
Pràctica 2: Horaris d'examens

Estructures de Dades i Algorítmica

Curs 2024/25

Índex

1	Presentació	2
2	Feina a fer	2
2.1	Característiques del programa	3
2.2	Plantejament del problema	3
2.3	Instruccions	4
3	Instruccions de lliurament	5
4	Joc de proves	6
4.1	Fitxer de dades: assignatures_poques.txt	6
4.2	Funcionament bàsic	7
4.3	Funcionament	7

1 Presentació

L'EPS de la UdG ens ha demanat un programa per crear els horaris d'examens finals de cada semestre. S'ha de tenir en compte que:

- A l'EPS s'imparteixen assignatures de diferents graus.
- Cada semestre, hi ha examens finals de diferents assignatures sota petició del professorat responsable.
- Hi ha dos tipus d'assignatura segons el nombre de matriculats: assignatures de **gran** grup, i de grup **reduït**.
- L'EPS disposa d'un nombre limitat d'aules per als examens.
- Hi ha aules de l'EPS on no hi quep tot l'alumnat de les assignatures de **gran** grup.
- Hi haurà diferents torns d'examens, i cada torn es disposarà d'un nombre fix d'aules de **gran** capacitat, i de capacitat **reduïda**.
- L'EPS fixarà, si s'escau, el nombre màxim de dies d'examen.
- L'EPS prohibeix dos examens del mateix curs i grau en el mateix torn. També es reserva el dret de demanar que els examens de dues assignatures no coincideixin (p.ex., tenen el mateix professor).
- Tot i la possible restricció d'un màxim de dies, es vol fer servir el menor nombre de dies possible.
- Tot i la condició de prohibir examens del mateix curs i grau en el mateix torn, es vol que estiguin el màxim possible de repartits al llarg dels torns (dies).

Ens demanen un programa que faci l'assignació d'examens (assignatures) a dies. Hem comunicat a l'EPS que, donat la complexitat del problema, la solució òptima pot tenir un alt cost computacional. L'EPS ens demana la **possibilitat de triar** cercar la solució ràpida, vàlida, o l'òptima.

2 Feina a fer

1. Fent servir una estratègia voraç, **trobar ràpidament** una assignació d'assignatures a torns que no superi el nombre màxim donat (si s'indica) i que compleixi les restriccions establertes. Si no es troba, s'informarà que no ha pogut trobar una solució.
2. Fent servir *backtracking*, **trobar una** assignació d'assignatures a torns que no superi el nombre màxim donat (si s'indica) i que compleixi les restriccions establertes. Si no és possible trobar una assignació amb aquestes condicions, s'informarà que no hi ha solució.
3. Fent servir *backtracking*, **trobar la millor** assignació d'assignatures a torns, és a dir, la que complint totes restriccions donades, *minimitza* el nombre de torns, primer, i maximitza la desviació estàndard mitjana dels torns als que s'han assignat examens dels mateix curs-grau. Igualment, si no és possible trobar una assignació amb aquestes condicions, s'informarà que no hi ha solució.

2.1 Característiques del programa

Així, heu de fer un programa que:

1. Rebi **per paràmetre** des de la terminal els valors que configuren el problema:

-cr <int> : nombre d'aules de capacitat **reduïda**. Valor per defecte, 1.
 -gc <int> : nombre d'aules de **gran** capacitat. Valor per defecte, 1.
 -d <int> : nombre de dies màxim en que poden haver examens. Valor per defecte, **indeterminat**.
 -s <int> : semestre amb el que es vol treballar. Valor per defecte, 1.

fitxer_dades : el nom (i ruta) del fitxer de dades que es vol fer servir

- 1-bis. Rebi **també per paràmetre** des de la terminal quin algoritme vol executar l'usuari:

"" : per defecte (no caldrà passar cap opció), s'executarà l'algoritme de *backtracking* que torna **una solució vàlida** (la primera).

-m : s'executarà l'algoritme de *backtracking* que torna la **millor solució**.

-v : s'executarà l'algoritme que **cerca ràpidament** una solució de manera voraç.

