

La conception d'un réseau de transport d'électricité

Un jeu-concours organisé par

La Fédération Française des Jeux Mathématiques

et la

Société de Calcul Mathématique SA

avec l'appui de

RTE

(Réseau de Transport d'Electricité)

doté de 2 000 Euros de prix

Description du jeu

Il s'agit de concevoir et de mettre en place un réseau de transport d'électricité Très Haute Tension et Haute Tension, en tenant compte des contraintes usuelles :

- chaque usager doit être connecté ;
- le réseau est suffisamment redondant pour qu'une panne ne nuise pas à la distribution ;
- le réseau respecte les zones à protéger.

Le jeu est doté de 2 000 Euros de prix : 1 000 Euros pour les réponses individuelles et 1 000 Euros pour les réponses collectives (classes), voir ci-dessous.

Date d'ouverture du jeu-concours : 01/04/2010.

Date limite d'envoi des réponses : 30/06/2010.

Les réponses devront être envoyées par email à la Fédération Française des Jeux Mathématiques, au format .pdf, à l'adresse ffjm@wanadoo.fr

Le principe du jeu est simple : on donne six centrales, caractérisées par leur position et leur puissance, et quinze villes, caractérisées par leur position et leur consommation. Il s'agit de construire un réseau de distribution d'électricité, reliant les centrales aux villes. Le gagnant est celui qui aura conçu le "meilleur" réseau : le moins coûteux à installer.

Les raisonnements devront être explicités et leur qualité sera un élément déterminant d'appréciation.

I. Le Jeu-Concours

1. Le pays

Il sera représenté schématiquement par un carré de 1 000 km de côté. L'origine des axes sera le point en bas à gauche et les deux axes seront les côtés correspondants du carré. L'unité est le km.

2. Données générales

On dispose de six centrales, caractérisées par leurs coordonnées et leur production :

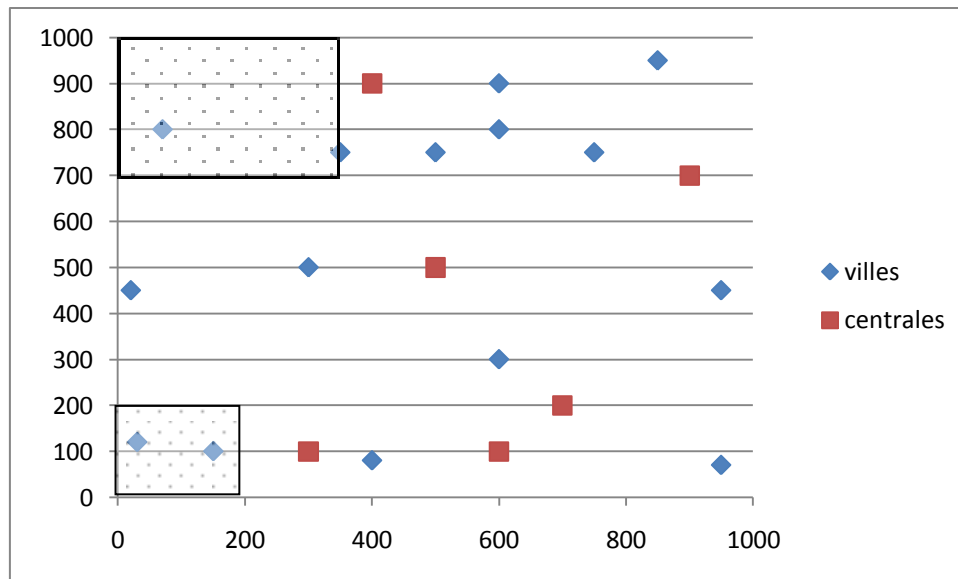
centrales	x	y	production (MW)
C1	300	100	900
C2	600	100	500
C3	700	200	1 200
C4	900	700	450
C5	500	500	750
C6	400	900	1 200
total			5 000

Tableau 1 : les centrales

On dispose également de quinze villes, caractérisées par leurs coordonnées et leur consommation :

villes	x	y	consommation (MW)
V1	150	100	200
V2	400	80	300
V3	950	70	200
V4	30	120	250
V5	600	300	300
V6	20	450	250
V7	300	500	300
V8	950	450	300
V9	70	800	250
V10	350	750	150
V11	500	750	250
V12	600	800	300
V13	600	900	100
V14	750	750	250
V15	850	950	250
total			3 650

Tableau 2 : les villes



Plan du pays, avec les villes, les centrales et les zones à protéger

3. Objectif

L'objectif est le suivant : chaque ville doit être alimentée en électricité HT. Une ville est considérée comme un point : l'alimentation des habitants à l'intérieur de la ville se fait ensuite en basse tension, et ceci ne concerne pas le présent problème, qui s'arrête à la HT.

