

1 Présentation du problème

Ornicar est fabricant de composants électroniques. Il dispose en particulier d'un jeu de transistors, qu'il souhaite vendre. Il hésite sur la façon de vendre ses transistors, et vous allez l'aider.

Un transistor est un composant électronique à 3 pattes, qui sert essentiellement à amplifier un courant. Chaque transistor fabriqué par Ornicar est soit de type PNP, soit de type NPN. De plus, chaque transistor a deux caractéristiques principales, nommées *hfe* (le gain = coefficient d'amplification) et *vbe* (tension base émetteur). Ces deux caractéristiques sont des valeurs réelles positives non nulles. Pour tout transistor, *hfe* est entre 0 et MAXHFE (où MAXHFE vaut 600), et *vbe* est entre 0 et MAXVBE (où MAXVBE vaut 1 Volt).

Il est en général plus avantageux de vendre ensemble des transistors qui disposent de caractéristiques (*vbe* et *hfe*) les plus proches possibles. On définit ainsi la dispersion d'un ensemble de transistors T_1, \dots, T_n , où T_i a un *hfe* égal à h_i , et un *vbe* égal à v_i , par la formule suivante

$$D(\{T_1, \dots, T_n\}) = \max(d_h/\text{MAXHFE}, d_v/\text{MAXVBE})$$

où $d_h = \max_i(h_i) - \min_i(h_i)$ et $d_v = \max_i(v_i) - \min_i(v_i)$.

Ainsi, la dispersion d'un ensemble de transistors est un nombre sans dimension, compris entre 0 et 1. D'ailleurs, que peut-on dire d'un ensemble de transistors dont la dispersion vaut zéro ?

Question 1. Calculez la dispersion de l'ensemble des transistors. Combien obtenez vous ?

La dispersion est un peu élevée (sans doute à cause quelques transistors de valeurs un peu trop extrêmes). On veut recalculer la dispersion de l'ensemble des transistors, en s'autorisant à exclure quelques transistors (au plus E transistors, où E est égal à 4 pour cette question). On peut donc exclure entre 0 (inclus) et E (inclus) transistors.

Question 2. Quelle dispersion obtenez-vous ? Quels transistors ont été exclus ? Est-ce logique ? La dispersion obtenue pourrait-elle être plus grande qu'à la question précédente ?

Dans la suite, on oublie cette possibilité d'exclure E transistors. Comme la dispersion est un peu grande pour vendre tous les transistors, Ornicar voudrait découper le stock de transistors en P paquets de transistors (où P vaut 3), ayant chacun le même nombre de transistors (à 1 près). De plus, Ornicar voudrait que les paquets aient une dispersion la plus faible possible.

Question 3. Proposez un critère permettant de minimiser la dispersion des paquets. Plusieurs réponses sont possibles, soyez précis dans la description de votre critère. Si vous trouvez plusieurs critères, vous pouvez discuter les avantages/inconvénients de chacun, mais choisissez-en un pour la suite.

Question 4. Programmez votre critère. Faites une synthèse de la solution obtenue.

Ornicar n'est pas très convaincu du découpage en paquets, et vous propose une autre idée. Cette idée consiste à trouver des paires de transistors de caractéristiques proches. On appelle cela appairer des transistors (on parle aussi d'appariement de transistors). Pour savoir si une paire de transistors est bien appairée, on va simplement considérer la dispersion de l'ensemble formé de ces deux transistors. De plus, pour des raisons techniques, Ornicar ne veut pas considérer de paires de transistors dont la dispersion est supérieure ou égale à 0.12. On ne peut appairer que des transistors de type différent. Pour terminer, Ornicar a conscience que certains transistors risquent de ne pas être appairés à cause des contraintes précédentes. Toutefois, Ornicar souhaite en priorité un grand nombre de paires de transistors, la dispersion faible est un critère moins prioritaire.

Question 5. Proposez un critère pour exprimer qu'on a obtenu des paires de transistors les mieux appairées possibles. Programmez votre critère, et donnez une synthèse de votre solution.