2. Llegeixi les **assignatures** del fitxer de tipus text indicat. Aquest fitxer també podrà contenir **restriccions** entre parells d'assignatures. Vegeu-ne un exemple a la Secció 4.1.

Podeu fer els preprocessaments de les dades que necessiteu.

3. Executi l'algoritme indicat per l'usuari.

4. Mostri per pantalla la **distribució d'assignatures** (examens) en franjes horàries proposta. També mostrareu el **temps de còmput** necessari per trobar la solució, el nombre total de torns i de dies, i la **desviació estàndar mitjana**.

Vegeu-ne varis exemples a la Secció 4.3.

2.2 Plantejament del problema

- Hi ha disponibles un nombre determinat d'aules de **gran** capacitat, i de capacitat **reduïda**, indicats per paràmetre.
- **Cada dia** hi poden haver **dos torns** (matí i tarda) d'examens.
- S'han de repartir **totes les assignatures** del semestre indicat per paràmetre.
- Cada torn pot incloure **tants examens com aules** disponibles respectant la restricció de capacitat de les aules: Una assignatura de grup **reduït** podria ocupar un aula de **gran** capacitat, però una assignatura de **gran** grup mai pot anar a un aula de capacitat **reduïda**.
- S'han de complir les **restriccions entre assignatures**:
 - Dos assignatures del mateix grau i curs no es poden assignar al mateix torn.
 - Restricció específica entre qualsevol parell d'assignatures que s'indiqui al fitxer de dades.
- Es poden fer servir, en principi, tants torns com calgui, però...
 - es pot indicar el nombre de dies màxim del període d'examens,
 - o es pot demanar buscar la solució que faci servir el **mínim nombre de torns possible**.
- En triar entre dos solucions amb el mateix nombre de torns, es prefereix aquella que reparteixi millor les assignatures del mateix curs i grau al llarg dels **torns**.

En el següent esquema, la solució b és millor que l'a.

T-1	T-1	T-2	T-2	T-3	T-3	T-4	T-4		// T-i és l'i-èsim torn
a.	I1a	I2a	I1b	I2b	V1a	V2a	V1b	V2b	// I1a és l'assignatura a del curs 1 del grau I
b.	I1a	I2a	V1a	V2a	I1b	I2b	V1b	V2b	

Es farà servir la **desviació estàndard mitjana** per comparar el repartiment d'assignatures en torns. Per cada grau i curs, es calcula la desviació estàndard dels torns als que s'assignen assignatures d'aquest grau-curs.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

Fórmula de la desviació estàndard σ , on n és el nombre d'assignatures del grau-curs, t_i és el torn al que s'ha assignat l' i -èsima assignatura, i \bar{t} és el torn mitjà entre els que s'han fet servir per al grau-curs. (1)

Després es calcula la mitjana entre tots els graus i cursos. Una solució és **millor** si la desviació estàndard mitjana és **més gran**.

2.3 Instruccions

- Cal codificar el *backtracking* utilitzant les classes vistes a teoria: *Solucionador*, *Solucio* i *Candidats*.
- Podeu codificar l'algorisme voraç com creieu més convenient.
- Per llegir les dades podeu fer servir les funcions d'*eines.h*.
- Ens quedarem amb les assignatures del semestre indicat. Les altres es poden ignorar.
- Si es creu oportú, es poden preprocessar les dades per reorganitzar-les o construir estructures auxiliars que puguin millorar l'eficiència dels algorismes.

Tot preprocessament s'inclourà en el càlcul del **temps de còmput** de l'algorisme.

- En una execució normal, l'únic paràmetre imprescindible és el nom del *fitxer de dades*. Cal fer servir els valors per defecte indicats a la Secció 2.1.

S'ha de donar a l'usuari una opció per consultar com executar el programa (ajuda, -h).

- Mostrar per sortida estàndard el resultat en un format similar al que es mostra a la Secció 4.3.
- Per fer les proves, cal començar amb poques línies amb imports ben dimensionats (pel que fa al màxim que se li podrà assignar a un auditor), i anar-ho incrementant de mica en mica (el temps d'execució es dispararà!).

