

Optimisation du colloscope

Après Luminy - Mai 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 colloscope 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 colloscope.

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 999, elle peut être réglée à 199 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. 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 $2110 \times 120 \times 50 = 12\,660\,000$. 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.

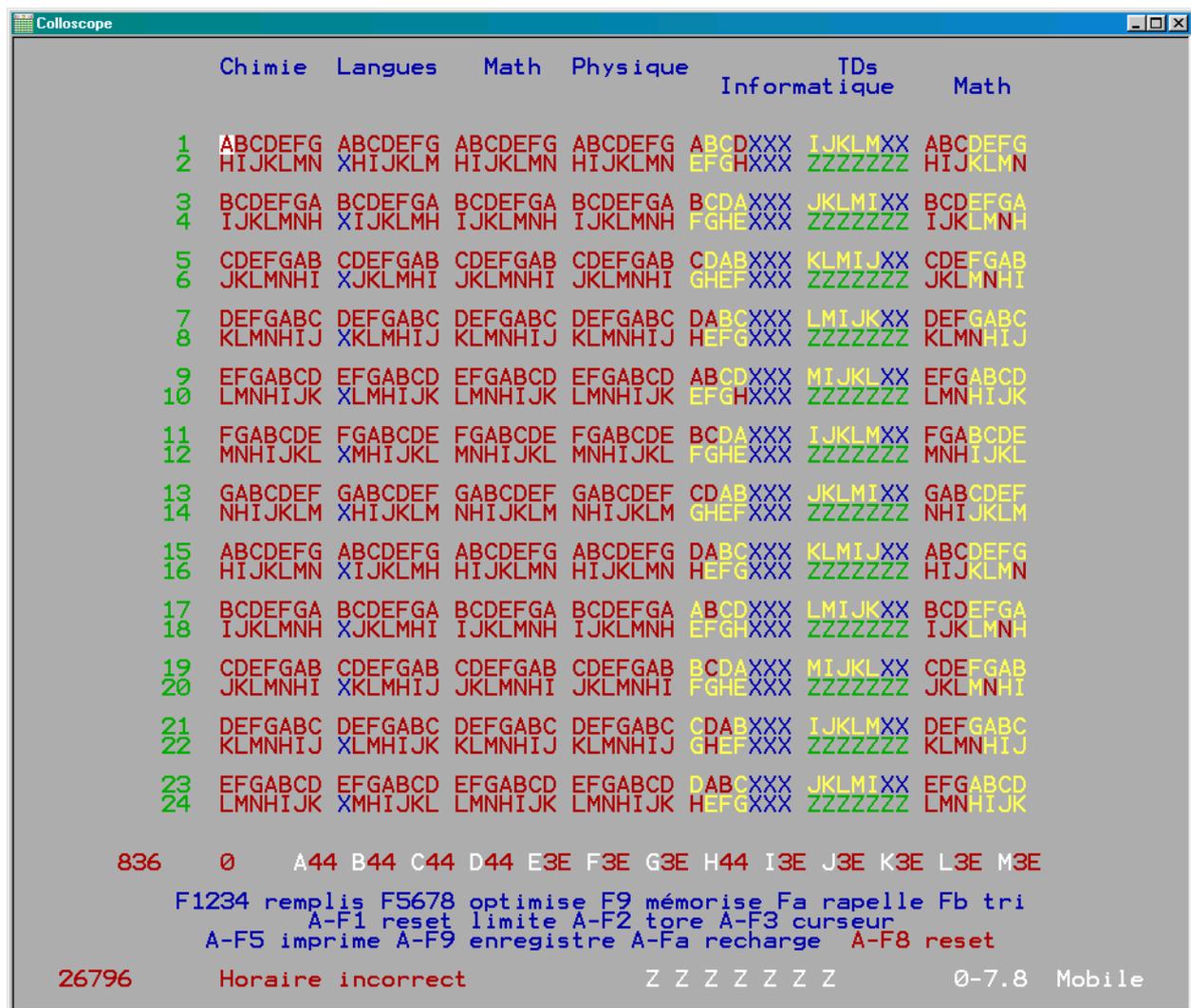
5) Remarques complémentaires

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 colloscope 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 836 conflits.
 Le programme réalise 26796 tests. Aucun aménagement n'est activé.

