

# TP SdF N° 11

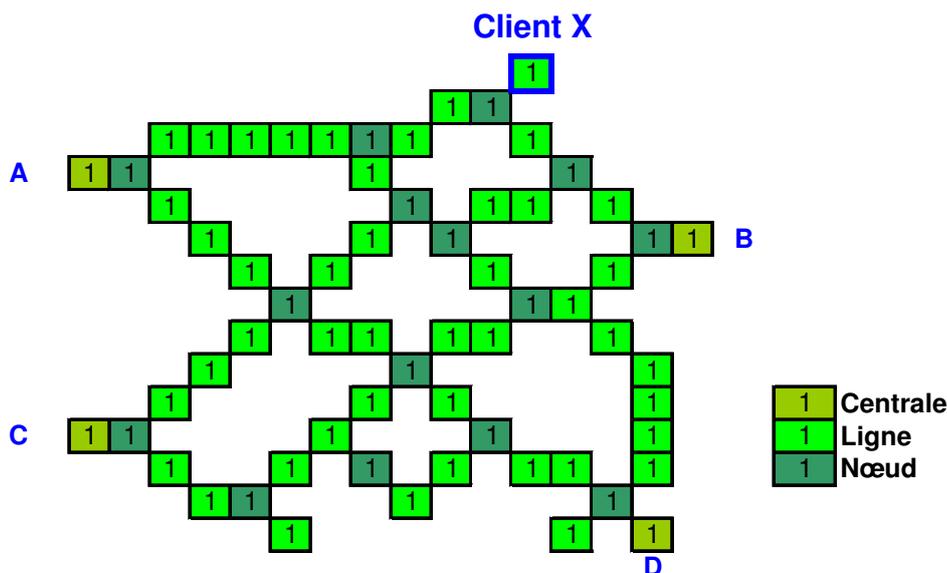
## Fiabilité opérationnelle de systèmes en réseaux

Ce TP a pour objet d'évaluer la disponibilité du service offert aux utilisateurs de systèmes en réseaux (énergie, télécommunication, transport...).

Ces systèmes se caractérisent par des moyens répartis dont la défaillance peut affecter un nombre plus ou moins important d'utilisateurs selon leur localisation dans le réseau et la topologie de ce dernier.

A titre d'exemple, le schéma ci-dessous représente un réseau électrique constitué de centrales, tronçons de ligne et nœuds d'interconnexions.

**Quelle est la disponibilité du service offert au client X, situé sur n'importe quel tronçon de ligne, sachant qu'il peut être alimenté indifféremment par l'une des 4 centrales électriques ?**



$$\lambda_C: 0,0009 \quad \mu_C: 0,003 \quad - \quad \lambda_L: 0,0005 \quad \mu_L: 0,01 \quad - \quad \lambda_N: 0,0007 \quad \mu_N: 0,005 \quad (\text{hr}^{-1})$$

