

Algorithmes – Emploi du temps

Coudray – Julien – Tran

27 mars 2014

1 Pré-traitements

Avant de réaliser l’emploi du temps, nous procédons à des vérifications sur les données d’entrées afin de détecter toutes les incohérences. Ainsi, nous éliminons au préalable une partie des traitements qui n’aboutiront pas.

1.1 Le nombre de professeurs

La première vérification concerne le nombre de professeurs en entrée. Nous vérifions qu’il y a assez de professeurs pour dispenser les cours de chaque classe. Ainsi pour un cours donné, l’algorithme somme les disponibilités des professeurs puis compare le résultat au nombre de classe, en tenant compte du fait que pour des cours de 4h, le nombre de disponibilités nécessaire est doublé.

Soit n le nombre de professeurs pouvant donner un cours c et m le nombre de classe devant suivre ce cours. Pour un cours de 2 heures, nous avons :

$$\sum_{i=0}^n \text{dispo}_{\text{prof}_i} > m$$

Pour un cours de 4 heures, nous avons :

$$\frac{\sum_{i=0}^n \text{dispo}_{\text{prof}_i}}{2} > m$$

Pour un cours dispensé sur 4h, le nombre de disponibilités nécessaire est doublé. Pour simplifier nos calculs, nous divisons par 2 le nombre de disponibilités trouvées pour un professeur pour le comparer aux disponibilités nécessaires pour dispenser le cours.

L’opération est répétée pour l’ensemble des cours.

Algorithme 1 : Pré-traitement du nombre de professeurs

```
for all Cours do
  idCours ← identifiant de Cours
  idPromo ← identifiant de la promotion recevant Cours
  nbClasses ← nombre de classe de la promotion idPromo
  for all Profs do
    if Profs donne le cours idCours then
      for all CreneauxProf do
        if Profs est disponible then
          nbCreneaux ← nbCreneaux + 1
        end if
      end for
    end if
  end for
  if Cours est sur 4h then
    nbCreneaux ← nbCreneaux/2
  end if
  if nbClasses > nbCreneaux then
    display (Erreur sur le nombre de professeurs pour la promo idPromo)
    EXIT FAILURE
  end if
end for
display (Nombre de professeurs ok)
```

1.2 Le nombre de cours total sur le semestre

La seconde vérification porte sur le nombre d'heures de cours à dispenser à une classe. Ce nombre ne doit pas excéder la totalité des heures du semestre. Le programme somme l'ensemble des cours que possède une classe et le compare au nombre d'heures total du semestre.

$$\sum_{i=0}^n nbHeures_{cours_i} \leq s * c * h$$

Avec :

- n le nombre de cours d'une classe
- s le nombre de semaines du semestre
- c le nombre de créneaux sur une semaine
- h le nombre d'heures d'un créneau

Une fois ces pré-traitements réalisés, nous pouvons commencer la conception de l'emploi du temps.

Algorithme 2 : Pré-traitement du nombre d'heures sur le semestre

```
for all Classes do  
    listCours  $\leftarrow$  ensemble des cours que suit une classe  
    for all cours in listCours do  
        nbHours  $\leftarrow$  nbHours + nombre d'heures du cours cours  
    end for  
    if nbHours > (nombre de semaines du semestre * nombre de créneaux par semaine *  
    nombre d'heures par créneau) then  
        display(Erreur, trop d'heures pour la classe Classes)  
        EXIT FAILURE  
    end if  
end for  
display(Nombre d'heures de cours ok)
```

2 Réalisation de l'emploi du temps

Il est difficile de trouver une solution exacte pour un problème d'ordonnancement, donc pour faciliter la génération de l'emploi du temps, nous avons mis en place une fonction de répartition aléatoire des cours dans la semaine. Cette fonction est appelée un certain nombre de fois (nombre d'itérations à définir), mais le programme s'arrête si une solution est trouvée avant la dernière itération.

