

Optimisation du kholloscope

Après Luminy - Septembre 2002

Denis Cazor

Les différents types de conflits

Les nécessités

En se référant à l'emploi du temps de la classe de Spéciale PC fournit en annexe, on comprend mieux la difficulté de réaliser un kholloscope sans conflit.

Il faut en effet tenir compte des collisions Repas / TDs / LV2 / Colles. Il faut synchroniser les passages en colles avec les passages en TDs, et donc les groupes de TDs doivent apparaître dans le kholloscope.

Les conventions d'écriture

Les explications sont fournies pour une classe de Spéciale PC, avec 39 élèves répartis en 13 groupes, et donc tournant sur 7 heures de colles. LV1 et LV2 désignent les langues vivantes, TDs désigne les séances de travaux dirigés.

Les matières sont repérées par des lettres minuscules (*a* à *g* par exemple). Les trinômes (groupes de trois élèves) sont repérés par des lettres majuscules (*A* à *M*). Les heures de colles sont numérotées (1 à 7).

On prend en compte les colles de chimie (*a*), LV1 (*b*), mathématiques (*c*), physique (*d*), ainsi que les TDs d'informatique du mercredi (*e*), les TDs d'informatique du vendredi (*f*) et les TDs de mathématiques du lundi (*g*). Le symbole *a1* désigne donc la première heure de colle de chimie, *d7* la dernière heure de colle de physique. En TDs, *g1* et *g7* identifient des groupes dont l'ordre ne sera pas distingué.

Les élèves des groupes *A*, *B* et *C* font de l'allemand, les autres font de l'anglais. Les groupes *A*, *D*, *E* et *F* font une seconde langue.

Du fait de l'existence d'un nombre impair de groupes, il est possible d'utiliser une case vide (position fixée, marquée *X*) ou bien un groupe fantôme (position variable, dénommée *N* ici, après *M*).

Les blocs

On réalise un contrôle de cohérence, en vérifiant que tous les groupes d'un bloc sont distincts. À partir d'une matière test (*p*), ou bien de deux matières test (*p* et *s*), (*e* et *f* en Spé PC, par exemple), on peut envisager la constitution de différentes associations :

- 1) '*p*' tous les groupes de la matière *p* doivent être distincts
- 2) '*ps*' deux sous ensembles passent la même semaine
- 3) '*pp*' cohérence sur deux semaines consécutives
(cas d'un passage tous les quinze jours)
- 4) '*pps*' cohérence sur trois sous ensembles
(cas d'un passage tous les quinze jours)
- 5) '*ppp*' cohérence sur trois semaines consécutives
(cas d'un passage toutes les trois semaines)
- 6) '*ppss*' cohérence sur quatre sous ensembles
(cas d'un passage tous les quinze jours)
- 7) '*pppp*' cohérence sur quatre semaines consécutives
(cas d'un passage toutes les quatre semaines)

Le *cycle* constitue un sous-ensemble de semaines consécutives à optimiser simultanément. Dans la version actuelle du programme, il n'a été prévu que des blocs de longueur 1, 2, 3 ou 4 semaines. La longueur des cycles est donc le PPCM des longueurs des blocs, soit 12 au maximum.

Les nombres de semaines de colles et de semaines optimisées doivent être multiples de la durée du cycle.

Les impossibilités

Pour des raisons de simplification, le programme teste toutes les incohérences dans la distribution des groupes. Il est nécessaire d'indiquer toutes les incompatibilités que l'on désire éviter dans la réalisation du tableau final. Les conditions redondantes ne font que diminuer la vitesse de traitement du programme (ce qui n'est pas très gênant ici).

1) Les conflits matière / matière

On désire regrouper en une même semaine les colles de chimie / mathématiques et les colles de LV1 / physique. Il est donc exclu de réaliser *ad* (chimie / physique), *ab* (chimie / LV1), *cd* (mathématiques / physique) et *bc* (LV1 / mathématiques).

2) Les conflits heure / matière

Il faut éviter la coïncidence des heures de colles et des heures de TDs, ainsi les colles *b1*, *c1*, *c2* et *c3* sont incompatibles avec le TD de mathématiques du lundi (*g*), puisque les élèves ne pourraient se restaurer (*c1* et *c2*), ou bien se trouver en deux endroits simultanément (*b1* et *c3*).

3) Les conflits heure / groupe

Les élèves qui participent au cours de LV2 ne peuvent passer en colles. On doit donc exclure les groupes *ADEF* et les colles *a1*, *a2*, *c4* et *c7*.

4) Les obligations heure / groupe

On doit faire coïncider les groupes *ABC* et les colles d'allemand.

5) Les exclusions heure / heure par coïncidence

Les élèves ne peuvent passer deux colles simultanément.

c1c2 : exclusion réalisée par construction (contrôle de cohérence des blocs), un groupe de colles ne passe pas deux fois la même semaine, dans la même matière.

b1c3 : exclusion déjà réalisée par la condition matière / matière.

a1c4 : conflit à expliciter.

6) Les conflits heure / heure par successions

Les élèves ne peuvent passer deux colles qui se suivent, ce qui permet de compenser les retards éventuels. Comme dans le cas précédent, on ne conserve que les conflits à expliciter. Sur 32 successions à contrôler, il n'en subsiste que 12 à écrire effectivement.

Les aménagements

Puisque le mercredi ne comporte que des heures de TDs et des heures de colles, on se propose de permettre aux élèves de ne pas venir au lycée un mercredi sur deux. Il faut donc essayer de coupler les heures de TDs de mathématiques et d'informatique avec les heures de colles de l'après-midi. Si un groupe a TDs de mathématiques le lundi, il n'a ni TDs d'informatique, ni colles le mercredi. Ce qui conduit à proposer la résolution des conflits suivants :

eg : conflit matière / matière.

a4g : conflit heure / matière.

Les aménagements sont facultatifs, et ne seront traités que si la résolution de tous les conflits est possible.

La stratégie de résolution des conflits

Dans une première approche, j'ai réalisé ce programme pour apporter une aide aux tests des conflits lors du remplissage du tableau "*à la main*". En effet il semble tout à fait impossible de trouver, à l'aide de l'ordinateur, une solution en réalisant toutes les permutations possibles des groupes de colles sur une quinzaine.

Pour la classe de Spéciale PC avec 13 groupes on obtient ainsi sur une quinzaine :

$$13! \times (14!)^3 \times C_{13}^4 \times C_9^4 \times C_{13}^6 \quad \text{soit environ } 6,4 \cdot 10^{50} \text{ configurations possibles.}$$

Et $4,5 \cdot 10^{609}$ configurations possibles sur 24 semaines !

D'autre part le nombre de tests à réaliser est suffisamment grand pour qu'il semble difficile de ne pas en oublier sans l'aide de l'ordinateur (2110 tests par quinzaine).

1) Optimisation des colles

Pour chacune des matières, on tire au hasard (en utilisant la fonction *random* du Pascal) un certain nombre p de cases d'un bloc, pour lesquelles on effectue l'ensemble de toutes les permutations possibles.

Un poids est associé à chaque type de conflit, en fonction de son importance. On calcule pour chaque permutation les conflits qui apparaissent, et le poids total que représentent ces conflits. On sélectionne la permutation qui présente le poids minimal.

Les poids associés à chaque type de conflits sont choisis "*en progression géométrique*" (0, 1, 7, 23, 71, 223).