**Réseau électrique**

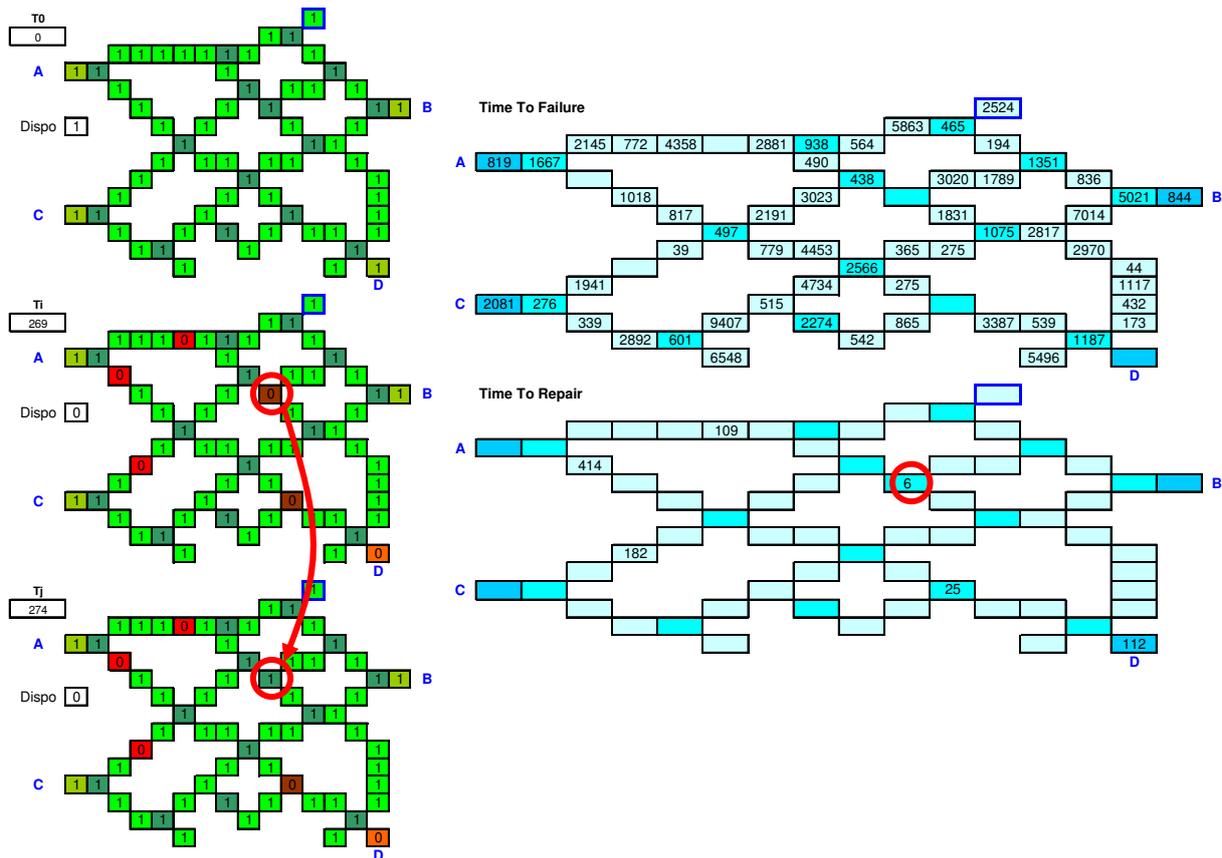
Ce problème peut se résoudre de différentes manières :

**. Par arbres de défaillance :**

Tous les constituants du réseau doivent alors être indépendants les uns des autres et le nombre de chemins d'alimentation en énergie doit être limité. En effet, l'identification des différents chemins possibles s'avère rapidement difficile, voire rédhibitoire, même sur un exemple aussi simple que celui ici traité.

**. Par simulation de type Monte-Carlo :**

La simulation de Monte-Carlo devient vite incontournable et la modélisation récursive apparaît particulièrement bien adaptée à la résolution de ce type de problème car elle permet de conserver la topologie du réseau dans le modèle de simulation.

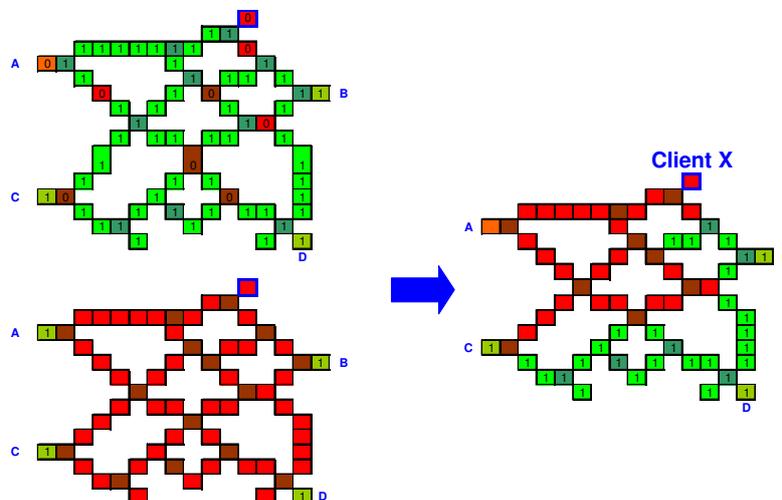


### Modèle de simulation

Le modèle représente le réseau aux instants  $T_0$ ,  $T_i$  et  $T_j$  ainsi que les durées avant les prochaines défaillances ou réparations de chacun des constituants (tirées aléatoirement) ; l'incrément  $\Delta T = T_j - T_i$  correspondant à la plus petite valeur parmi toutes ces durées (premier événement survenant après  $T_i$ ). Le modèle est élaboré à partir de seulement 3 équations par constituant élémentaire (k) :