Afin de clarifier l'explication, nous rappelons que le programme de l'année est un ensemble de matières (Algèbre, Analyse, Electricité, etc.), et chaque matière est un ensemble de cours (Algèbre : 14 cours de 2h, Analyse 12 cours de 2h, etc.), répartis sur les créneaux de la semaine. De plus, chaque promotion (B1, B2, B3, etc.) est constituée d'un certain nombre de classes (B1A, B2C, M1B, etc.). Enfin, un créneau correspond à 2h dans la semaine (Lundi 8h30-10h30, Mercredi 14h-16h, etc.), un cours de 2h se place donc sur un créneau, et un cours de 4h sur 2 créneaux.

Afin d'optimiser la répartition des cours dans la semaine, nous répartissons au préalable les matières du programme, et les enseignants correspondant sur le semestre, et ce pour chaque promotion. Ainsi, chaque classe d'une même promotion suivra les mêmes cours chaque semaine, ce qui garantit l'homogénéité de l'emploi du temps.

Pour se faire, nous déterminons la semaine à laquelle doit se dérouler le premier cours de chaque matière, ainsi que le nombre de semaines nécessaires. Nous pouvons alors répartir les cours sur chaque semaine à l'aide de la fonction de répartition aléatoire. Cette fonction sera appelée jusqu'à trouver une solution dans laquelle tous les cours ont été placés correctement. En cas d'échec (aucune solution parfaite), le programme donnera la solution dans laquelle un minimum de cours n'ont pas été placés correctement. Ces cours pourront toutefois être placés manuellement par la suite.

Algorithme 3 : Principe général de conception des emplois du temps

```
meilleurEDT  $\leftarrow \infty$ 
repeat
  for all Promo do
    idMatières  $\leftarrow$  liste contenant les id des matières que doivent suivre Promo
    programmeSemestre  $\leftarrow$  liste contenant la répartition des idMatières sur le semestre
    planningOk  $\leftarrow$  booléen indiquant si la génération de l'emploi du temps a rencontré des erreurs
  end for
  if planningOk then
    if nbCoursNonPlaces < meilleurEDT then
      meilleurEDT  $\leftarrow$  nbCoursNonPlaces
      Ecriture des emplois du temps dans les fichiers
    end if
  end if
until meilleurEDT > 0 and cmpt < nombreIteration
```

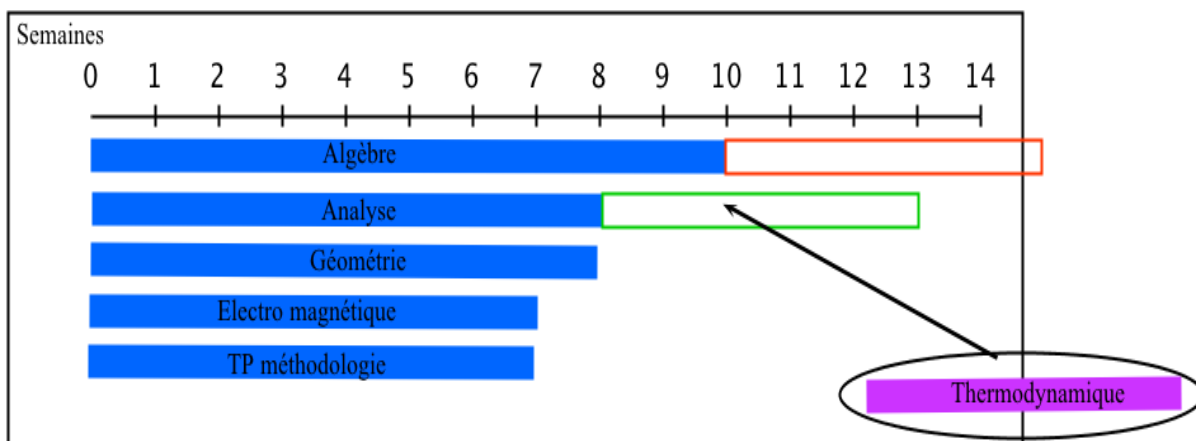
2.1 Répartition du programme sur le semestre

Afin d'optimiser la répartition des cours sur chaque semaine, nous commençons par répartir les matières sur les semaines du semestre. Pour chaque matière, nous allons donc indiquer la semaine dans laquelle doit commencer le premier cours, ainsi que le nombre de semaines durant lequel elle va être enseignée.