Colloscope

	Chimie	Langues	Math	Physique	Informatique	TDs	Math
1	HICGEMB	BADFJLK	EHBGATC	NKLAFMJ	MCDLXXX	GKBHIXX	CGJLDNF
2	JNDKLAF	XCTIEHGM	FJDKLMN	BCGHIED	AEFJXXX	ZZZZZZZ	KEAHBMI
3	JLKANGI	CBKEDFM	IGNMAHC	KBFDCEH	GFBDXXX	LJIMAXX	LFAEDJK
4	BCEFMDF	XGJTLAH	DJKLFEB	IGAJMNL	KECHXXX	ZZZZZZZ	MHICGNB
5	JGNEBMF	ACHKLMJ	MNFBEJG	LCHKIAD	FMGAXXX	EDBKHXX	HGBLDNI
6	HILKADC	XDFBGJE	IHLCADK	NEJMBFG	CILJXXX	ZZZZZZZ	AFECJMK
7	BHMIDCK	ABLJEFG	KHCIDBM	NELFAGJ	LGHFXXX	IKDCJXX	IFBNLDE
8	GNEJFAL	XCDHKMI	ENLJFAG	KCDMIBH	EBMAXXX	ZZZZZZZ	GHKCAJM
9	GHMNEDL	CAJIKBF	HGMLEDN	JIABFCK	BFGAXXX	IDELNXX	DEAFLBK
10	KCFIAJB	XMEGDLH	AKFJBCI	NDMLEHG	HCJKXXX	ZZZZZZZ	JMCHIGN
11	KHDLIAF	BAEMCGJ	FDKLIAG	BJMGNEC	DGAHXXX	LBKJNXX	GJHAEMC
12	CNMBJGE	XKHIFDL	EMCJNGB	LDHKAIF	CIEFXXX	ZZZZZZZ	KDBFNIL
13	CNEGDFE	ACJKGNB	FLDIGEB	JMCHNBK	EICBXXX	HJKDLXX	EGNHCKI
14	BHIJKLM	XHIFELD	KNHJCAM	EGILFDA	FAGMXXX	ZZZZZZZ	BDALFMJ
15	CGIJFEA	CBLFMKD	ELCJAHG	NKBLDFM	MHKIXXX	LJAGCXX	BKFDGHI
16	NHDKLMB	XIJEGAH	DIFKMNB	HIAGJEC	EFDBXXX	ZZZZZZZ	MENJLCA
17	LIDHAEK	CBMIGJF	DLCHKEI	FJMBCNG	MGBKXXX	FLAIHXX	HNIBFJA
18	GNFBMCJ	XAKLDHE	AFNBMGJ	ADHLEIK	DCJEXXX	ZZZZZZZ	DLGMCKE
19	NMHDKFA	CBLGIEJ	FMHKADN	JIBEGLC	EILAXXX	HDFKMXX	BKNELJ
20	GBCILEJ	XADMPKH	JBLIECG	DFKANHM	JCGBXXX	ZZZZZZZ	FCMAIDH
21	KNDMELF	CBDFAG	KDLHEJM	NIBACGF	HGIBXXX	EKJDLXX	BEHAGMJ
22	CIGBHAJ	XLEHJMK	BAGNFIC	JLMDKEH	FAMCXXX	ZZZZZZZ	KIFDCNL
23	IMNBEF	AJDKHCG	IENBFLM	JCGHADK	HIACXXX	GKMEFXX	JCLGDMK
24	CGDHAJK	XBILMFE	GCDJAHK	EMFBNLI	LBJDXXX	ZZZZZZZ	AFEHIBN

145 0 A11 B 9 C C D D E 3 F 9 G 7 H10 I C J B K 7 L E M F

F1234 remplis F5678 optimise F9 mémorise Fa rapelle Fb tri
A-F1 reset limite A-F2 tore A-F3 curseur
A-F5 imprime A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

26796 99.0 1089 1222 999 Z Z Z Z Z Z Z 0-7.8 Mobile

Il reste 145 conflits à traiter, le programme de recherche a obtenu un premier succès.