3 Instruccions de lliurament

Caldrà penjar a **Moodle** un fitxer comprimit **zip** (o bé **tgz**) amb un nom que segueixi el format

CodiUsuari.CognomsNom_p2.zip

que ha de contenir:

1. El codi font.
A part del correcte funcionament, es valorarà la documentació i la claredat del codi.
2. Un joc de proves (fitxers amb les dades utilitzades).
3. Un *script* de *bash* que permeti executar el vostre programa sobre el joc de proves (executant una prova darrere l'altra, sense preguntar res).
4. Un fitxer `llegeix.me` amb informació bàsica del programa i aclariments que puguin facilitar la correcció (p.e., si alguna cosa no funciona bé).
5. Un document anomenat `informe.pdf` amb una explicació de l'estratègia que heu seguit en les vostres implementacions. També mostreu les proves més significatives que heu realitzat. Per cada prova hi constarà:
 - Comanda per executar-la (p.e., `./p2 -m -d 3 assignatures_poques.txt`).
 - Resultat obtingut (assignació dels examens, desviació estàndard mitjana i temps).
 - Anàlisi: què buscàveu amb aquesta prova, com ara "comprovar si es tenien en compte les restriccions", "comprovar com es dispara el temps d'execució", "veure si es detectava bé que no hi havia solució", "comprovar el pas de paràmetres al `main`", etc.

L'informe tindrà una pàgina de portada amb títol, nom, etc. Es valorarà que estigui ben escrit.

6. Una carpeta `html` amb la documentació generada amb `doxygen` en format HTML.
Inclourà la descripció de cada classe, la dels atributs, i les pre- i postcondicions dels mètodes. S'ha de mostrar aquesta informació tant per la **part pública** com per la **part privada** de les classes.
Compte: per defecte, `doxygen` només mostra la part pública a la documentació. Per aconseguir-ho, heu de marcar la casella `EXTRACT_PRIVATE` a la pestanya **Expert** de **doxywizard**.

A `bas.udg.edu` cal deixar, al directori `~/eda/p2`, els fitxers de codi, joc de proves, *script* i `llegeix.me` (punts 1-4). No hi pengeu la documentació (punts 5 i 6); ocupa massa i no ens cal aquí.

Recordeu que:

- Tots els fitxers de tipus text han d'estar en format Unix.
- Durant el procés de correcció es podrà demanar una entrevista amb l'estudiant per aclarir aspectes de la pràctica.

Consulteu el document "*Instruccions per al lliurament de les activitats de laboratori*" per més detalls.

La data límit de lliurament està especificada a l'activitat corresponent de Moodle.

4 Joc de proves

Cal que acompanyeu el vostre codi amb un joc de proves. En aquest cas, el joc de proves es redueix a diferents fitxers de dades. Com sempre, us donem un joc de proves bàsic que **heu de complementar**.

El joc de proves que compartim consta de 2 fitxers de dades (**no son els mateixos que als exercicis**) i el teniu disponible a Moodle. Aquí us mostrem diferents sortides possibles davant diferents crides. Vigileu perquè segons com es tracta el problema pels vostres algorismes voraç i de *backtracking*, la sortida que obteniu pot ser diferent a la que us donem. En el cas de l'algoritme voraç i el de *backtracking* d'una solució qualsevol, la sortida pot ser molt diferent. En el cas de l'algoritme de *backtracking* que retorna la millor solució, aquesta també pot ser diferent a la que us donem però ha de ser equivalent d'acord amb el criteri d'optimització (mateix nombre de torns, mateixa desviació estàndard mitjana).

A continuació reproduïm el contingut de assignatures_poques.txt i les sortides del programa davant de diferent crides.