Pour le nombre p de cellules permutées, une valeur de 5 a été retenue, permettant d'obtenir la meilleure efficacité. On effectue donc les $5! = 120$ permutations possibles. L'efficacité de la recherche diminue sensiblement au-delà de $p = 7$.

2) Optimisation des TDs

La stratégie est la même que pour les colles. Il n'est pas tenu compte de l'équivalence des permutations, dans les groupes de TDs.

3) Fonctionnement global

On effectue l'optimisation par matière et par bloc, jusqu'à ce qu'un cycle ne contienne plus d'erreur de placement. On arrête alors l'optimisation du cycle. La puissance de calcul est utilisée pour traiter les autres cycles.

Après échec d'un certain nombre n de séquences d'optimisation, on peut supposer que la configuration ne permet pas d'atteindre une solution. Il semble plus efficace de réinitialiser tous les groupes du cycle, et de repartir sur une nouvelle recherche.

La valeur de n est fixée en additionnant les nombres de séquences d'optimisation des 4 premiers cycles réussis. Initialement fixée à 222, elle peut être réglée à différentes valeurs en cas de difficulté.

Il est possible de traiter un nombre de semaine plus grand que nécessaire. Cette propriété sera utilisé lors de l'optimisation finale.

L'optimisation finale

1) Dispersion maximale

Il semble intéressant de privilégier une dispersion maximale des passages en colles, de façon à ce que les élèves rencontrent tous les colleurs. Il peut aussi être utile de favoriser la régularité des passages une semaine sur trois par exemple.

Tout en continuant à utiliser la stratégie d'optimisation décrite précédemment, on calcule le χ^2 de la distribution des passages en colles. On choisit pour chaque bloc la distribution testée sans conflit, qui produit un χ^2 minimal.

Les itérations se poursuivent tant que la recherche a permis une diminution de la valeur du χ^2 .

2) Sous matrice minimale

Comme il a été possible d'obtenir un nombre de solutions plus important que nécessaire, on choisit les solutions qui présentent un minimum de similitudes entre elles.

On calcule la matrice des similitudes entre cycles, puis par combinaisons on sélectionne une sous matrice présentant les coefficients minimaux.

Ce calcul est très sensible à la taille de la matrice puisque le programme génère toutes les combinaisons possibles des cycles. Il est donc fortement conditionné par la taille des cycles, et le nombre de semaines traitées.

Soit c la taille des cycles, n le nombre des semaines de colles, N le nombre des semaines à optimiser : alors on réalise $C_{N/c}^{n/c}$ combinaisons.

3) Sous diagonale minimale

Lorsque la sous matrice minimale est extraite, on effectue des permutations pour obtenir une sous diagonale minimale. Ceci garantit que les cycles successifs présentent des similitudes minimales.

Comme dans le cas de la recherche de la sous matrice, il semble trop long d'effectuer toutes les permutations, aussi le programme est-il limité aux alentours de 4 millions d'essais, lorsque le nombre des cycles est supérieur à 10.

Le programme affiche le nombre moyen de similitudes et la valeur de la sous diagonale obtenue, ce qui permet d'apprécier la qualité d'une solution.

4) Remarques complémentaires

Il n'est pas nécessaire d'avoir optimisé l'ensemble de toutes les semaines pour obtenir une solution satisfaisante. Il suffit que le nombre de semaines optimisées soit compris entre n et N .

Il est possible d'arrêter le programme et de repartir avec les mêmes données un peu plus tard. Pour rechercher une nouvelle solution, il suffit de changer le nom du fichier contrôle (quatre lettres au maximum pour la compatibilité avec DOS : *aaaa.txt*). Les données se trouvent dans le fichier *aaaa_dat.txt*, les résultats sont placés dans *aaaa_res.txt*.

Les performances du programme

Les tests de vitesse de traitement sont réalisés avec un K6-266, le programme est écrit en Turbo Pascal. L'optimisation s'effectue sur les données de la Spéciale PC.

1) Recherche de la solution

Il faut environ 15 secondes pour optimiser une quinzaine. Le nombre moyen de tours d'optimisation effectués est de l'ordre de 50. Ceci conduit à un nombre total de tests égal à $2110 \times 5! \times 50 = 12\,660\,000$. Le programme réalise donc environ *un million de tests par seconde*.

Avec 28 semaines, le temps de recherche total est de l'ordre de 210 secondes. Moins de 4 minutes. Avec 72 semaines, le temps total nécessaire est de moins de 10 minutes. La variation est linéaire, mais la durée varie assez nettement d'un essai à l'autre.

Si aucun cycle n'a pu être optimisé en 10 minutes, on peut en déduire que le nombre de solution n'est pas très grand. Il semble alors préférable de rechercher une modification des données pour faciliter l'apparition de solutions.

L'échec de la première recherche avec aménagements, à conduit à effectuer les séances de TDs d'informatique un mercredi sur deux, et tous les vendredis, au lieu de ce qui était initialement prévu (tous les mercredis, un vendredi sur deux).

2) Optimisation du χ^2

Avec 28 semaines l'optimisation de χ^2 s'effectue en 160 secondes. Avec 72 semaines, le temps total est de l'ordre de 20 minutes. La variation est quadratique.

3) Recherche de la sous matrice minimale

Le nombre de combinaisons varie rapidement avec les nombres de semaines traitées. Avec 28 semaines, ce nombre est égal à $C_{14}^{12} = 91$. Avec 72 semaines, ce nombre atteint $C_{36}^{12} = 1\,251\,677\,700$. Il faut alors avoir la patience d'attendre 3 heures environ.

On peut remarquer que le gain obtenu avec 72 semaines n'est pas très grand par rapport au résultat obtenu avec 48 semaines. Il est plus efficace de réaliser plusieurs essais indépendants avec un nombre réduit de semaines, en effet $C_{24}^{12} = 2\,704\,156$ seulement, et le temps d'attente n'est que de l'ordre de 20 secondes.

4) Optimisation de la sous diagonale

Le maximum de 4 millions d'essais permet de trouver une solution satisfaisante en moins d'une vingtaine de secondes.