Colloscope

	Chimie	Langues	Math	Physique	Informatique	TDs	Math
1	HNDKEFA	CBJIMLG	DKENAFH	JILBCGM	AMLBXXX	KHFJDXX	HFMJGIB
2	ICBMJGL	XAFHKED	BIJMLGC	HEADNFK	IGECXXX	ZZZZZZZ	KECNALD
3	LGMAINH	CBJDEFK	MGNHALI	KDFBJCE	DMFBXXX	GAKIHXX	LFDHJKE
4	KCEBFDJ	XALGMIH	KJDBFEC	AMILGHN	CELJXXX	ZZZZZZZ	MGIACNB
5	LIGHAMB	CBEDFJK	LMIHAGB	KJDFCNE	LJCEXXX	KHGMIXX	EBDJFNK
6	JNDECfk	XAIHGLM	DKFCNEJ	LGAHIMB	DAFBXXX	ZZZZZZZ	MLIHCGA
7	LIHKMGA	CBDHJEF	IAHMGKL	BEFJCND	JEACXXX	FDIKGXX	EMNKFBJ
8	JBFCEON	XAKIMLG	JFECDBN	AMLKGHI	LHMBXXX	ZZZZZZZ	LCIHDAB
9	NHDLAIM	CBFEJGK	HIMLADN	CBGKFEJ	JGEFXXX	AMKDHXX	LGKDBEF
10	GBFEKcJ	XALMHDl	FKBCEJG	AHDIMLN	ILCBXXX	ZZZZZZZ	HAJINMC
11	HNGLAIM	CBEFKJD	IAGNLHM	JBDKFEC	KHCFXXX	MGLAIXX	LDHNJEF
12	CBJKFED	XAIHLGM	EFJKDCB	GLHAIMN	JBEDXXX	ZZZZZZZ	IGCMABK
13	IGNALMH	BCKFJDE	AGNLHMI	BDECKFJ	MFCKXXX	GLHIBXX	FINEJLD
14	BKJFCDE	XAMHGIL	DJECFBK	LHAINMG	AEDJXXX	ZZZZZZZ	ACMGBKH
15	IHGLANM	BCKJEDF	NIGMAHL	ECFDBJK	IGJBXXX	AKLHFXX	FLAKCJD
16	KJCFBED	XAMGIHL	DKJBEFC	HAMILGN	DECMXXX	ZZZZZZZ	BMIHNGE
17	NGMAILH	CBJDEFK	MGIHALN	KEFBJCD	BDHFXXX	KIMGAXX	LFDBJKE
18	KCEBFDJ	XAGMHLI	KJDBFEC	AMILGNH	ECJLXXX	ZZZZZZZ	MNIACGH
19	NMHDKFA	CBLGIEJ	FMHKADN	JIBEGLC	EILAXXX	HDFKMXX	BKNELJ
20	GBCILEJ	XADMPKH	JBLIECG	DFKANHM	JCGBXXX	ZZZZZZZ	FCMAIDH
21	MHDNAFK	CBEIJLG	MHDKAFN	BGLEICJ	ELIJXXX	HGMKDXX	AFKLEJB
22	BJGIECL	XAFDKHM	BJLCEIG	KMAHFND	CFABXXX	ZZZZZZZ	GIMDNHC
23	NMFLBEI	ACDKJHG	IEFBNLM	JCGHADK	HMACXXX	GKIEBXX	JCLGMKD
24	CGDHAJK	XBLMIFE	DGCJAHK	IMBFELN	LDJFXXX	ZZZZZZZ	ABEHIFN

