

## **Optimisation des limites d'un réseau de transport d'énergie**

### **Entreprise**

Institut de recherche d'Hydro-Québec

### **Coordonnateur**

Michel Gendreau

Département de mathématiques et génie industriel

École Polytechnique de Montréal

### **Résumé**

TransÉnergie, division d'Hydro-Québec, exploite un réseau de transport à haute tension qui comprend près de 300 postes et centrales reliés par 600 lignes. Ces lignes transportent l'énergie produite par environ 400 alternateurs vers les zones de charge et vers les réseaux de transport hors-Québec. Les zones de charge elles-mêmes disposent de leurs propres réseaux, exploités par la division Hydro-Québec Distribution. Les réseaux de distribution ne sont pas considérés ici.

La capacité de transit de puissance du réseau de transport est limitée. Ces limites, exprimées en MW, sont de nature électrique (limites thermiques, limites de stabilité transitoire post-défaillances, limites de stabilité de tension post-défaillances, limites de soutien de tension). Compte tenu de la topologie radiale du réseau de transport, et pour en faciliter l'exploitation, les limites sont associées à des faisceaux de lignes, appelés corridors, ainsi qu'à quelques points névralgiques du réseau.

Le réseau de transport est conçu pour alimenter la charge de pointe ( $\sim 38$  GW): tous les équipements du réseau sont alors en service, et la quasi-totalité des alternateurs produisent au maximum de leur capacité. En dehors des quelques semaines de pointe annuelle, le réseau peut être et est de fait incomplet pour entretien. De plus, production et charge varient en fonction des heures, des conditions climatiques et des échanges avec les réseaux voisins. L'écoulement de la puissance dans le réseau est par conséquent très variable, comme ses limites.

Une équipe d'ingénieurs de TransÉnergie se consacre à la détermination de limites applicables à tous les états prévisibles du réseau. Pour simplifier leur tâche, ils divisent le réseau de transport en cinq sous-réseaux raisonnablement indépendants les uns des autres.

Dans le jargon des études, une topologie est définie comme la portion électriquement alimentée du sous-réseau étudié, c'est-à-dire le sous-réseau complet moins les équipements hors-service. Une configuration est définie comme une topologie associée (a) aux niveaux globaux de transit dans le sous-réseau étudié et dans les sous-réseaux voisins, (b) à des productions

ponctuelles particulières, (c) à la répartition de charge dans le sous-réseau étudié ou ailleurs, (d) au niveau de réserves, (e) aux niveaux de tension, et (f) à des paramètres qui à la fois caractérisent la charge et sont fonction de la température. Lors d’une étude, il n’est pas nécessaire de varier en continu les transits, productions, charges, réserves et paramètres, et donc une configuration peut être caractérisée par un vecteur de variables discrètes. On appellera “éléments” ces variables. Enfin, une probabilité d’occurrence peut être associée à une configuration.

Le nombre de configurations possibles est énorme. Et même si (a) les valeurs de nombreux éléments de configuration peuvent être fixées pour diverses raisons, et (b) de nombreuses configurations ne sont pas exploitables et ne font donc pas l’objet d’une détermination de limites, le nombre de configurations à considérer demeure imposant.

Il est impossible de définir une limite pour toutes les configurations, même avec les grappes de calcul disponibles à l’IREQ et bientôt à TransÉnergie. Il n’est pas non plus souhaitable de submerger les opérateurs du réseau de trop nombreuses limites. Jusqu’à ce jour, on a donc procédé à l’étude d’un nombre restreint de configurations de base, et à l’étude d’un nombre restreint ( $\sim 50$ ) de variations d’un, deux ou trois éléments par rapport à ces configurations de base. L’effet d’une variation d’élément, appelé restriction ou bonification selon son signe, est exprimé comme un écart à la limite d’une configuration de base. Aussi, pour couvrir avec sûreté le plus grand nombre possible de configurations, on considère que plusieurs variations ont toujours un effet additif, bien que nous sachions que l’effet global de plusieurs variations est presque toujours moindre que la somme des effets des variations isolées. Cette approche a pour conséquences que (a) les limites de base sont conservatrices puisque les configurations choisies sont relativement “sévères”, (b) plus le réseau diffère du réseau de base, plus les limites sont éloignées de l’optimum, et (c) les restrictions contiennent le plus souvent une marge de sécurité qui est fonction des variations qui leur sont explicitement ou implicitement associées. Au total, les limites d’exploitation sont souvent conservatrices, et lorsqu’elles prennent effet, des occasions d’alimenter plus de charge sont perdues.

L’enjeu consiste donc à identifier un ensemble restreint de variations ( $\sim 100$ ), auxquelles sont associées des restrictions/bonifications, qui maximise les limites de l’ensemble des configurations exploitables d’un sous-réseau, en tenant compte de leurs probabilités d’occurrence, et en permettant de fixer a priori certaines restrictions.