListeIP2 liste;
 public MaFile(){
  this.liste= new ... // MaListe() ou MaListeFirstLast() ?
 }
 public void arrive(E x){
  liste.add(x); // en fin de liste
 }
 public boolean isEmpty() { return liste.isEmpty(); }
 public E whoIsNext (); { return liste.get(0); }
 public E getNext (); { return liste.remove(0); }
}
```

- L'ajout en fin peut être optimisé

Université de Paris

Listes Chaînées - Application aux files

Fichier FileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public class MaFile implements FileIP2 {
 private ListeIP2 liste;
 public MaFile(){
  this.liste= new MaListeFirstLast();
 }
 public void arrive(E x){
  liste.add(x); // en fin de liste
 }
 public boolean isEmpty() { return liste.isEmpty(); }
 public E whoIsNext (); { return liste.get(0); }
 public E getNext (); { return liste.remove(0); }
}
```

- L'ajout en fin peut être optimisé

Université de Paris

Listes Chaînées - Application aux files

Fichier FileIP2.java – Ecrite pour des éléments de type E

```
public class MaFile implements FileIP2 {
 private ListeIP2 liste;
 public MaFile(){
  this.liste= new MaListeFirstLast();
 }
 public void arrive(E x){
  liste.add(x); // en fin de liste
 }
 public boolean isEmpty() { return liste.isEmpty(); }
 public E whoIsNext (); { return liste.get(0); }
 public E getNext (); { return liste.remove(0); }
}
```

- L'ajout en fin peut être optimisé
- Aucun parcours n'est requis. Les opérations ont un coût constant !

Université de Paris

Etude de cas - Enregistreur à bande

Etude de cas - Enregistreur à bande

Fichier Enregistreur.java

```
public interface Enregistreur {
 void avanceRapide(); // à une extrémité
 void retourRapide(); // à l'autre
 void avance(int x); // avance de x pas
 void recule(int x); // recule de x pas
 E litInfo(); // de la tête de lecture
 void ecritInfo(E x);
}
```

Courage on a vu tout le nécessaire

- Tête de lecture
- Bidirectionnelle
- Opérations spécifiques pour atteindre les extrémités
- On ajoute : un mouvement au delà des limites sera créateur de ruban

Université de Paris

Modèle à 3 classes

Fichier MonMagneto.java

```
public class MonMagneto implements Enregistreur{
 private CelluleTape first;
 private CelluleTape last;
 private CelluleTape head;
}
```

Fichier CelluleTape.java

```
public class CelluleTape{
 private E content;
 private CelluleTape next;
 private CelluleTape previous;
}
```

Fichier E.java - le contenu

```
public class E{
 // peu importe
}
```

Modèle à 3 classes

Fichier MonMagneto.java

```
public class MonMagneto implements Enregistreur{
 private CelluleTape first;
 private CelluleTape last;
 private CelluleTape head;
 public MonMagneto(){ // pour commencer
  head=new CelluleTape(null); // dont le contenu est vide... à faire
  first=head; last=head;
 }
}
```

Modèle à 3 classes

Fichier MonMagneto.java

```
public class MonMagneto implements Enregistreur{
 private CelluleTape first;
 private CelluleTape last;
 private CelluleTape head;
 public MonMagneto(){ // pour commencer
  head=new CelluleTape(null); // dont le contenu est vide... à faire
  first=head; last=head;
 }
 public void avanceRapide(){ head=last; }
 public void retourRapide(){ head=first; }
}
```

Université de Paris

Modèle à 3 classes

Fichier MonMagneto.java

```
public class MonMagneto implements Enregistreur{
 private CelluleTape first;
 private CelluleTape last;
 private CelluleTape head;
 public MonMagneto(){ // pour commencer
  head=new CelluleTape(null); // dont le contenu est vide... à faire
  first=head; last=head;
 }
 public void avanceRapide(){ head=last; }
 public void retourRapide(){ head=first; }
 public E litInfo(){
  return head.getContent(); // head n'est jamais null
 }
 public void ecritInfo(E x){
  head.setContent(x); // head n'est jamais null
 }
}
```

Les cas créations / suppression sont plus délicats

Ici seulement des créations

Fichier MonMagneto.java

```
public class MonMagneto implements Enregistreur{
 public void avance(int x){
  if (x<=0) return; // rien à faire
  // donc ici x >0
  if (head.getNext() == null) { // c'est qu'on est au bout du ruban
   head.setNext(new CelluleTape(null,head,null)); // à écrire ...
   last=head.getNext();
  } // tout est en place pour avancer
  head=head.getNext();
  this.avance(x-1); // solution récursive
  }
 }
}
```