6 0 A 0 B 3 C 0 D 0 E 0 F 0 G 0 H 3 I 0 J 0 K 0 L 0 M 0

F1234 remplis F5678 optimise F9 mémorise Fa rapelle Fb tri
A-F1 reset limite A-F2 tore A-F3 curseur
A-F5 imprime A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

26796 99.0 1089 1222 50 Z Z Z Z Z Z 0-7.8 Mobile

Il reste 6 conflits à traiter, la durée moyenne de recherche est de 50 séquences.

```

Colloscope
Chimie  Langues  Math  Physique  TDs
Informatique  Math

 1 GMBFNHJ CADLEKI BMGHNFJ IAKECDL CDGKXXX BFIJLXX ADEFHKN
 2 LIAKCDE XBHMJGF DEACKLI BGHNMFJ AEHMXXX ZZZZZZZ BCGIJLM

 3 GCIFDNJ BAEHLMK FCDNJGI HMALKBE BGKLXXX CFHIJXX AEHILMN
 4 HMELBKA XCFIGDJ HAEKBML CNDFJIG ADEMXXX ZZZZZZZ BCDFGJK

 5 GBFDNKM CAIELJH DBKMNFG EAJIHCL AFJKXXX BEGIMXX AEGHJLN
 6 JCLAEIH XBKGFMD EJLIAHC MBFDKGN CDHLXXX ZZZZZZZ BCDFIKM

 7 KBNIGFD CAMLJHE FDNIGBK AJLHCEM BEJKXXX DGILMXX AEHKLMN
 8 HLAJMEC XBKGIFD LHAJCEM NFBGDKI ACFHXXX ZZZZZZZ BCDFGIJ

 9 NGBMHJF ACLEDIK NGBMFJH CDILAKE BDIKXXX FHJLMXX CDEFHIL
10 CIAKDEL XBHMGFJ CDIKEAL FMGBHJN ACEGXXX ZZZZZZZ ABGJKMN

11 MNJGAFH CBKDEIL MAJHGFN DIEBKLC BIKLXXX DFHJMXX BEFIKLN
12 BKDLICE XAJFMHG EIKLCDB FHAMGNJ ACEGXXX ZZZZZZZ ACDGHJM

13 BKMDFGN ACJEIHL BMFGDKN EHCJLAI ACLMXXX BDFGKXX CEHJKLN
14 IJECLHA XBMKGDF JECHLAI DBFGNMK EHIJXXX ZZZZZZZ ABDFGIM

15 MNJBHGF CAELDIK BFGNHMJ ALICEKD DIJKXXX BFHLMXX AEHIKMN
16 CIELKAD XBFGJMH EAIKLDC NJMBFHG ACEGXXX ZZZZZZZ BCDFGJL

17 BGDNFIK CAMJHEL GKDIFNB LEAMJCH EHIJXXX DGKLMXX AFHIJLM
18 MAELJJC XBDKFGI AJMLECH GKBNIFD ABCFXXX ZZZZZZZ BCDEGKN

19 NJGHCMF BAIDKLE MNJCFHG ALEKBDI BDJKXXX FGHIMXX ACEFHIL
20 ILKBD AE XCHGMJF ILEBDK JCHFNGM ACELXXX ZZZZZZZ BDGJKMN

21 JGKFNBD ACLIHEM JFNBDKG HCIELMA BGLMXXX AFIJKXX BCDEHIK
22 HCEAMLI XBKGFJD CHELAIM BDKJGNF CDEHXXX ZZZZZZZ AFGJLMN

23 NKFMBDG CAJHILE NDFBMGK LICAHEJ FHJKXXX BCDGMXX AHIJKLM
24 ILHCJAE XBKFMDF AIHCJEL KBNDFGM AEILXXX ZZZZZZZ BCDEFGN

 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-F1 reset limite A-F2 tore A-F3 curseur
A-F5 imprime A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

26796 5.6 35 1652 999 Z Z Z Z Z Z Z 0-7.8 Mobile
    
```