La répartition se déroule en deux étapes :

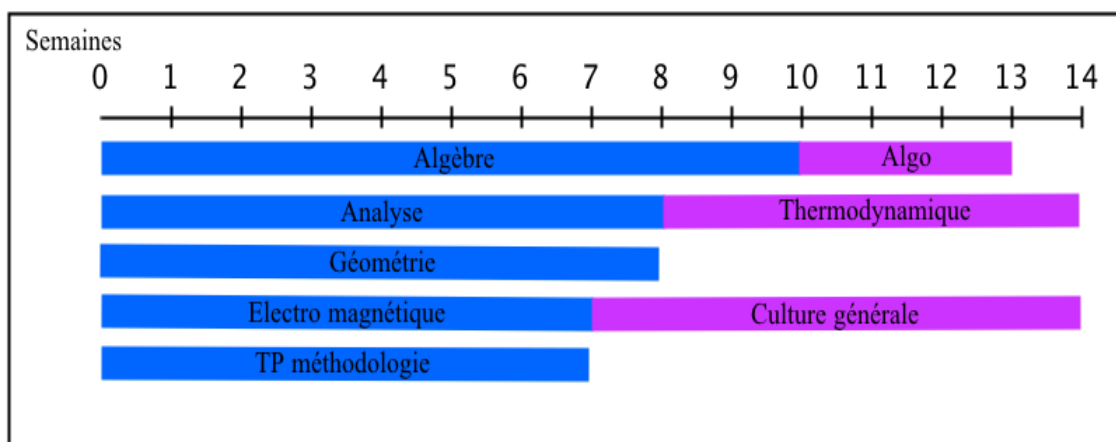
- Le tri des matières
- Le placement des matières sur le semestre

L'objectif est de répartir les cours sur le semestre de manière homogène. Il faut donc réussir à placer le maximum de matières les unes à la suite des autres. Pour se faire, nous trions les matières de la plus longue à la plus courte (en nombre de semaines), puis nous les plaçons les unes après les autres dans le semestre, en faisant en sorte de les placer à la suite d'une autre matière dès que possible.



Un cours de 4 heures impose plus de contraintes. En effet, il s'agit d'un cours où le professeur et la classe doivent avoir en commun deux créneaux libres consécutifs dans la même demi-journée. C'est pourquoi un cours de 4 heures doit être planifié sur le semestre avant un cours de 2 heures.

Pour se faire, les matières vont être séparées en deux listes : une pour les cours de 4 heures et une autre pour les cours de 2 heures, et nous effectuons les répartitions sur le semestre comme expliqué précédemment.



Pour chaque matière, nous avons besoin des informations suivantes :

- L'identifiant de la matière
- Le numéro de la semaine dans laquelle sera donné premier cours
- Le nombre de semaines nécessaires pour enseigner l'ensemble de la matière
- La matière qui la suit, s'il y en a une

Algorithme 4 : Algorithme principal de la répartition des matières sur le semestre

Require: liste *idMatières*, liste *programmeSemestre*

```
for all idMatières do
  if idMatières est un cours sur 2h then
    idMatières2  $\leftarrow$  pushback idMatières
  else
    idMatières4  $\leftarrow$  pushback idMatières
  end if
end for
Tri de idMatières2 par nombre de semaines de matière décroissant
Tri de idMatières4 par nombre de semaines de matière décroissant
idMatières est vidé
for all idMatières4 do
  idMatières  $\leftarrow$  pushback idMatières4
end for
for all idMatières2 do
  idMatières  $\leftarrow$  pushback idMatières2
end for
return programmeSemestre  $\leftarrow$  repartitionDesCours(idMatières)
```

Algorithme 5 : repartitionDesMatières(*idMatières*)