- `void recule(int x)` s'écrit symétriquement sans plus de difficultés

Les cas créations / suppression sont plus délicats

Ici seulement des créations

Fichier CelluleTape.java

```
public class CelluleTape {
 private E content;
 private CelluleTape next;
 private CelluleTape previous;
 public CelluleTape(E x){
  content=x;
  next=null;
  previous=null;
 }
 public CelluleTape(E x, CelluleTape avant, CelluleTape après){
  content=x;
  previous=avant;
  next=après;
 }
}
```

- Ecrire aussi `getNext` et `setNext` qui ne posent pas de difficultés

Bilan de l'étude de cas

- nous avons utilisé des cellules doublement chaînées
- ajouté les liens utiles pour optimiser le retour aux extrémités
- géré une politique particulière pour la création de cellules

Université de Paris

Modèles plus exotiques

Listes Circulaires

- Pour les parcours, comparer les séquences à une cellule fixée comme repère

Université de Paris

Exemple sur des cellules chainées circulairement

Fichier CelluleCirculaire.java

```
public class CelluleCirculaire {
 private E content;
 private CelluleCirculaire next;
 ... // imaginons que les outils de construction soient faits
 public void affiche(){ // on s'intéresse à ce parcours
  CelluleCirculaire aux=this;
  while (...) {
   System.out.println(aux.content);
   aux=aux.next; // Condition d'arrêt ? Ce ne sera pas null en tout cas
  }
 }
}
```

Université de Paris

Exemple sur des cellules chainées circulairement

Fichier CelluleCirculaire.java

```
public class CelluleCirculaire {
 private E content;
 private CelluleCirculaire next;
 ... // imaginons que les outils de construction soient faits
 public void affiche(){ // on s'intéresse à ce parcours
  CelluleCirculaire aux=this;
  while (aux!=this) { // pb : c'est le cas dès le début
   System.out.println(aux.content);
   aux=aux.next;
  }
 }
}
```

Exemple sur des cellules chainées circulairement

Fichier CelluleCirculaire.java

```
public class CelluleCirculaire {
 private E content;
 private CelluleCirculaire next;
 ... // imaginons que les outils de construction soient faits
 public void affiche(){ // on s'intéresse à ce parcours
  CelluleCirculaire aux=this;
  do {
   System.out.println(aux.content);
   aux=aux.next;
  } while (aux!=this);
 }
}
```

Retour sur la vie privée des objets

Nous avons vu que :

- la façon exacte dont on fait travailler en interne un type de liste est censé être non accessible à un utilisateur
- la nature des cellules devrait également être privée
- l'implémentation en 3 classes et les interactions nécessaires entre Liste et Cellule nécessitent de donner une visibilité à la cellule ...
- En fait les cellules pourraient n'être définies que pour la liste concernée. Java autorise le concept de **classe interne**

Université de Paris

Retour sur la vie privée des objets - Classes internes

- On définit ici une classe `Cellule`, interne à `Liste`, statique, privée. (il y aurait des chose à dire sur les combinaisons des mots clés)
- Elle est connue en interne (par Liste) mais inconnue à l'extérieur

Fichier Liste.java

```
public class Liste {
    private Cellule first; // connue
    ...
    private static class Cellule { // définition interne
        private E content;
        private Cellule next;
    }
}
```

Fichier Test.java

```
public class Test {
    public static void main (String [] args) {
        Liste l; // ok
        Cellule c; // PB : inconnue !
    }
}
```

Retour sur la vie privée des objets - Classes internes

Fichier Liste.java

```
public class Liste {
    private Cellule first; // connue
    public int size() {
        if (first==null) return 0;
        return first.size();
    }
    private static class Cellule { // définition interne
        private E content;
        private Cellule next;
        public size() {
            if (next==null) return 1;
            return 1+next.size();
        }
    }
}
```

- On a une solution à notre problème de visibilité. (On s'arrêtera là)

Annonce

- C'est maintenant qu'il faut fournir un travail.
  Vous avez encore un peu de temps !

Partiel le samedi 18 mars de 16h à 18h

- Définitions de classes
- Méthodes statique/dynamique
- Modificateurs `static`, `final`, `private`, `public`
- Politique getters/setters, notion d'interface
- Listes simplement chaînées et opérations de base
- Récursion (formes simples)
- Autres formes de listes (ce cours)
- Nous aurons une séance de révisions
- contrôle de TD à la rentrée (Listes en itératif)