Une première solution :
 coefficient moyen de la matrice de similitudes 5.6 / sous diagonale 35.

```

Colloscope
Chimie  Langues  Math  Physique  TDs
                                Informatique  Math

 1 LHANGMI CBEDJKF GLNIMAH FBKDECJ BCHMXXX ADFILXX BDEFHJK
 2 JKECDFB XAMLGHI EDFBCKJ HAMLNIG EGJKXXX ZZZZZZZ ACGILMN

 3 MNEILBF ACDJHGK ENFLBMI KGJCDAH ADGHXXX BEIJKXX BCDJKMN
 4 GCDAJKH XBFETLM KCDJHAG BLFEMNI CFLMXXX ZZZZZZZ AEFGHIL

 5 HKNDEAF CBGIMLJ AEKNDFH IJLBCGM ABLMXXX DFHJKXX BFGHIJM
 6 JIBMLGC XAHKDEF GBIMCJL FEANHKD CEGIXXX ZZZZZZZ ACDEKLN

 7 ILGHANM BCKJEDF NHGMAIL EFCDBJK BGIJXXX AFHKLXX ACDFJKL
 8 KJCFBDE XAIGMHL CFJBDEK NAHMLIG CDEMXXX ZZZZZZZ BEGHIMN

 9 NMHDKFA CBLGIEJ FMHKADN JEBIGLC AEILXXX DFHKMXX BEGJKLN
10 GLBEICJ XAHMFKD LJBIIECG NFKADHM BCGJXXX ZZZZZZZ ACDFHIM

11 IGNLHAM BCJFDKE AGNLHMI DKECJFB CFKMXXX BGHILXX DEFIJLN
12 BKJFCDE XAMHGIL JDECFBK LHAINMG ADEJXXX ZZZZZZZ ABCGHKM

13 HIAMNLG CBDEFJK NIAGLHM DJCBKEF EFHKXXX DGILMXX BDGHKLM
14 KJFEDCB XAHILMG BDKCEFJ MANGIHL ABCJXXX ZZZZZZZ ACEFIJN

15 NMFLBEI ACDKHJG FEINBLM JCGHADK ACHMXXX BEGIKXX CDGJKLM
16 CGDHAJK XBLMIFE DGCHAJK IMBFELN DFJLXXX ZZZZZZZ ABEFHIN

17 LMIGNHA BCJKEFD IMAHGNL CKDFBJE BDFMXXX AGHIKXX DEFHJKL
18 JCKFDBE XAGLMIH JFEBDKC ANIMHGL CEJLXXX ZZZZZZZ ABCGIMN

19 MHDNAFK CBEIJLG MHDKAFN BGLEICJ EIJLXXX DGHKMXX ABEFJKL
20 BGCJEIL XAFDKHM BJLIEGC HMAKFN ABCFXXX ZZZZZZZ CDGHIMN

21 NBKJGIE CAFLDMH KNBGIEJ MDHALFC ACELXXX BHIJKXX ADEFHIM
22 MHLACDF XBKGEIJ DAMCFLH BIEJGKN DFGMXXX ZZZZZZZ BCGJKLN

23 INHDMAL CBKFJGE HAMLNDI CBGJFEK EFGJXXX ADHKMXX BDEFGKL
24 GBFEKJC XALMHD I FKECJGB AHDNMIL BCILXXX ZZZZZZZ ACHIJMN

 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-F1 reset limite A-F2 tore A-F3 curseur
A-F5 imprime A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

26796 4.9 21 1644 50 Z Z Z Z Z Z 0-7.8 Mobile
    
```