Require: liste *idMatières* triée par nombre de semaines d'une matière et par cours de 4h et 2h

```
initialisation de programmeSemestre
for all idMatières do
  for all Matières in programmeSemestre do
    if Matières a été placé then
      checkNextCourse(idCourses, Matières)
      if idMatières a été programmé then
        coursPlace  $\leftarrow$  true
        BREAK
      end if
    end if
  end for
  if coursPlace == false then
    programmeSemester  $\leftarrow$  pushback idMatières en le programmant en début de semestre
  end if
end for
return programmeSemestre
```

Algorithme 6 : checkNextCourse(*idMatières*, *Matières*)

```
if Matières a une autre matière après lui then
    checkNextCourse(idMatières, Matières du Matières suivant)
else if  $semaineDebut_{coursProgrammes} + nbSemaine_{coursProgramme} + nbSemaine_{idMatières} \leq nbSemaine_{semestre}$  then
    programmeSemestre  $\leftarrow$  pushBack idMatières en le programmant après le cours Matières
end if
```

Après avoir réalisé cet emploi du temps, nous pouvons commencer à placer les cours sur les créneaux des classes concernées.

2.2 Répartition des cours sur leurs créneaux

Grâce à la répartition des matières sur le semestre, nous allons savoir quels sont les cours à organiser sur chaque semaine. Cette répartition a été effectuée avec un objectif majeur : maintenir un emploi du temps homogène de manière à ce que chaque semaine, toutes les classes d'une même promotion aient reçus les mêmes cours.

Afin d'obtenir le meilleur emploi du temps possible, nous allons mettre en place un système de répartition aléatoire des cours. Le programme va répéter cette fonction un certain nombre de fois, le nombre d'itération étant un paramètre modifiable. Le programme arrête d'itérer lorsqu'il trouve une solution parfaite (tous les cours placés correctement) ou lorsqu'il atteint le nombre d'itérations maximum. Il va alors générer les emplois du temps à partir de la solution retenue.

Cette fonction va récupérer pour chaque semaine la liste des cours à dispenser, et procéder au placement des cours, qui s'articule en deux étapes :

- Copie des cours placés la semaine précédente et qui doivent encore l'être sur cette semaine
- Placement des nouveaux cours de la semaine après récupération des professeurs qualifiés pour les enseigner

Lorsqu'un cours ne peut être placé faute de disponibilité, il est ajouté à une liste dédiée aux cours non placés, et est retiré de la liste des cours à placer. Cette liste permet d'établir la qualité de la solution : plus elle est remplie, et plus la solution est mauvaise. Cette liste contiendra l'identifiant de la matière, l'identifiant du professeur et les semaines où le cours aurait dû être placé.

2.2.1 Placement de cours déjà fixé la semaine précédente

Lorsqu'on récupère le programme d'une semaine, la première étape consiste à vérifier si certains cours ont déjà été placés la semaine précédente, et le cas échéant à les copier dans l'emploi du temps de cette semaine, en vérifiant bien que le professeur est toujours disponible. Le cours sera ajouté à la liste des cours non placés si le professeur n'est plus disponible. Lorsqu'un cours a été placé pour toutes les classes d'une promotion, nous le supprimons de la liste des cours à dispenser. Dans le cas contraire, le cours est ajouté à la liste des cours non placés.

Ceci va permettre à une classe d'avoir le même cours sur le même créneau avec le même professeur d'une semaine à l'autre.

Algorithme 7 : Algorithme principal de la répartition des cours sur les créneaux des classes

Require: le programme de la semaine *prog*
for all *numSemaine* du semestre **do**
 progSemaine \leftarrow getProgrammeSemaine(*prog*, *numSemaine*)
 placementAncienCours(*progSemaine*, *listeClasses*, *numSemaine*)
 if il y a des nouveaux cours à placer dans la semaine **then**
 profSemaine \leftarrow getProfSemaine(*progSemaine*)
 placementNouveauCours(*listeClasses*, *progSemaine*, *profSemaine*, *numSemaine*)
 end if
 if une erreur est survenu dans la réalisation du planning **then**
 return 0
 end if
end for
return 1