4.1 Fitxer de dades: assignatures_poques.txt

```
Grau Assignatura Codi Tipus Crèdits Semestre Curs
GDDV Elements matemàtics per a videojocs 3105G13001 r 9.00 1 1
GDDV Arquitectures de consoles i dispositius de videojocs 3105G13009 r 7.00 2 1
GDDV Formació d'imatges i interacció entre objectes 3105G13010 r 6.00 2 1
GDDV Art i videojocs 3105G13031 r 3.00 1 1
GDDV Disseny conceptual dels videojocs 3105G13027 r 5.00 2 2
GDDV Narrativa dels videojocs 3105G13029 r 7.00 1 2
GDDV Disseny de motors de jocs I 3105G13022 r 5.00 1 3
GDDV Disseny de motors de jocs II 3105G13023 r 4.00 2 3
GDDV Cloud computing i sistemes distribuïts per a videojocs 3105G13026 r 5.00 2 3
GDDV Teoria i pràctica de la producció audiovisual 3105G13030 r 5.00 1 3
GEINF Àlgebra 3105G07001 g 6.00 1 1
GEINF Càlcul 3105G07002 g 6.00 1 1
GEINF Lògica i matemàtica discreta 3105G07003 g 9.00 2 1
GEINF Metodologia i tecnologia de la programació II 3105G07009 g 6.00 2 1
GEINF Estadística 3105G07007 r 6.00 1 2
GEINF Organització i administració d'empreses 3105G07008 g 6.00 2 2
GEINF Estructures de dades i algorítmica 3105G07010 g 9.00 1 2
GEINF Projecte de programació 3105G07011 r 5.00 2 2
GEINF Multimèdia i interfícies d'usuari 3105G07012 g 5.00 1 3
GEINF Fonaments de computació 3105G07013 r 5.00 1 3
GEINF Paradigmes i llenguatges de programació 3105G07014 r 5.00 2 3
GEINF Intel·ligència artificial 3105G07015 g 5.00 2 3
GEB Fonaments de física 1 3105G00001 g 6.00 1 1
GEB Fonaments de física 2 3105G00002 g 6.00 2 1
GEB Fonaments de matemàtiques 2 3105G00003 g 6.00 2 1
GEB Fonaments de matemàtiques 1 3105G00004 g 9.00 1 1
GEB Estadística 3105G00015 g 6.00 1 2
GEB Teoria de circuits 3105G03012 g 6.00 1 2
GEB Electrònica analògica 3105G03022 g 6.00 2 2
GEB Anatomia funcional i biomecànica 3109G01057 r 5.00 2 2
GEB Desenvolupament de projectes d'electrònica 3105G03032 g 4.00 2 3
GEB Disseny de dispositius d'assistència i teràpia 3105G15007 r 5.00 1 3
GEB Equips de monitorització i diagnòstic 3105G15008 r 6.00 1 3
GEB Gestió intel·ligent de dades i coneixement mèdic 3105G15009 r 5.00 1 3
*
3105G07001 3105G13001
3105G07002 3105G13001
3105G07001 3105G13031
3105G07002 3105G13031
3105G07003 3105G13009
3105G07009 3105G13009
```

On l'asterisc '*' és el símbol que es fa servir per separar el llistat d'assignatures de les restriccions entre assignatures (cada línia representa una restricció entre un parell d'assignatures –no poden ser assignades al mateix torn–).

4.2 Funcionament bàsic

```
$ ./p2
Falten arguments ("p2 --help" per ajuda)

$ ./p2 --help
Ús: ./p2 [-h] | [-v] [-m] [-cr <int>] [-gc <int>] [-s <int>] [-d <int>] fitxer

opcio pot ser:
  -h, --help      mostra aquest missatge d'ajuda i surt

  -v              cerca ràpida amb un algoritme voraç
  -m              cerca la solució que minimitza el nombre de torns i
                  maximitza la dispersió
  -cr <int>       assigna <int> com a nombre d'aules de capacitat
                  reduïda disponibles per als examens
  -gc <int>       assigna <int> com a nombre d'aules de gran
                  capacitat disponibles per als examens
  -s <int>        indica que s'ha de fer l'assignació per al
                  semestre <int> (1 o 2)
  -d <int>        indica el límit màxim de dies que es poden fer servir

fitxer            fitxer de text amb totes les assignatures a les
                  que es vol assignar un torn d'examen i possibles
                  restriccions entre parells d'assignatures
```

```
$ ./p2 -s -cr 3
Error: El valor associat a l'opció '-s' és incorrecte.
```

```
$ ./p2 -s 2
Error: Falta el nom del fitxer.
```

```
$ ./p2 -s 2 noexisteix.txt
Error: El fitxer [noexisteix.txt] no es pot obrir. Repassa el nom i permisos.
```