Une meilleure solution :
 coefficient moyen de la matrice de similitudes 4.9 / sous diagonale 21.

```

Colloscope
Chimie  Langues  Math  Physique  TDs
Informatique  Math

 1 ILDANMK BCHGJFE NALKMDI HGFCBJ BDGLXXX AIKMXXX CEFIJKM
 2 CJHEFBG XAKILMD JEFGBCH MINADKL ZZZZZZZ CEFHJXX ABDGHLN

 3 JNGEAMH CBIDLKF AGJMHEN IDKBFL CDGJXXX AEHMXXX BFHKLNM
 4 IBKFLDC XAMHGEJ BLFCDKI HNAEJMG ZZZZZZZ BFIKLYX ACDEGIJ

 5 NILMCDE BAFHGKJ CLENDMI BHAKFJG EFHLXXX BCDMXXX ADGIJKN
 6 BJAGKHF XCDIEML AKJHFG BACDNE ZZZZZZZ AGIJKXX BCEFHLM

 7 HLANFIJ CBGKDEM LFNJIAH GKBECD ACKLXXX FGHJXXX BDEHIJM
 8 BKMEDGC XAJIHLF DMBGCEK JHLANFI ZZZZZZZ BDEIMXX ACFGKLN

 9 JCNDIFH BALMEKG DNCIHFJ LMKAGBE BCFMXXX DHIJXXX AEGHJKN
10 KMAEGLB XCHJFDI KAGBLEM NJDCIHF ZZZZZZZ AEGKLXX BCDFILM

11 MGAJNHE CBDLKFI JGAHENM LCBFDIK ACDGXXX EHJLXXX BEFHJKM
12 KLFIBCD XAEMGHJ FBKCDIL EHAMJNG ZZZZZZZ BFIKMYX ACDGJLN

13 JICNDFH BAMKLGE NDIHFCJ KBAGEML BCIMXXX DFHJXXX AEFGHJL
14 MGELABK XCFJHID GEABKLM FJCINDH ZZZZZZZ AEGKLXX BCDIKMN

15 HGIAFKN CBLMEDJ NFGKAIH CMDBJLE GILMXXX AFHKXXX BDEHJKN
16 JMDBECL XAKHIFG JDECLBM KNAFGHI ZZZZZZZ BCDEJXX ACFGILM

17 BHENMDK CAJGFLI ENMKDHB GCLAJIF CEHJXXX BDKMXXX ABDFIKL
18 GLFAIJC XBDKHEM IFLJCAG DBEHKMN ZZZZZZZ AFGILXX CEGHJMN

19 LNHDAJI BCEMFGK HADIJNL MBCGKEF BEHJXXX ADLMXXX CFGIKLN
20 KBGCFME XALIJHD FKGMECB LIHANDJ ZZZZZZZ CFGIKXX ABDEHJM

21 GJANHEM CBKIDLF NHGMEAJ KCBLIFD AGIJXXX CEHKXXX BDEFLMN
22 LIFDBKC XAMEHGJ BLDKCFI MEAGJNH ZZZZZZZ BDFLMXX ACGHIJK

23 INMECJL BAHFKDG EICJNLM HFADB GK BFILXXX CEJMXXX ADGJKMN
24 GBDAKHF XCJMEIL KDAHFG B JNCILME ZZZZZZZ ADGHKXX BCEFHIL

 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 rempils F5678 optimise F9 mémorise Fa rapelle Fb tri
A-F1 reset limite A-F2 tore A-F3 curseur
A-F5 imprime A-F9 enregistre A-Fa recharge A-F8 reset

75960 5.1 19 1960 999 Z Z Z Z Z Z Z 8-7.8 Mobile
    
```

Une solution avec aménagements :
 coefficient moyen de la matrice de similitudes 5.1 / sous diagonale 19.

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.

```

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 }

CONTRAINTES 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 }

SUCCESSIONS 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 }

```

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 colloscope
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 colloscope - 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 colloscope - 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