4. Lignes

Deux sortes de lignes existent : Très Haute Tension (THT), à savoir 400 000 Volts, et Haute Tension (HT), à savoir 90 000 Volts. Les centrales produisent toujours de la THT. Les pertes en ligne, dues à l'effet Joule, sont inférieures lorsque la tension est plus élevée : il est donc obligatoire de mettre une ligne THT lorsque c'est possible, bien que le coût d'installation soit plus élevé.

Les villes doivent être alimentées en HT ; une conversion THT en HT est donc nécessaire. Elle est réalisée par des transformateurs. Le nombre et l'emplacement de ces transformateurs font partie du problème. Les seules contraintes les concernant sont :

- Ils ne doivent pas être à moins d'un km des villes ;
- Ils ne doivent pas se trouver dans les zones à protéger dont nous parlons plus bas.

L'objectif du jeu est de mettre en place les lignes THT, les lignes HT et les transformateurs, pour alimenter la population à coût minimal.

5. Données

On donne :

- Coût du km de ligne THT : 1 million d'Euros
- Coût du km de ligne HT : 300 000 Euros
- Coût unitaire par transformateur : 500 000 Euros

6. Zones à protéger

Deux zones sont considérées comme à protéger, parce que leurs habitants ne veulent pas voir de pylônes. Ce sont les zones :

$0 \leq x \leq 200, 0 \leq y \leq 200$ (coin en bas à gauche)

$0 \leq x \leq 350, 700 \leq y \leq 1000$ (coin en haut à gauche).

Dans ces zones, on ne peut pas faire passer de lignes THT ; il faut obligatoirement avoir recours à des lignes HT enterrées, dont le coût au km est de 1 million d'Euros.

7. Contraintes

Ce sont les suivantes :

- Chaque ville doit être servie en électricité ;
- Une ligne THT ou HT quelconque ne peut transporter plus de 1 GW ;
- Une ligne HT enterrée ne peut transporter plus de 0,3 GW ;
- Le réseau doit pouvoir fonctionner même en cas de panne de l'un quelconque de ses composants : si une centrale tombe en panne, ou bien une ligne THT, ou bien une ligne HT, ou bien un transformateur, tous les usagers doivent néanmoins être servis.

NB : on ne demande pas que le réseau puisse fonctionner en totalité en cas de panne simultanée de deux composants.

II. Commentaires

La production d'électricité et la consommation sont supposées constantes dans le temps : on ne prend pas en compte les variations journalières ou saisonnières (ce qui n'est évidemment pas conforme à la réalité).

La distance à prendre en compte est toujours la distance euclidienne à vol d'oiseau.

On ne prend pas en compte les pertes en ligne, ni les pertes dues aux transformateurs.

On cherche à minimiser le coût d'installation du réseau, sans s'occuper du coût d'exploitation. Celui-ci a été pris en compte lorsqu'on a décidé qu'il fallait installer des lignes THT, plutôt que des lignes HT, partout où c'était possible.

Chaque ligne peut se subdiviser autant que l'on voudra ; une même ligne peut relier plusieurs centrales et/ou plusieurs villes.

Les lignes peuvent se croiser, avec ou sans interconnexion.

On peut mettre plusieurs lignes en parallèle, mais cela n'implique pas de réduction de coût.

III. Prix décernés par la FFJM et la SCM, avec l'appui de RTE

Il y a deux catégories de prix :

Prix "individuels" :

Pour le vainqueur : 500 Euros
Pour le second : 200 Euros
Pour les trois suivants : 100 Euros chacun.

Prix "classes" :

Pour le vainqueur : 500 Euros
Pour le second : 200 Euros
Pour les trois suivants : 100 Euros chacun.

Les meilleures solutions seront publiées sur les sites web de la FFJM, de la SCM et de RTE.

La proclamation officielle des résultats et la remise des prix auront lieu le jeudi 26 août 2010, lors de la finale du Championnat des Jeux Mathématiques et Logiques, dans la Maison Internationale de la Cité Internationale Universitaire de Paris, 17 Boulevard Jourdan, 75014 Paris.

Le règlement complet du jeu-concours est disponible sur le site web de la FFJM. La participation au jeu-concours implique l'acceptation des conditions.