4.3 Funcionament

Busquem l'assignació amb un algoritme voraç:

```
$ ./p2 -v -cr 3 -gc 2 assignatures_poques.txt
18 assignatures leides de 3 graus diferents.
```

```
*****
* Torn 1                      n=5  *
*-----*
* 3105G00001 (tipus g),   GEB-1 *
* 3105G00015 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G13001 (tipus r),   GDDV-1 *
* 3105G13022 (tipus r),   GDDV-3 *
* 3105G07013 (tipus r),   GEINF-3 *
*****

*****
* Torn 2                      n=4  *
*-----*
* 3105G07002 (tipus g),   GEINF-1 *
* 3105G00004 (tipus g),   GEB-1 *
* 3105G15007 (tipus r),   GEB-3 *
* 3105G07007 (tipus r),   GEINF-2 *
*****
```

```

*****
* Torn 3                                n=4  *
*-----*
* 3105G03012 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G07001 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G13029 (tipus r),   GDDV-2 *
* 3105G15009 (tipus r),   GEB-3 *
*****

*****
* Torn 4                                n=5  *
*-----*
* 3105G07010 (tipus g), GEINF-2 *
* 3105G07012 (tipus g), GEINF-3 *
* 3105G15008 (tipus r),   GEB-3 *
* 3105G13031 (tipus r),   GDDV-1 *
* 3105G13030 (tipus r),   GDDV-3 *
*****

Num. torn: 4
Num. dies: 2
Desviació: 0.924055
Temps: 0.00129841 segons

```

o amb *backtracking*, però la versió que es queda amb la primera solució (opció per defecte del programa):

```

$ ./p2 -cr 3 -gc 2 signatures_poques.txt
18 signatures leides de 3 graus diferents.

```

```

*****
* Torn 1                                n=5  *
*-----*
* 3105G00001 (tipus g),   GEB-1 *
* 3105G00015 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G13001 (tipus r),   GDDV-1 *
* 3105G15007 (tipus r),   GEB-3 *
* 3105G13029 (tipus r),   GDDV-2 *
*****

*****
* Torn 2                                n=5  *
*-----*
* 3105G07002 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G00004 (tipus g),   GEB-1 *
* 3105G15008 (tipus r),   GEB-3 *
* 3105G13022 (tipus r),   GDDV-3 *
* 3105G07007 (tipus r), GEINF-2 *
*****

*****
* Torn 3                                n=5  *
*-----*
* 3105G03012 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G07001 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G15009 (tipus r),   GEB-3 *
* 3105G07013 (tipus r), GEINF-3 *
* 3105G13030 (tipus r),   GDDV-3 *
*****

*****
* Torn 4                                n=3  *
*-----*

```



```
* 3105G07010 (tipus g), GEINF-2 *
* 3105G07012 (tipus g), GEINF-3 *
* 3105G13031 (tipus r), GDDV-1 *
*****
```

```
Num. torns: 4
Num. dies: 2
Desviació: 0.701833
Temps: 0.000919688 segons
```

O busquem la millor solució amb *backtracking*:

```
$ ./p2 -m -cr 3 -gc 2 assignatures_poques.txt
18 assignatures leides de 3 graus diferents.
```

```
*****
* Torn 1                      n=5 *
*-----*
* 3105G00001 (tipus g), GEB-1 *
* 3105G00015 (tipus g), GEB-2 *
* 3105G13001 (tipus r), GDDV-1 *
* 3105G13022 (tipus r), GDDV-3 *
* 3105G07013 (tipus r), GEINF-3 *
*****
```

```
*****
* Torn 2                      n=4 *
*-----*
* 3105G07002 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G07010 (tipus g), GEINF-2 *
* 3105G15007 (tipus r), GEB-3 *
* 3105G13029 (tipus r), GDDV-2 *
*****
```

```
*****
* Torn 3                      n=4 *
*-----*
* 3105G00004 (tipus g), GEB-1 *
* 3105G03012 (tipus g), GEB-2 *
* 3105G15008 (tipus r), GEB-3 *
* 3105G13031 (tipus r), GDDV-1 *
*****
```

```
*****
* Torn 4                      n=5 *
*-----*
* 3105G07001 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G07012 (tipus g), GEINF-3 *
* 3105G07007 (tipus r), GEINF-2 *
* 3105G15009 (tipus r), GEB-3 *
* 3105G13030 (tipus r), GDDV-3 *
*****
```

```
Num. torns: 4
Num. dies: 2
Desviació: 0.979611
Temps: 1.52839 segons
```