Algorithme 8 : Méthode pour récupérer le programme d'une semaine

Require: le programme de la semaine *prog* et la semaine du semestre *numSemaine*
for all *cours* du programme **do**
 if semaineDebut de *cours* \leq *numSemaine* **and** semaine fin de *cours* $>$ *numSemaine* **then**
 progSemaine \leftarrow pushback *cours*
 end if
end for
return *progSemaine*

Algorithme 9 : Méthode pour placer les cours précédemment planifiés

Require: le programme *prog* de la semaine, la liste des classes *classes*, la semaine *numSemaine*
nbCourseAjout \leftarrow 0
nouveauCours \leftarrow false
if La première semaine à déjà été planifiée **then**
 for all *cours* du programme de la semaine **do**
 coursDejaProgrammeAvant(*cours*, *classes*, *nbCoursAjout*, *nouveauCours*)
 if *nbCoursAjout* = nombre *classes* **then**
 coursASupprimer \leftarrow pushback *cours*
 else
 nouveauCours \leftarrow faux
 end if
 nbCourseAjout \leftarrow 0
 end for
 for all *coursASupprimer* **do**
 progSemestre \leftarrow supprimer *progSemestre*(*coursASupprimer*)
 end for
end if

Algorithme 10 : Méthode pour savoir si un cours a déjà été programmé avant

Require: le cours de la semaine *cours*, la liste des classe *classes* , la semaine du semestre *numSemaine*
for all *classes* **do**
 if *classes* a reçu le cours la semaine *numSemaine* – 1 **then**
 ajoutDuCours(*classes*, *cours*, *numSemaine*)
 nbCoursAjoute \leftarrow *nbCoursAjoute* + 1
 end if
end for
if *nbCoursAjoute* = nombre de *classes* **then**
 nouveauCours \leftarrow *faux*
else
 nouveauCours \leftarrow *vrai*
end if

Algorithme 11 : Méthode pour ajouter le cours par rapport à la semaine d'avant

Require: la classe *classe*, la matière *cours*, la semaine du semestre *numSemaine*
idProf \leftarrow identifiant du professeur donnant *cours* la *numSemaine* – 1
creneau \leftarrow créneau de *cours* la *numSemaine* – 1
if *cours* est sur 4 heures **then**
 if *prof* est disponible à *numSemaine*, *creneau* **and** *prof* est disponible
 numSemaine, *creneau* + 1 **and** *classe* est disponible à *numSemaine*, *creneau* **and** *classe* est
 disponible *numSemaine*, *creneau* + 1 **then**
 planification *cours* avec *prof* sur *numSemaine* et *creneau*
 planification *cours* avec *prof* sur *numSemaine* et *creneau* + 1
 end if
else
 if *prof* est disponible à *numSemaine*, *creneau* **and** *prof* est disponible
 numSemaine, *creneau* + 1 **then**
 planification *cours* avec *prof* sur *numSemaine* et *creneau*
 end if
end if

2.2.2 Planification des nouveaux cours du semestre

Une fois que tous les cours de la semaine précédente ont été traités, nous pouvons nous occuper des nouveaux cours. Nous disposons de la liste des cours de la semaine dans laquelle il ne reste que les nouveaux cours. Nous commençons par récupérer l'ensemble des profs capables d'enseigner ces matières.

Nous procédons alors à la sélection du couple classe-professeur ayant le moins de créneaux en commun. Ce couple sera prioritaire sur les autres car c'est celui qui dispose du moins de créneau et qui est par conséquent le plus contraignant.

C'est maintenant qu'intervient le facteur aléatoire : nous allons répertorier les créneaux communs au professeur et à la classe, et en choisir un au hasard.

Lorsqu'un cours n'a pas pu être ajouté à une classe, il est ajouté à la liste des cours non placés.

Dans le cas d'un cours de 4 heures, il se peut que nous n'ayons aucun créneau permettant de mettre les 4 heures à la suite. Dans ce cas nous mettons le cours dans la liste des cours n'ayant pu être planifié.