Question 6. (Bonus) Ne traitez cette question que si vous avez bien répondu à toutes les questions précédentes. Si votre modèle ne comporte pas trop de contraintes ni de variables, vous devriez pouvoir appairer tous les transistors en augmentant un peu la contrainte de dispersion de 0.12 imposée sur les paires. Quelle dispersion minimale permet d'appairer tous les transistors ? Justifiez votre raisonnement.

2 Données

```
param MAXHFE := 600;
param MAXVBE := 1.0;

param : TRANS : hfe vbe type =
T1 369.713399 0.505002 npn
T2 172.445927 0.527908 pnp
T3 388.349744 0.678436 pnp
T4 345.246256 0.506357 pnp
T5 159.318987 0.601071 pnp
T6 330.622531 0.643204 npn
T7 160.220311 0.617853 pnp
T8 429.403684 0.531932 npn
T9 220.125258 0.531096 npn
```

```

T10 101.105138 0.575985 npn
T11 473.747183 0.620745 pnp
T12 414.865893 0.607246 npn
T13 89.400099 0.558636 npn
T14 338.676073 0.640914 pnp
T15 380.631659 0.654614 pnp
T16 477.658861 0.673297 npn
T17 188.986802 0.627137 npn
T18 131.327049 0.571054 npn
T19 400.910157 0.636710 pnp
T20 354.565503 0.534228 pnp
T21 131.701247 0.575891 pnp
T22 392.307125 0.668570 pnp
T23 164.524036 0.506420 npn
T24 250.582394 0.513238 npn
T25 156.313272 0.599846 npn
T26 121.435795 0.527926 npn
T27 423.506906 0.585687 npn
T28 230.998222 0.699465 pnp
T29 304.763147 0.518182 pnp
T30 480.551455 0.530568 pnp
T31 446.039682 0.584432 pnp
T32 242.383656 0.619178 npn;

```

3 Consignes

- vous ne devez utiliser que des contraintes linéaires, et des objectifs linéaires
- n'utilisez que des techniques présentées dans le polycopié de ML. L'annexe sur le problème d'emploi du temps (vu en cours) peut donner des idées.
- n'utilisez que les fonctionnalités AMPL présentées dans l'annexe du polycopié de cours. Si vous souhaitez utiliser une fonctionnalité spéciale, demandez d'abord avec votre enseignant.
- chaque question doit se traiter en maximisant ou minimisant un objectif unique. Dans une même question, vous devez donc faire un seul appel à la commande solve. De plus, n'essayez pas de maximiser/minimiser simultanément plusieurs objectifs (cela s'appelle de l'optimisation multiobjectif).

4 Travail demandé

Vous travaillerez obligatoirement en binôme pour ce projet. Vous rendrez un rapport au format PDF (évitez les polices d'écriture fantaisistes, choisissez une police classique comme times), ainsi que votre code. *Selon les indications de votre chargé de TD, le rendu sera à faire sur gitlab-etu/PROFS/ ... Votre archive/dépôt devra être propre. Un fichier README.md expliquera l'organisation de vos fichiers, comment reproduire les résultats donnés dans votre rapport, ...*

Le rapport n'est pas une suite de listings en AMPL. Le rapport attendu met l'accent sur la phase de modélisation, c'est-à-dire :

- le choix des variables, des paramètres, la façon de coder les contraintes, ...
- les hypothèses faites, au cas où le sujet contiendrait des imprécisions, ou pourrait être interprété de plusieurs façons
- en annexe, le code AMPL, commenté (sens des variables, des contraintes, ...)

Le rapport mettra bien en évidence le travail réalisé (quelles questions ont été faites), les difficultés rencontrées, les problèmes non résolus, ... De plus, votre code AMPL devra être convaincant : quelqu'un qui lit votre code doit être capable de le comprendre grâce aux commentaires. De plus, vous indiquerez et commenterez les solutions obtenues avec AMPL.

Ainsi, il est plus important d'avoir un modèle convaincant, qu'un résultat correct, même si bien sûr vous devez viser ces deux objectifs.

N'attendez pas la dernière minute pour rédiger votre rapport. Bon courage.

Dernière chose : ce DM est faisable avec la version d'AMPL du M5, qui est une version d'évaluation limitée en nombre de variables et de contraintes. Si vous avez un avertissement précisant que vous dépassez les limites de variables et de contraintes, essayez de reformuler votre modèle en conséquence.