Si només reduïm el nombre d'aules disponibles (*-cr 2*), el temps es comença a disparar:

```
$ ./p2 -m -cr 2 -gc 2 assignatures_poques.txt
18 assignatures leides de 3 graus diferents.
```

```

*****
* Torn 1                      n=4  *
*-----*
* 3105G00001 (tipus g),   GEB-1 *
* 3105G00015 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G13001 (tipus r),   GDDV-1 *
* 3105G13022 (tipus r),   GDDV-3 *
*****

*****
* Torn 2                      n=4  *
*-----*
* 3105G07002 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G07010 (tipus g), GEINF-2 *
* 3105G15007 (tipus r),   GEB-3 *
* 3105G07013 (tipus r), GEINF-3 *
*****

*****
* Torn 3                      n=3  *
*-----*
* 3105G00004 (tipus g),   GEB-1 *
* 3105G13029 (tipus r),   GDDV-2 *
* 3105G15008 (tipus r),   GEB-3 *
*****

*****
* Torn 4                      n=3  *
*-----*
* 3105G03012 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G07001 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G15009 (tipus r),   GEB-3 *
*****

*****
* Torn 5                      n=4  *
*-----*
* 3105G07012 (tipus g), GEINF-3 *
* 3105G13031 (tipus r),   GDDV-1 *
* 3105G07007 (tipus r), GEINF-2 *
* 3105G13030 (tipus r),   GDDV-3 *
*****

Num. torns: 5
Num. dies:  3
Desviació: 1.25739
Temps: 38.9267 segons

```

Noteu que, degut a les restriccions, no hi ha solució possible si volem limitar-ho a 2 dies:

```

$ ./p2 -m -cr 2 -gc 2 -d 2 signatures_poques.txt
18 signatures leides de 3 graus diferents.

No hi ha solució per la configuració indicada
Temps: 1.20769 segons

```

Amb més assignatures, la cerca d'una solució amb *backtracking* dona:

```

$ ./p2 -cr 3 -gc 2 signatures_obligatories.txt
37 signatures leides de 3 graus diferents.

*****
* Torn 1                      n=5  *

```

```

*-----*
* 3105G03023 (tipus g),   GEB-3 *
* 3105G03013 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G13034 (tipus r),   GDDV-3 *
* 3105G07019 (tipus r),  GEINF-3 *
* 3105G07017 (tipus r),  GEINF-2 *
*****

*****
* Torn 2                      n=5 *
*-----*
* 3105G03012 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G07012 (tipus g),  GEINF-3 *
* 3105G15008 (tipus r),   GEB-3 *
* 3105G15012 (tipus r),   GEB-4 *
* 3105G15001 (tipus r),   GEB-1 *
*****

*****
* Torn 3                      n=5 *
*-----*
* 3105G00015 (tipus g),   GEB-2 *
* 3105G07021 (tipus g),  GEINF-2 *
* 3105G15009 (tipus r),   GEB-3 *
* 3105G15013 (tipus r),   GEB-4 *
* 3105G13024 (tipus r),   GDDV-4 *
*****

*****
* Torn 4                      n=5 *
*-----*
* 3105G00004 (tipus g),   GEB-1 *
* 3105G07004 (tipus g),  GEINF-1 *
* 3105G13014 (tipus r),   GDDV-4 *
* 3105G07007 (tipus r),  GEINF-2 *
* 3105G07026 (tipus r),  GEINF-3 *
*****

*****
* Torn 5                      n=5 *
*-----*
* 3105G07002 (tipus g),  GEINF-1 *
* 3105G07010 (tipus g),  GEINF-2 *
* 3105G15014 (tipus r),   GEB-4 *
* 3105G07013 (tipus r),  GEINF-3 *
* 3105G13030 (tipus r),   GDDV-3 *
*****

*****
* Torn 6                      n=5 *
*-----*
* 3105G07001 (tipus g),  GEINF-1 *
* 3105G07027 (tipus g),  GEINF-3 *
* 3105G13022 (tipus r),   GDDV-3 *
* 3105G07035 (tipus r),  GEINF-4 *
* 3105G13029 (tipus r),   GDDV-2 *
*****

*****
* Torn 7                      n=5 *
*-----*