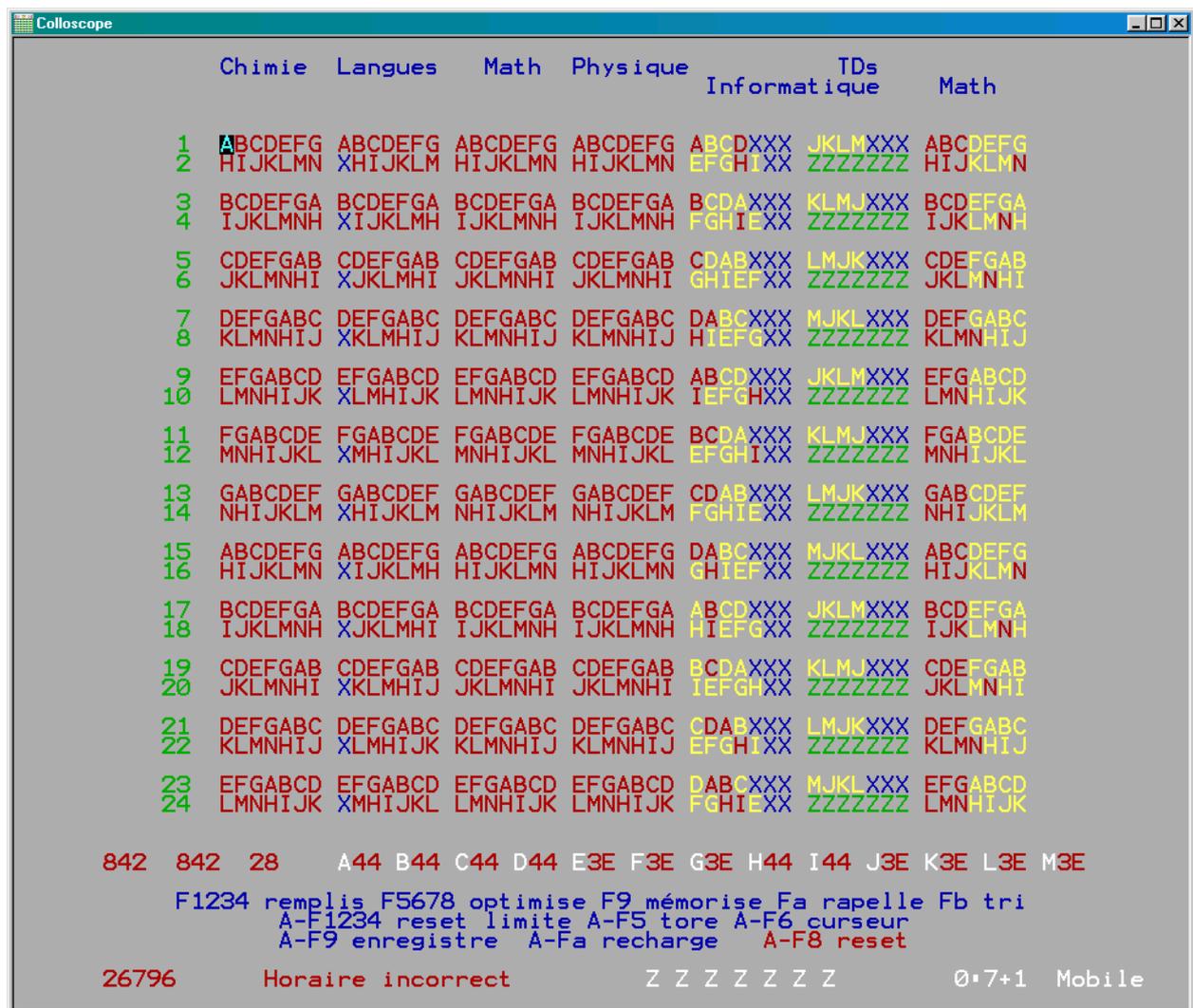
5) Remarques complémentaires

La phase d'optimisation s'est avérée environ trois fois plus rapide dans le cas de l'autre classe testée, la Spéciale TB.

Avec l'aide de ce programme, il semble possible de réaliser le kholloscope en une heure. Moitié du temps à créer la liste des conflits, l'autre moitié consacrée à l'exécution du programme, et l'optimisation de la liste des contraintes.

Annexes

L'affichage



L'initialisation par permutations circulaire produit 842 conflits. Il faut optimiser 28 semaines. Le programme réalise 26796 tests. Aucun aménagement n'est activé.

Colloscope

	Chimie	Langues	Math	Physique	Informatique	TDs	Math
1	WNLHLEAG	BCDKJFI	NAMLEHG	KFICBDJ	FHJMXXX	AIKLXXX	CDFIJKL
2	BKJFIDC	XEMGHAL	IFJCDBK	AGEHNL	BCDEGXX	ZZZZZZZ	ABEGHMN
3	NGJEBLD	ACIHFKM	NJEBLDG	HCFKMAI	ADJMXXX	BEHLXXX	BFGIKLM
4	ICFMAKH	XBDLJEG	FIKHAMC	NJEBDGL	CFGIKXX	ZZZZZZZ	ACDEHJN
5	NHFKIJB	ACDEGML	NJFIAKB	LMCDAEG	DEHMXXX	BFIKXXX	BCEHILM
6	LGAEDCM	XBHKIJF	HCLMDEG	BJFIHNC	ACGJLXX	ZZZZZZZ	ADFGJKN
7	INFDGCA	CBHJEML	CFDNGAI	EMLBJHK	BCHIXXX	AGKLXXX	ABEJMLN
8	LMEBHKJ	XAFIDCK	EKLJHEM	NDGACFI	DEFJMXX	ZZZZZZZ	CDFGHIN
9	INADFGI	BCEMHKJ	IAFGLDN	CJMKEBH	EGHIXXX	ADLMXXX	CEHJMLN
10	KBJHMEC	XAFDILG	MCJHEBK	ALINGFD	BCFJKXX	ZZZZZZZ	ABDFGIK
11	JGNCEFD	AMKILBH	JGENFDC	IHBMAKI	BFGMXXX	DHIJXXX	BCFHMLN
12	MKHIBAL	XCJGFDE	MLHBAKI	DNJCEGF	ACEKLXX	ZZZZZZZ	ADEGIJK
13	MJBNDHF	ACIKGEL	BDMNFHJ	ICEKLAG	ABFHXXX	DIKMXXX	EFGIKLN
14	GLIKACE	XBJJMDF	GKICAEI	BDNJHFM	CEGJLXX	ZZZZZZZ	ABCDHJM
15	CKFIMAG	ABLDEHJ	CFCMAIK	JEDBLNF	ABGLXXX	CDFKXXX	BDEHJLM
16	NHJDLEB	XCGIFMK	LHJBEDN	GKCMHIA	EHIJMX	ZZZZZZZ	ACFGIKN
17	GKFLEMA	CBIHDFJ	FGLMEAK	IHBDNJC	GJKMXXX	ACEHXXX	ABDEHJM
18	BIDHJCN	XAEGCLK	BDJCHIN	AMKLFEG	BDFILXX	ZZZZZZZ	CFGIKLN
19	HBGJEFN	BAEMKHD	JNELFGH	MKDACIB	GHKLXXX	DFJMXXX	ACDGILM
20	CKLMDAI	XCLFGIJ	CDAMBKI	FHGLJEN	ABCETXX	ZZZZZZZ	BEFHJKN
21	GLNFJDC	ABEHIKM	NDGJFLC	MHBKEAI	GHKLXXX	CDJMXXX	CEIJKLM
22	BKEMHIA	XCDGLFJ	MIKHAEB	NCFLJDG	ABEFIXX	ZZZZZZZ	ABDFGHN
23	JGAEFCH	BAMIDLK	JFCHEAG	BILKNMD	CHKMXXX	BGIJXXX	DGIKLMN
24	LKDINBM	XCEJGFH	DLMNIBK	CAFJEHG	ADEFLLX	ZZZZZZZ	ABCEFHJ

62 0 20 A F B 3 C 6 D 0 E 7 F 6 G 0 H 9 I 3 J 3 K 3 L 3 M 4

F1234 remplis F5678 optimise F9 mémorise Fa rapelle Fb tri
A-F1234 reset limite A-F5 tore A-F6 curseur
A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

26796 91.0 1089 1932 26 Z Z Z Z Z Z Z 0*7+1 Mobile

Il reste 62 conflits à traiter, et 20 semaines à optimiser.
 Le programme de recherche a obtenu quelques succès.