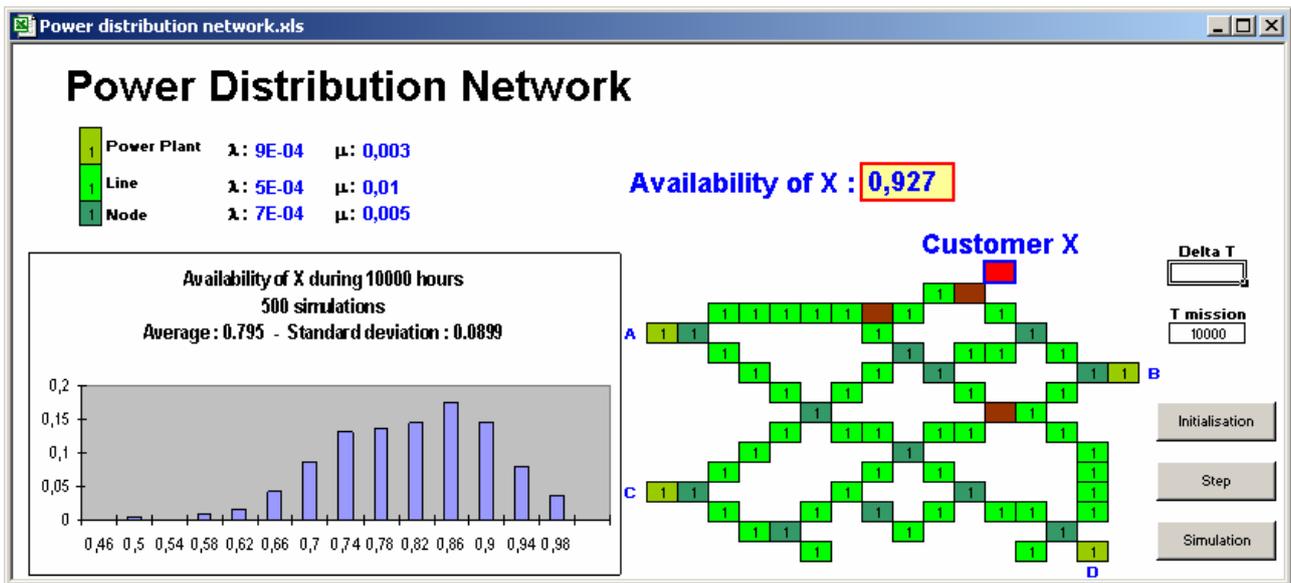
$$TTF_k = SI(E_{i_k} = 1; L\_Exp(Lbd\_tronçon); ""), TTR_k = SI(E_{i_k} = 0; L\_Exp(Mu\_tronçon); "") E_{j_k} = SI(\Delta T = TTF_k; 0; SI(\Delta T = TTR_k; 1; E_{i_k}))$$

Si ce modèle est particulièrement simple, la propagation des états énergétiques entre les divers constituants du réseau constitue une difficulté particulière. En effet, la multiplication des chemins possibles de transport d'énergie se transforme alors en autant de références circulaires qui ne peuvent se traiter directement sur tableur. Aussi une fonction matricielle de propagation d'état énergétique a-t-elle été développée et est proposée dans la version V7.1 du logiciel SIMCAB. Ayant pour arguments l'état de fonctionnement des constituants du réseau et la localisation des sources d'énergie, cette fonction générique fournit alors directement l'état énergétique de l'ensemble du réseau.



Fonction matricielle de propagation d'état énergétique

La disponibilité moyenne en n'importe quel point du réseau peut alors être évaluée durant une mission d'une certaine durée ou durant N missions afin d'obtenir les résultats sous forme de distributions statistiques.



Le modèle de simulation peut également être couplé à un outil d'optimisation afin d'optimiser les caractéristiques des constituants du réseau, voire la topologie même de ce dernier, selon un critère de performance sous contrainte de coût, par exemple.

Le réseau n'est pas limité en complexité (extension du modèle par fonction copier/coller du tableur) et ne doit pas nécessairement respecter l'hypothèse markovienne considérée dans cet exemple ( $\lambda$  et  $\mu$  constants).

Un réseau de télécommunication peut être traité de la même manière entre une source énergétique, correspondant à un émetteur, et un récepteur situés tous deux en des positions quelconques du réseau.

D'autres systèmes en réseaux, tels que les divers moyens de transport, peuvent également faire l'objet de modèles de simulation récursive.