```

```

* 3105G00001 (tipus g), GEB-1 *
* 3105G07023 (tipus g), GEINF-3 *
* 3105G13031 (tipus r), GDDV-1 *
* 3105G15007 (tipus r), GEB-3 *
* 3105G13025 (tipus r), GDDV-4 *
*****

*****
* Torn 8                                n=2 *
*-----*
* 3105G07005 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G13001 (tipus r), GDDV-1 *
*****

Num. torns: 8
Num. dies: 4
Desviació: 1.31907
Temps: 0.00347749 segons

```

Amb l'algoritme voraç:

```

$ ./p2 -v -cr 3 -gc 2 assignatures_obligatories.txt
37 assignatures leides de 3 graus diferents.

```

```

*****
* Torn 1                                n=5 *
*-----*
* 3105G03023 (tipus g), GEB-3 *
* 3105G03013 (tipus g), GEB-2 *
* 3105G15012 (tipus r), GEB-4 *
* 3105G07026 (tipus r), GEINF-3 *
* 3105G07035 (tipus r), GEINF-4 *
*****

*****
* Torn 2                                n=5 *
*-----*
* 3105G03012 (tipus g), GEB-2 *
* 3105G07012 (tipus g), GEINF-3 *
* 3105G15009 (tipus r), GEB-3 *
* 3105G15014 (tipus r), GEB-4 *
* 3105G13029 (tipus r), GDDV-2 *
*****

*****
* Torn 3                                n=5 *
*-----*
* 3105G00015 (tipus g), GEB-2 *
* 3105G07021 (tipus g), GEINF-2 *
* 3105G15013 (tipus r), GEB-4 *
* 3105G07013 (tipus r), GEINF-3 *
* 3105G15007 (tipus r), GEB-3 *
*****

*****
* Torn 4                                n=4 *
*-----*
* 3105G00004 (tipus g), GEB-1 *
* 3105G07004 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G13024 (tipus r), GDDV-4 *
* 3105G13031 (tipus r), GDDV-1 *
*****

```

```

*****
* Torn 5                                n=5  *
*-----*
* 3105G07002 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G07010 (tipus g), GEINF-2 *
* 3105G15001 (tipus r),   GEB-1  *
* 3105G13030 (tipus r),   GDDV-3 *
* 3105G13025 (tipus r),   GDDV-4 *
*****

*****
* Torn 6                                n=4  *
*-----*
* 3105G07001 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G07027 (tipus g), GEINF-3 *
* 3105G13014 (tipus r),   GDDV-4 *
* 3105G13022 (tipus r),   GDDV-3 *
*****

*****
* Torn 7                                n=4  *
*-----*
* 3105G00001 (tipus g),   GEB-1  *
* 3105G07023 (tipus g), GEINF-3 *
* 3105G07007 (tipus r), GEINF-2 *
* 3105G13001 (tipus r),   GDDV-1 *
*****

*****
* Torn 8                                n=5  *
*-----*
* 3105G07005 (tipus g), GEINF-1 *
* 3105G13034 (tipus r),   GDDV-3 *
* 3105G07019 (tipus r), GEINF-3 *
* 3105G15008 (tipus r),   GEB-3  *
* 3105G07017 (tipus r), GEINF-2 *
*****

Num. torns: 8
Num. dies:  4
Desviació: 1.26381
Temps: 0.00221079 segons

```

I amb *backtracking* de nou, però buscant l'òptim, l'arbre de possibilitats creix tant que ja és inviable.