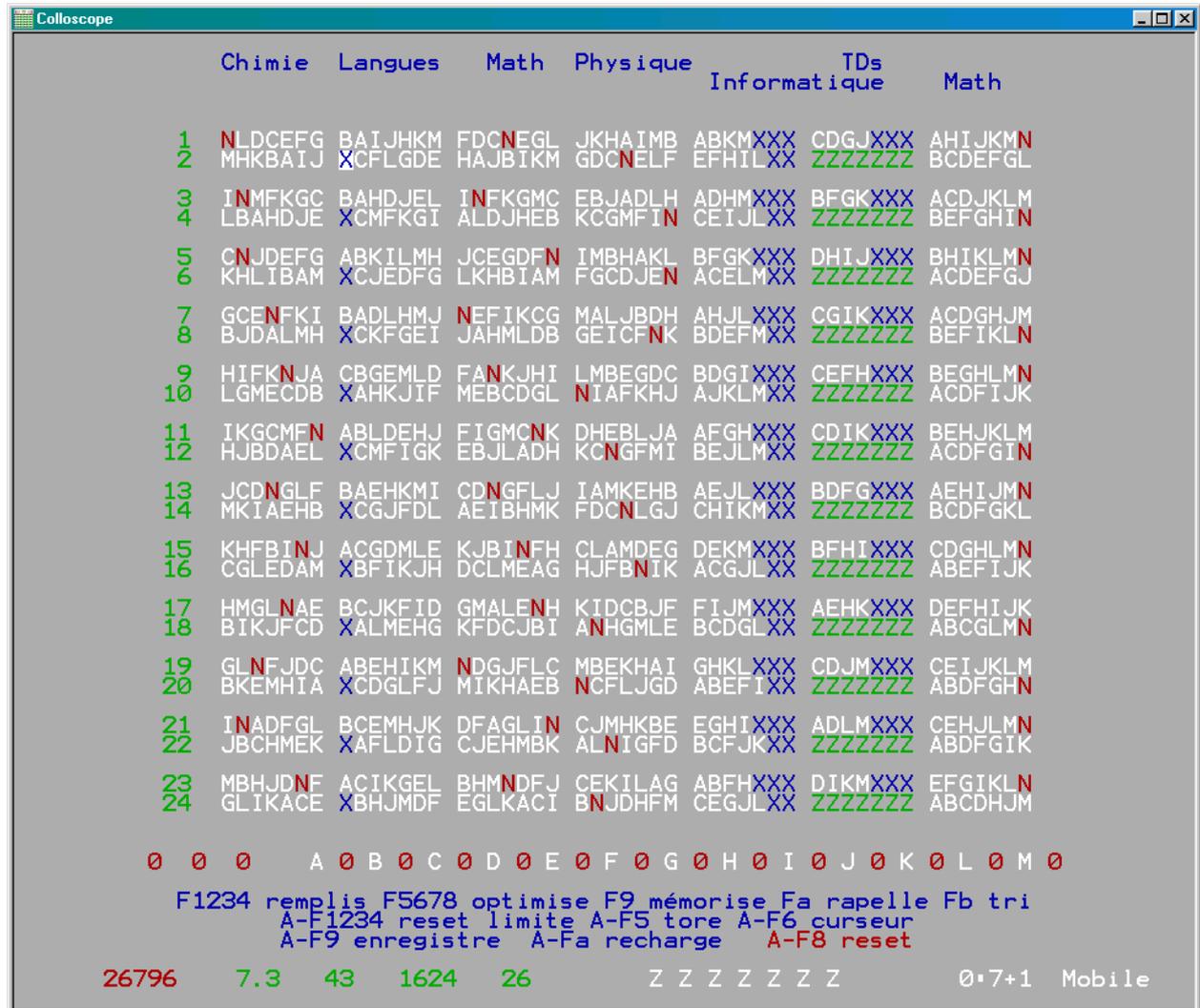
	Chimie	Langues	Math	Physique	TDs Informatique	Math	
1	MGALEHN	BCIDJFK	MNALEHG	KFICBDJ	FIJMXXX	AEHKXXX	DEFHIJK
2	BKJFIDC	XAMGEHL	FKJCDBI	ANHEGLM	BCDGLXX	ZZZZZZZ	ABCGLMN
3	NGJEBLD	ACIHFKM	NJEBLDG	HCFKMAI	ADJMXXX	BEHLXXX	BFGIKLM
4	ICFMAKH	XBDLJEG	FIKHAMC	NJEBDGL	CFGIKXX	ZZZZZZZ	ACDEHJN
5	KHFNIJB	ACEDGML	KJFINHB	LACMDEG	DEKMXXX	BFHIXXX	CDGHLMN
6	LGAEDCM	XBIHKJF	DCLMEAG	BJFIHNC	ACGJLXX	ZZZZZZZ	ABEFIJK
7	KNIJAFH	CBGEMLD	FINJAKH	MCBLGDE	BDGIXXX	CEFHXXX	BEGHLMN
8	GLDECMB	XAHKJFI	BGMCEDL	IANKFHK	AJKLMAX	ZZZZZZZ	ABDFIJK
9	INADFGI	BCEMHKJ	IAFGLDN	CJMKEBH	EGHIXXX	ADLMXXX	CEHJLMN
10	KBJHMEC	XAFDILG	MCJHEBK	ALINGFD	BCFJKXX	ZZZZZZZ	ABDFGIK
11	JNDCEFG	ABKHLMI	JGENFDC	IMBHAKL	BFGKXXX	DHIJXXX	BHIKLMN
12	MKHIBAL	XCJEFDG	KLHBAIM	FCJDEGN	ACELMXX	ZZZZZZZ	ACDEFGJ
13	MJBNDHF	ACIKGEL	BDMNFHJ	ICEKLAG	ABFHXXX	DIKMXXX	EFGIKLN
14	GLIKACE	XBHJMDF	GKICAEI	BDNJHFM	CEGJLXX	ZZZZZZZ	ABCDHJM
15	IKNCMFG	ABLDHEJ	NIGMFCK	DHEBLJA	AFGHXXX	CDIKXXX	BEHJKLM
16	HJBDAEL	XCIFKGM	EBJLADH	FKCGNMI	BEJLMXX	ZZZZZZZ	ACDFGIN
17	IMNFKGC	BADHJEL	INFKGMC	EBAJHLD	ADHMXXX	BFGKXXX	ACDJKLM
18	LBEADHJ	XCMFGKI	ALDJHEB	MCGKFIN	CEIJLXX	ZZZZZZZ	BEFGHIN
19	GCENFIK	BADHLJM	NEFIKCG	MALJBDH	AHJLXXX	CGIKXXX	ACDGHJM
20	BLDAHMJ	XCKFGEI	JDHMABL	GEICFNK	BDEFMXX	ZZZZZZZ	BEFIKLN
21	GLNFJDC	ABEHIKM	NDGJFLC	MHBKEAI	GHKLXXX	CDJMXXX	CEIJKLM
22	BKEMHIA	XCDGLFJ	MIKHAEB	NCFLJDG	ABEFIXX	ZZZZZZZ	ABDFGHN
23	JCDNGLF	BAEHKMI	GDCNFLJ	BAMKIEH	AEJLXXX	BDFGXXX	AEHIJMN
24	MKIABEH	XCGJFDL	AEIBHMK	FDCNLGJ	CHIKMXX	ZZZZZZZ	BCDFGKL

0 0 0 A 0 B 0 C 0 D 0 E 0 F 0 G 0 H 0 I 0 J 0 K 0 L 0 M 0

F1234 remplis F5678 optimise F9 mémorise Fa rapelle Fb tri
A-F1234 reset limite A-F5 tore A-F6 curseur
A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

26796 10.5 106 2040 26 Z Z Z Z Z Z Z 0*7+1 Mobile

Il ne reste plus de conflits à traiter, la durée moyenne de recherche a été de 26 séquences. Une solution avant optimisation : coefficient moyen de la matrice de similitudes 10.5 / sous diagonale 106 / χ^2 égal à 2040.