Algorithme 12 : Méthode pour ajouter un nouveau cours

Require: *progSemaine, profSemaine, listClasses*

nbCours ← nombre de cours dans *progSemaine* * nombre de classes dans *listClasses*

for *i* := 0 **to** *nbCours* **do**

meilleureConnexion(*progSemaine, profSemaine, listClasses, numSemaine*)

if on trouve une connexion **then**

ajoutCours(*progSemaine, profAAjouter, classesAAjouter, numSemaine*)

else

return 0

end if

end for

return 1

Algorithme 13 : Méthode pour trouver la meilleure connexion

Require: *profSemaine, profSemaine, listClasses, numSemaine*

buf \leftarrow 23

for all *profSemaine* **do**

for all *listClasses* **do**

nbConnections \leftarrow nbCreneauxCommuns(*profSemaine, listClasses, numSemaine*)

if *nbConnections* > 0 **and** *nbConnections* < *buf* **then**

buf \leftarrow *nbConnections*

profAAjouter \leftarrow *profSemaine*

promoAAjouter \leftarrow *listClasses*

end if

end for

end for

Algorithme 14 : Méthode pour compter le nombre de créneaux communs

Require: *prof, classe, numSemaine, progSemaine*

for all *cours* donnés par *prof* **do**

if *promo* doit recevoir *cours* sur *numSemaine* **and** *cours* n'a pas encore été placé pour *promo* sur *numSemaine* **then**

coursPossible \leftarrow vrai

 BREAK

else

coursPossible \leftarrow faux

end if

end for

if *coursPossible* **then**

return *nbConnection* \leftarrow somme des disponibilités communes de *prof* et *promo*

end if

return -1

Algorithme 15 : Méthode pour ajouter un cours à une classe

Require: *progSemaine, profAAjouter, classesAAjouter, numSemaine*

for all *cours* de *profAAjouter* **do**

if *promo* doit recevoir *cours* sur *numSemaine* **and** *cours* n'a pas encore été placé pour
 promo sur *numSemaine* **then**

creationCours(*prof*, *promo*, *cours*, *numSemaine*)

 BREAK

end if

end for

Algorithme 16 : Méthode pour créer le cours à la classe

```
if cours n'a pas été programmé à numSemaine – 1 pour classes then  
    ajout de cours dans la liste des cours non planifiés  
else if cours est sur 4 heures then  
    for all creneau do  
        if classe est libre à numSemaine, creneau and classe est libre à  
            numSemaine, creneau + 1 and prof est libre à numSemaine, creneau and prof est  
            libre à numSemaine, creneau + 1 then  
                creneauxPossibles ← pushback creneau  
            end if  
    end for  
    if creneauxPossibles n'est pas vide then  
        creneau ← choix aléatoire dans creneauxPossibles  
        mise en place du cours et des données (cours, classe, prof, numSemaine, creneau)  
        mise en place du cours et des données (cours, classe, prof, numSemaine, creneau + 1)  
    end if  
    ajout de cours dans la liste des cours non planifiés  
else  
    for all creneau do  
        if classe est libre à numSemaine, creneau and prof est libre à numSemaine, creneau  
        then  
            creneauxPossibles ← pushback creneau  
        end if  
        creneau ← choix aléatoire dans creneauxPossibles  
        mise en place du cours et des données (cours, classe, prof, numSemaine, creneau)  
    end for  
end if
```

3 Déplacements des cours

Une fois l'emploi du temps réalisé, nous avons la possibilité de déplacer des cours et/ou de placer manuellement les cours qui n'ont pu être placés lors de l'exécution du programme.

3.1 Déplacement d'un cours existant

Dans un premier temps, il faut choisir la classe pour laquelle nous souhaitons effectuer le changement. Ensuite nous sélectionnons le cours à déplacer, et la liste des créneaux communs au professeur et à la classe apparaît. En sélectionnant le créneau dans lequel nous souhaitons déplacer le cours, le changement s'effectue directement en mettant à jour les données relatives à la planification.

3.2 Ajout d'un cours non placé

La liste des cours non placés apparait. Il n'y a qu'à sélectionner le cours que nous voulons placer, et la liste des créneaux sur lequel il peut être placé apparait. Les instructions suivantes sont les mêmes que pour le déplacement d'un cours.