La solution précédente après optimisation : coefficient moyen de la matrice de similitudes 7.3 / sous diagonale 43 / χ^2 égal à 1624.

```

Colloscope
Chimie  Langues  Math  Physique  TDs
                                         Informatique  Math

 1 JHDKANF CBEIMLG JKANFDH ELMBGCI BCJLXXX ADEHXXX BDEFGHL
 2 GIMCLBE XADKHFJ GBELCMI AFHDNJK FGIKXXX ZZZZZZZ ACIJKMN

 3 BMNJGEF ACIDLHK GMNJEFB HCLKIDA ABIMXXX EGJKXXX CDEHIJK
 4 LCIADKH XBGMJF ICHKDAL GEBJFNM CDFHXXX ZZZZZZZ ABFGLMN

 5 GLCHFND BAMJEKI FLCHNDG IAKEJBM BDEKXXX HILMXXX AGHIKMN
 6 KIAEBJM XCLHGDF KAIBJEM DNFCBLG ACFGJXX ZZZZZZZ BCDEFJL

 7 NLHG DFA CBKMIEJ DHLGAFN MBEIJKC BIJLXXX CDHMXXX BEFGIJK
 8 IKEMJCB XAGDLHF JBECMKI LHANDGF AEFKXXX ZZZZZZZ ACDGHJL

 9 MJKNFAD CBHEGLI AJKNFDM HBLGCIE BJLMXXX DEFKXXX BEFGILM
10 CGLBEHI XADFKJM LEBIHCG JAMFNDK ACGHXXX ZZZZZZZ ACDHJKN

11 NHDFCGE BAILJMK EDNCGFH BMJAKLI DIJMXXX BCGHXXX ACIKLMN
12 JMABILK XCFGHDE MLIBKAJ CDNHFEF AEFKXXX ZZZZZZZ BDEFGHJ

13 CLJENIM ABHFDKG NECMIJL FBHKGAD ABDMXXX EFIJXXX BDFGHL
14 BGFADKH XCILJEM DFHKAGB INECLMJ CGHKLXXX ZZZZZZZ ACEIJMN

15 JKADENL CBMIHFG ADJNELK FIBMCGH ACILXXX DEKMXXX EFHILMN
16 HCGIMBF XAJDLEK HMFIBCG NEDAJKL BFGHJXX ZZZZZZZ ABCDGJK

17 CNEFMDG ABKHJIL NFDMGEC KILBAHJ DHIJXXX CEKLXXX BEGJKLN
18 KBILHAJ XCEDFGM KJLHAIB CFDG MEN ABFGMXXX ZZZZZZZ ACDFHIM

19 LNFHGCD BAMJKIE FCDGHNL AKIMEJB EIJKXXX DHLMXXX AEGHKMN
20 MKBEJIA XCFHGLD EAMIJBK LGCNDFH ABCFGXX ZZZZZZZ BCDFIJL

21 HJNFAMK CBEIDGL MNAKFHJ GLBDICE BDLMXXX EHJKXXX BFGHILN
22 ICGDLEB XAKJMFH BIGLDEC MJFANHK ACFGIXX ZZZZZZZ ACDEJKM

23 NGHLCFD ABJMIKE DGFLHN BMKJEA I AFIKXXX GHJMXXX CEJKLMN
24 MBEKAJI XCLGFHD EKMJABI NHCLDGF BCDELXXX ZZZZZZZ ABDFGHI

 0 0 0 A 0 B 0 C 0 D 0 E 0 F 0 G 0 H 0 I 0 J 0 K 0 L 0 M 0
F1234 remplis F5678 optimise F9 mémorise Fa rapelle Fb tri
A-F1234 reset limite A-F5 tore A-F6 curseur
A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

26796 7.1 40 1600 21 Z Z Z Z Z Z Z 0*7+1 Mobile
    
```

Une meilleure solution : coefficient moyen de la matrice de similitudes 7.1 / sous diagonale 40 / χ^2 égal à 1600.

Colloscope

	Chimie	Langues	Math	Physique	Informatique	TDs	Math
1	LB EICGD	NAJKFMH	IECGDLB	NKAMHJF	EJKLMXX	BCDIXXX	ABDFGHN
2	HMNFAKJ	BCDGL EI	AFNKJHM	DGCEIBL	ZZZZZZZ	AFGHXXX	CEIJKLM
3	LIFADBH	CNMJKGE	DIABHFL	NJMGCEK	CFIJMXX	ABDLXXX	BEGHKLN
4	KNCEGJM	BALHDIF	NGEJM KC	LHIABFD	ZZZZZZZ	EGHKXXX	ACDFIJM
5	IJHNEKA	CBFG LDM	EHANKJI	FCDBGML	ACGHJXX	EFIKXXX	BDIKLMN
6	CBLDMGF	NAIKJHE	LBMGFDC	INAHEKJ	ZZZZZZZ	BDLMXXX	ACEFGHJ
7	GKANFDI	BCELHJM	FAKIDGN	ELCJMBH	ABGKLXX	DEFIXXX	CDHIJMN
8	CHBMJLE	NADIKFG	CMJLEHB	DIAFNGK	ZZZZZZZ	CHJMXXX	ABEFGKL
9	BGHJDMA	CN LIEKF	JDHMABG	NIKEFLC	BCHILXX	ADGJXXX	A EFGKMN
10	INFKECL	ABMGHJD	EFKLCNI	MGJBD AH	ZZZZZZZ	EFKMXXX	BCDHIJL
11	MLANDEK	BCJHIFG	MDNKEAL	JHFCGBI	ABEHMXX	DJKLXXX	CFGIKLN
12	CIHFGBJ	NAKLDEM	FCGJBIH	KLEANMD	ZZZZZZZ	CFGIXXX	ABDEHJM
13	JKANIHG	CBFMLDE	GAJIHNK	FMDBECL	ACGJMXX	FHIKXXX	BDEHKLN
14	BMDELFC	NAHKJGI	LDBC FEM	HNGAKIJ	ZZZZZZZ	BDELXXX	ACFGIJM
15	IBJENLD	ACKHMFG	DIELNBJ	AHFCGKM	BDHIKXX	AEJLXXX	CFGJLMN
16	KCFGMAH	NBLJTIED	FCMHAGK	LJBENDI	ZZZZZZZ	CFGMXXX	ABDEHIK
17	BLECIDG	ANJMFKH	ELIGDCB	NMKFHJA	AEJLMXX	BCDIXXX	BDFGHKN
18	NHMFKJA	BCGDEIL	HKNUJAFM	GDICBLE	ZZZZZZZ	FGHKXXX	ACEIJLM
19	JKAHNF I	CBLMGED	AJIHFNK	MCEBLDG	ACIJLXX	FHKMXXX	BDEFGKN
20	GMEBDLC	NAKFHJI	BGD CLEM	KFJAINH	ZZZZZZZ	BDEGXXX	ACHIJLM
21	GJMECKB	NAHILDF	JECKBMG	NIADFHL	HIJLMXX	BCEKXXX	ABDFGKN
22	HND AFIL	BCGKEJM	DNFLIAH	GBJCKME	ZZZZZZZ	ADFGXXX	CEHIJLM
23	KCMFNJE	ABGIDHL	KCENJFM	IABHLGD	ACEGKXX	FIJMXXX	BDHJLMN
24	BHGDLAI	NCMJKFE	BLHIADG	JNCFMEK	ZZZZZZZ	BDHLXXX	ACEFGIK

0 0 0 A 0 B 0 C 0 D 0 E 0 F 0 G 0 H 0 I 0 J 0 K 0 L 0 M 0

F1234 remplis F5678 optimise F9 mémorise Fa rapelle Fb tri
A-F1234 reset limite A-F5 tore A-F6 curseur
A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

52750 9.1 54 1878 222 Z Z Z Z Z Z Z 8*7+1 Mobile

Une solution avec aménagements : coefficient moyen de la matrice de similitudes 9.1 / sous diagonale 54 / χ^2 égal à 1878.

Les paramètres de contrôle

Exemple de fichier de contrôle fondé sur l'exemple de la Spéciale PC :

Seules comptent les lignes de commande contenant des mots clés écrits en majuscule et placés en première position.

Les blancs sont pris en compte comme séparateur des arguments, sauf sur les lignes TITRE.

Sur les lignes de commande, les commentaires sont placés entre crochets, après les arguments.

Placer les définitions des groupes, colles, et TDs en début de fichier permet un contrôle de cohérence des données suivantes. Il faut donc respecter un certain ordre.

```

TITRE          Chimie  Langues  Math  Physique          TDs
TITRE                                     Informatique  Math

SEMAINES_EFFECTIVES 24
SEMAINES_OPTIMISEES 72
NOMBRE_GROUPES 13
COLLES abcd
TDS efg
BLOCS aa bb cc dd eff gg
OPTIMISATION 231456235          { numéros des blocs à optimiser }
CONSTRAINTES ad bc ab cd          { exclusion matière / matière }
COLLISIONS a4e a5e b1g b2f b5f b6f c1g c2g c3g d1e d5f d6f
                                     { exclusion heure / matière TDs }
CONFLITS a1c4 a2c4 a3c5 b5d5 b5d6 b7d7          { conflits heure / heure Colles }
OBLIGATIONS +b1ABC +b2ABC -a1ADEF -a2ADEF -c4ADEF -c7ADEF
                                     { exclusion (-) obligation (+) / heure / groupes }
SUCCESIONS a1c5 a2c5 a3c4 a5c6 a6c7 b2d5 b2d6 b2d7 b3d2 b6d5 b6d6 b6d7
                                     { successions à éviter heure / heure }
AMENAGEMENTS a4g a5g b3g b4g c6g d1g d2g eg
                                     { exclusions heure / matière et matière / matière }
DISPERSION abc          { colles / optimisation par dispersion des passages }
REGULARITE d          { colles / optimisation par régularité des passages }

```

Les touches de commande

Par convention :

'X' / case non utilisée.

'Z' / case vide.

'A'..'W' / 23 groupes de colles distincts possibles.

Flèches Home Fin / déplacer le curseur dans le tableau.

+ / augmenter le nombre d'aménagements traités.

- / diminuer le nombre d'aménagements traités.

Espace / restaurer un ancien caractère à partir du tampon.

Ctrl + Flèches / déplacer la fenêtre d'affichage du tableau.

F1 / remplissage matière par permutations circulaire sous-bloc.

F2 / remplissage matière par permutations circulaire bloc.

F3 / remplissage semaine par permutations circulaire sous-bloc.

F4 / remplissage tableau par permutations circulaire sous-bloc.

F5 / optimisation des colles par permutations.

F6 / optimisation automatique d'un cycle.

F7 / optimisation automatique globale.

F8 / optimisation χ^2 par matière puis minimisation.

F9 / enregistrer en mémoire.

F10 / restaurer depuis la mémoire.

F11 / trier les groupes par ordre alphabétique dans les TDs.

Alt-F1234 / réinitialiser la limite d'optimisation.

Alt-F5 / mode torique de déplacement du curseur.

Alt-F6 / changer le mode de déplacement du curseur.

Alt-F8 / effacer tout le tableau !

Alt-F9 / enregistrer sur disque.

Alt-F10 / restaurer depuis le disque.

Le vocabulaire

Vocabulaire utilisé dans le programme écrit en Pascal:

amenagements	améliorations non nécessaire des rotations
bloc	ensemble des colles d'une matière
chi_lim	si vrai, affichage des paramètres d'optimisation
chi2	valeur du paramètre de test de dispersion des groupes de colles
color	couleur d'affichage en cas d'erreur (jaune) ou sans erreur (blanc)
curseur	position du curseur (en haut à droite s'il est hors de la fenêtre - en haut à gauche lorsque le processus de recherche de solution ou d'optimisation est actif)
cycle	période des associations de semaines de colles
data_chi2	cumul des données pour le calcul du χ^2
difference	nombre de cellules permutées lors des permutations successives
duree_optimale	"durée optimale" de la recherche d'une solution
erreur	identification d'un conflit
erreur_groupes	nombres d'erreurs identifiées pour un groupe
groupe	identification des groupes de colles
heure	heure de passage
matrice	matrice des nombres de coïncidences entre cycles
max_periode	longueur maximale d'un bloc
memoire_tab	mémorisation du tableau de colles
mode_curseur	mode de déplacement du curseur (fixe ou mobile)
mode_torique	mode de déplacement du curseur dans le tableau
modified	modification des données
nb_elements	nombre des éléments à permuter
nb_erreurs	nombre total d'erreurs dans le tableau
nb_lignes	nombre de lignes affichées
nb_reussites	nombre de cycles correctement organisés
old_nber	ancien nombre d'erreurs
position	tableau des données à permuter ou combiner
premiere	première semaine affichée sur l'écran
similitudes	nombre de groupes/heures identiques dans deux cycles
sous_diagonale	nombre des similitudes entre deux cycles consécutifs
tableau	données du kholloscope
working	processus de recherche ou d'optimisation actif

Emploi du temps

	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Lundi	Math		Physique		LV1		TD Math	TD Math / Physique		EPS	
Mardi	Français		Math			Chimie	TIPE		LV1	LV2	1
Mercredi	TD Math			TD Info		2	2	3	3	3	3
Jeudi	Math		Physique		LV2		TP Physique Chimie				1
Vendredi	Physique		Chimie		TD Chimie		TD Info		2	3	3

En jaune, les horaires sans conflits (11 heures)

- 1) Horaire satisfaisant (2 heures)
- 2) Horaire peu satisfaisant (3 heures)
- 3) Horaire défavorable (6 heures)

En vert, les horaires coïncidant avec les cours / TDs (11 heures)

En magenta, les horaires produisant des conflits potentiels (3 heures)

Tableau initial des horaires

Chimie			
1	Mme C	Ma	17 - 18
2	M. T	Ma	17 - 18
3	M. T	Ma	18 - 19
4	Mme G	Me	12 - 13
5	Mme G	Me	13 - 14
6	Mme R	Je	13 - 14
7	M. T	Je	18 - 19
Allemand			
1	Mme L	Lu	14 - 15
2	Mme M	Ve	15 - 16
Anglais			
3	M. H	Me	15 - 16
4	M. H	Me	16 - 17
5	M. S	Ve	14 - 15
6	M. S	Ve	15 - 16
7	M. J	Ve	16 - 17
Maths			
1	Mme A	Lu	13 - 14
2	Mme S	Lu	13 - 14
3	Mme A	Lu	14 - 15
4	M. V	Ma	17 - 18
5	M. V	Ma	18 - 19
6	Mme E	Me	14-15 / 15-16
7	Mme S	Je	12 - 13
Physique			
1	Mme B	Me	13 - 14
2	M. G	Me	14 - 15
3	M. B	Je	13 - 14
4	M. M	Je	13 - 14
5	M. C	Ve	14 - 15
6	M. G	Ve	14 - 15
7	M. C	Ve	16 - 17

Tableau trié par heure de passage

<i>c1</i>	Mme A	Lu	13 - 14
<i>c2</i>	Mme S	Lu	13 - 14
<i>b1</i>	Mme L	Lu	14 - 15
<i>c3</i>	Mme A	Lu	14 - 15
<i>a1</i>	Mme C	Ma	17 - 18
<i>a2</i>	M. T	Ma	17 - 18
<i>c4</i>	M. V	Ma	17 - 18
<i>a3</i>	M. T	Ma	18 - 19
<i>c5</i>	M. V	Ma	18 - 19
<i>a4</i>	Mme G	Me	12 - 13
<i>a5</i>	Mme G	Me	13 - 14
<i>d1</i>	Mme B	Me	13 - 14
<i>d2</i>	M. G	Me	14 - 15
<i>c6</i>	Mme E	Me	14-15 / 15-16
<i>b3</i>	M. H	Me	15 - 16
<i>b4</i>	M. H	Me	16 - 17
<i>c7</i>	Mme S	Je	12 - 13
<i>a6</i>	Mme R	Je	13 - 14
<i>d3</i>	M. B	Je	13 - 14
<i>d4</i>	M. M	Je	13 - 14
<i>a7</i>	M. T	Je	18 - 19
<i>b5</i>	M. S	Ve	14 - 15
<i>d5</i>	M. C	Ve	14 - 15
<i>d6</i>	M. G	Ve	14 - 15
<i>b2</i>	Mme M	Ve	15 - 16
<i>b6</i>	M. S	Ve	15 - 16
<i>b7</i>	M. J	Ve	16 - 17
<i>d7</i>	M. C	Ve	16 - 17

Les horaires de colles

	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
<i>Lundi</i>	<i>Math</i>		<i>Physique</i>		<i>LV1</i>		<i>TD Math</i>	<i>TD Math / Physique</i>		<i>EPS</i>	
<i>Mardi</i>	<i>Français</i>		<i>Math</i>			<i>Chimie</i>	<i>TIPE</i>		<i>LV1</i>	<i>LV2</i>	
<i>Mercredi</i>	<i>TD Math</i>			<i>TD Info</i>	<i>TD Info</i>						
<i>Jeudi</i>	<i>Math</i>		<i>Physique</i>		<i>LV2</i>		<i>TP Physique Chimie</i>				
<i>Vendredi</i>	<i>Physique</i>		<i>Chimie</i>		<i>TD Chimie</i>		<i>TD Info</i>	<i>TD Info</i>			

Les horaires finalement adoptés par l'ensemble des colleurs

En magenta 1 heure de colles (5 fois)

En cyan 2 heures de colles simultanées (7 fois)

En vert 3 heures de colles simultanées (3 fois)

Pour un total de $5 + 2 \times 7 + 3 \times 3 = 28$ heures

Un kholloscope - Version professeur

Semaines	Chimie							Langues							Maths							Physique							TD Info		TD Maths																	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2																		
1	17/09-22/09	G	K	J	I	H	L	M	A	B	K	H	L	F	M	C	D	E	J	I	G	A	B	C	D	E	F	B	E	K	L	A	D	H	I	M	C	D	F	G	J	L	M					
2	24/09-29/09	A	C	E	D		B	F		C	G	J	I	D	E	A	B	M	H	L	F	K	M	G	I	J	K	L	H	C	F	G	J							A	B	E	H	I	K			
3	01/10-06/10	M	I	J	K	H	G	L	B	A	L	K	J	M	I	F	C	H	E	D	G	B	C	D	E	F	A	C	D	L	M	B	E	G	H	K	A	E	F	G	I	J	M					
4	08/10-13/10	C	D	A	E		F	B		C	E	G	D	H	F	B	J	I	K	L	M	A	G	I	J	K	L	M	H	A	F	I	J							B	C	D	H	K	L			
5	15/10-20/10	I	J	K	L	M	H	G	C	A	M	L	K	I	J	B	F	E	G		H	D	C	E	F	D	A	B	E	G	H	I	C	F	J	L	M	A	B	D	F	G	J	K				
6	22/10-27/10	E	A	D	F		B	C		B	G	F	D	H	E	J	I	K	L	M	A	C	G	J	K	M	L	H	I	A	B	D	K							C	E	H	I	L	M			
7	05/11-10/11	J	K	H	M	L	G	I	A	C	L	M	I	K	J	F	E	H	G		D	B	D	E	F	A	B	C	A	B	E	H	D	G	J	L	M	B	C	F	G	I	J	K				
8	12/11-17/11	A	D	F	B		C	E		B	G	F	E	H	D	L	K	I	M	A	C	J	J	K	M	L	H	G	I	C	F	I	K	A	C	D	I		A	D	E	H	L	M				
9	19/11-24/11	K	J	H	M	G	I	L	B	C	M	H	K	D	I	E	J	G	L		F	A	E	B	A	F	C	D	B	F	H	I	A	E	G	L	M	A	C	D	I	J	K	L				
10	26/11-01/12	D	F	B	A		E	C		A	L	J	E	F	G	H	M	K	C	D	I	B	I	L	K	H	G	M	J	C	D	J	K	B	H	J	L		B	E	F	G	H	M				
11	03/12-08/12	L	M	H	G	I	J	K	C	B	G	I	K	H	F	M	L	A	J		D	E	F	A	B	C	D	E	A	C	D	E	F	G	I	L	M	B	E	H	J	K	L	M				
12	10/12-15/12	F	B	C	E		A	D		A	J	E	D	L	M	I	F	K	H	G	B	C	L	M	H	G	I	J	K	B	H	J	K	E	F	G	K	M	A	C	D	F	G	I				
13	17/12-22/12	M	H	G	I	J	K	L	A	B	J	I	K	L	M	G	D	C	F		E	H	A	B	C	D	E	F	B	C	E	F	A	G	I	J	M	D	F	G	H	K	L	M				
14	07/01-12/01	B	C	E	F		D	A		C	H	D	G	F	E	M	B	L	J	A	K	I	M	H	G	I	J	K	L	D	H	K	L							A	B	C	E	I	J			
15	14/01-19/01	H	G	I	J	K	L	M	B	C	K	L	M	I	H	D	A	F	E		J	G	B	C	D	E	F	A	C	D	F	L	B	G	H	J	K	A	D	E	G	H	I	M				
16	21/01-26/01	B	E	A	D		F	C		A	D	G	F	J	E	B	L	H	K	C	I	M	H	G	I	J	K	L	M	A	E	I	M							B	C	F	J	K	L			
17	28/01-02/02	G	I	J	K	L	M	H	C	A	L	K	I	J	G	B	F	E	H		M	D	C	D	E	F	A	B	A	D	E	M	C	G	H	K	L	A	B	F	G	H	I	J				
18	04/02-09/02	E	C	D	A		B	F		B	H	F	E	M	D	C	J	A	L	I	G	K	G	I	J	K	L	M	H	B	F	I	J							C	D	E	K	L	M			
19	11/02-16/02	I	J	K	L	M	H	G	A	C	M	L	J	I	K	F	E	H	G		D	B	D	E	F	A	B	C				D	H	K	M						B	C	F	G	I	J	K	
20	04/03-09/03	A	D	F	B		C	E		B	F	G	E	H	D	L	M	C	I	J	K	A	I	J	K	L	M	H	G			A	C	F	J						A	D	E	H	L	M		
21	11/03-16/03	J	K	L	M	H	G	I	B	A	H	M	J	K	I	E	L	G	D		C	F	B	F	A	E	C	D			B	E	G	I	L					A	D	E	I	J	K	L		
22	18/03-23/03	D	F	B	E		C	A		C	L	E	D	G	F	K	B	I	M	A	J	H	J	K	L	M	H	G	I			A	F	I	J						B	C	F	G	H	M		
23	25/03-30/03	K	L	M	H	G	I	J	C	A	H	I	K	M	L	J	D	G	B		F	E	F	A	B	C	D	E				B	C	G	H						B	D	E	J	K	L	M	
24	01/04-06/04	F	B	C	E		A	D		B	J	D	F	G	E	A	I	M	H	L	K	C	K	L	M	H	G	I	J				D	E	K	L	M					A	C	F	G	H	I	

Un kholloscope - Version élèves

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	a3c3-e	b2d3-g	b1d5-e	b7d6-g	a7c5-fg	b3d1-f	b5d7-g	a4c6-f	a1c2-e	b4d2-e	a6c4-fg	a2c1-e	b6d4-g
2	b2d4-g	a1c6-f	a2c7-g	a5c2-f	b3d1	a7c5-g	a3c3-f	b6d3-g	b5d7-g	a6c4-g	b4d2	b7d5-g	a4c1-f
3	a3c6-e	b1d2-e	b2d3-g	b3d6-e	b7d5-g	b5d7-g	b6d4-g	a7c4-fg	a1c7-fg	a5c1-f	a2c3-e	b4d1-f	a6c5-e
4	b2d3-g	a1c7-g	a3c3-f	a6c5-g	a4c1-f	a5c2-f	a2c6-f	b3d1	b4d6	b6d4-g	b5d7-g	a7c4-g	b7d5-g
5	a6c6-e	b2d3-g	b1d2-e	b5d7-g	b6d4-g	b7d6-g	b4d1-f	a3c1-e	a4c3-f	a7c5-fg	a2c7-fg	b3d5-e	a1c2-e
6	b2d4-g	a2c6-f	a7c4-g	a3c3-f	a5c2-f	a4c1-f	a1c7-g	b5d7-g	b7d6-g	b4d2	b3d1	a6c5-g	b6d3-g
7	a5c1-f	b1d6-e	b2d3-g	a7c6-e	b7d5-g	a6c5-fg	b5d7-g	b4d2-e	a2c7-fg	b6d4-g	a1c2-e	a3c3-e	b3d1-f
8	b2d4-g	a3c7-g	a1c6-f	b7d5-g	a5c1-f	b3d1	a4c3-f	a6c4-g	b4d2	a2c2-f	b5d7-g	b6d3-g	a7c5-g
9	b1d6-e	b2d4-g	a6c5-e	b7d5-g	a3c2-e	a4c6-f	b4d2-e	a2c7-fg	b5d7-g	b6d3-g	a7c4-fg	b3d1-f	a1c1-e
10	a7c5-g	a2c2-f	b2d4-g	a4c6-f	b5d7-g	b7d6-g	a3c7-g	b4d2	a5c3-f	a1c1-f	b3d1	a6c4-g	b6d3-g
11	a6c2-e	b1d2-e	b2d4-g	b5d7-g	b6d3-g	a7c5-fg	b3d5-e	a1c7-fg	a5c4-f	b4d1-f	a3c1-e	a2c3-e	b7d6-g
12	b2d4-g	a6c5-g	a3c1-f	a5c2-f	a4c6-f	b4d2	a1c7-g	b3d5	b5d7-g	a7c4-g	b6d3-g	b7d6-g	a2c3-f
13	b2d4-g	a5c1-f	b1d1-f	b4d2-e	b5d7-g	b6d3-g	a7c4-fg	b7d6-g	b3d5-e	a6c3-e	a2c6-e	a1c2-e	a3c7-fg
14	a4c2-f	b2d4-g	a6c4-g	a7c5-g	a3c3-f	a5c1-f	b4d2	a1c6-f	a2c7-g	b7d5-g	b6d3-g	b5d7-g	b3d1
15	a7c5-e	b1d1-f	b2d4-g	a4c3-f	b4d2-e	a3c6-e	b5d7-g	b6d3-g	a2c1-e	b3d6-e	a6c4-fg	a1c7-fg	b7d5-g
16	b2d3-g	a6c4-g	a5c1-f	b5d7-g	a7c5-g	b6d4-g	a4c2-f	a3c3-f	b7d5-g	a1c7-g	b3d6	b4d2	a2c6-f
17	b2d3-g	a2c1-e	b1d1-f	b6d4-g	a4c6-f	a6c3-e	b3d6-e	a1c7-fg	a7c4-fg	b5d7-g	b7d5-g	a3c2-e	b4d2-e
18	a4c6-f	b2d4-g	a7c4-g	a5c1-f	b6d3-g	b7d5-g	a3c7-g	b3d1	b4d2	a1c3-f	a2c2-f	b5d7-g	a6c5-g
19	a7c3-e	b1d5-e	b2d3-g	b3d1-f	b5d7-g	b6d4-g	b7d6-g	a6c4-fg	a3c6-e	a2c7-fg	a4c5-f	b4d2-e	a1c2-e
20	b2d4-g	a7c4-g	a2c3-f	a6c5-g	a3c2-f	a4c6-f	a5c1-f	b3d1	b6d3-g	b4d2	b7d6-g	a1c7-g	b5d7-g
21	a5c3-f	b2d4-g	b1d2-e	b6d3-g	b4d1-f	a3c1-e	a7c5-fg	a1c2-e	a6c4-fg	b7d5-g	b5d7-g	a2c6-e	b3d6-e
22	b2d3-g	a3c3-f	a1c7-g	a4c1-f	a6c5-g	b5d7-g	b4d2	b6d4-g	b3d1	a2c6-f	a5c2-f	b7d5-g	a7c4-g
23	a3c1-e	b1d2-e	b2d3-g	a5c3-f	b7d5-g	b5d7-g	b6d4-g	a7c5-fg	a2c2-e	a6c4-fg	a1c7-e	b3d6-e	b4d1-f
24	b2d3-g	a6c5-g	a4c2-f	b5d7-g	a3c1-f	a5c3-f	a2c6-f	b4d1	b7d5-g	b3d6	b6d4-g	a7c4-g	a1c7-g