

# ANALYSE DE LA FRÉQUENCE SUR UN GRAND RÉSEAU INTERCONNECTÉ

par CARROL F. MERRIAM

Ingénieur à la Pennsylvania WATER-POWER C<sup>o</sup>

Dans une conférence récente aux Etats-Unis, il était question d'étudier les possibilités d'utiliser la dérivée de la fréquence par rapport au temps, au lieu de la simple fréquence comme paramètre de réglage ; mais on s'est aperçu que les participants n'avaient pas une idée nette des ordres de grandeur réels des vitesses de variation de fréquence que l'on peut rencontrer pour de grands réseaux interconnectés.

Aussi, M. J.-E. ALLEN, chef des essais de la Pennsylvania Water and Power C<sup>o</sup>, demanda à M. HESS de prendre quelques enregistrements rapides de la fréquence à SAFE HARBOR, en utilisant la plus grande vitesse possible de déroulement de l'enregistreur disponible. Les résultats correspondent aux courbes en trait plein des graphiques ci-joints. Ceux-ci ont été calqués sur les enregistrements originaux pour lesquels la vitesse de déroulement utilisée à son maximum, était de 30,5 cm. par minute. L'échelle verticale est telle que 4 cm. 06 représentent 1/10 de période (à 60 périodes par seconde). Pour avoir une idée de l'échelle considérable ainsi adoptée, il suffit de se rendre compte que le zéro serait à environ 24,4 mètres en dehors du papier. La ligne correspondante à 60 périodes n'est pas indiquée puisque la valeur absolue de la fréquence n'était pas indiquée, mais seulement les variations relatives.

La courbe ainsi enregistrée a été divisée par M. Paul BOCK et Miss Edith NAUKIWELL en utilisant un miroir pour déterminer les normales à la courbe, à des intervalles serrés. Les normales permirent de déterminer graphiquement les pentes ou vitesses de variation, ce qui donne la courbe marquée « variation de vitesse en périodes par seconde » (Cycles/seconde<sup>2</sup>).

Il est aussi intéressant de voir comment la fréquence intégrée diffère de la fréquence moyenne durant chaque intervalle de 2 minutes. Le résultat de cette intégration peut s'exprimer : « Degrès électriques de déphasage » et se traduit

par la courbe « fréquences accumulées en périodes ».

Cet essai représente, sans doute, un bon exemple des conditions que l'on rencontre dans un grand réseau interconnecté. Ils furent faits un après-midi de semaine, pour éviter les conditions extrêmes des heures de pointe, ou, au contraire, les « creux » de la nuit.

Le total de la puissance interconnectée au moment des essais peut être estimé à 5 millions de KW lorsque l'interconnection avec NEW-YORK est coupée et à 11 milliards de KW lorsque l'interconnection avec NEW-YORK et la Nouvelle Angleterre est établie.

Théoriquement, la courbe de fréquence d'un réseau est la conséquence d'augmentations ou de diminutions de l'énergie cinétique de toutes les masses tournantes aussi bien génératrices que motrices, réalisées au réseau. Les diminutions proviennent d'augmentations de charge du fait des consommateurs et des diminutions de charge aux génératrices quand les régulateurs font fermer les groupes par suite d'une fréquence trop élevée. De même, les augmentations sont causées par des diminutions de la charge demandée ou par une augmentation de charge aux génératrices due à une augmentation d'ouverture provoquée par les régulateurs quand la fréquence est trop basse.

L'effet de changements de charge dans le réseau, peut être considéré comme correspondant sensiblement aux valeurs statistiques pendant des temps suffisamment courts, tandis que les lois de réponse des génératrices sont une fonction de la fréquence. Si l'on considère le comportement désordonné qui a été observé pour bien des régulateurs, on peut se demander de même, s'il n'est pas en grande partie accidentel.

L'effet théorique des augmentations ou diminutions brusques de charge de nature purement accidentelle, donnerait une courbe de fréquence

en dents de scie, ressemblant en quelque sorte, à une cote en bourse où une myriade de réactions complexes se combinent pour faire la hausse ou la baisse sans signes précurseurs.

Un fait particulièrement important est mis en évidence par ces essais.

En dépit du fait que l'enregistreur était parfaitement capable d'enregistrer des changements de fréquence de  $1/3$  de période par seconde, soit cinq fois l'accélération maximum observée, toutes les fluctuations restent d'allure sinusoïdale non anguleuse. Quand une ondulation de ce type est dérivée, on trouve une autre courbe également d'allure sinusoïdale, mais déphasée en avant de  $90^\circ$ .

L'absence de point anguleux met en évidence la nature « élastique » des transmissions électriques. Une prise de charge brusque en un point du réseau qui, M. ALLEN l'a montré, produit une saute brusque de fréquence en ce point, rapidement s'émousse à mesure que la perturbation de fréquence se propage au loin dans l'ensemble du réseau.

En conséquence, les génératrices, en particulier celles qui sont loin du point de changement de charge, ne ressentent pas la brusquerie de la prise en charge, comme on l'admet dans certaines analyses mathématiques du problème de la régulation. Tout se passe comme si la puissance était transmise par un long arbre élastique.

Ceci doit être pris en considération dans l'étude de la possibilité d'utiliser « l'inertie » ou son équivalent, dans le fonctionnement des régulateurs.

Suivant l'analyse mathématique classique considérée ci-dessus, l'accélération au moment d'une prise en charge, peut sembler si grande que l'on pourrait craindre une action « par bonds » du régulateur. De plus, comme l'écart d'accélération — partie de l'accélération nulle — commence au même instant que la fréquence s'écarte de la valeur normale, le gain de temps résultant du fait que l'accélération est en avance sur la fré-

quence, n'est pas grand. La valeur du réglage par l'accélération peut être mis en question de ce point de vue théorique. D'autre part, si l'on considère la vraie nature de ce qui se passe en fonctionnement normal, nous voyons que l'utilisation de l'accélération comme moyen d'obliger le régulateur de prévoir la tendance de variation de fréquence est un moyen certain de stabiliser l'action du régulateur.

Le but poursuivi en enregistrant les courbes a été de donner à ceux qui veulent faire des applications, un ordre de grandeur des forces à mettre en jeu dans les dispositifs détecteurs à employer.

Cette analyse peut aussi intéresser ceux qui envisagent l'utilisation de dispositifs électromiques au lieu de dispositifs mécaniques pour arriver aux mêmes fins.

En estimant le bénéfice à tirer de l'emploi de tels dispositifs, il faut se rappeler que le but n'est pas, ici, d'approcher la perfection dans le maintien de la fréquence ou d'établir dans nos réseaux un temps, une constante de temps de qualité astronomique.

A ce point de vue, la perfection a été pratiquement atteinte du fait de l'importance des réseaux interconnectés. Aussi, les Sociétés de production électrique ne s'en préoccupent pas essentiellement.

La véritable raison d'être de la détection de l'accélération, tient du fait que l'onde d'accélération se propage à partir du point de changement de charge et que, par conséquent, elle sera ressentie d'abord par les génératrices qui sont les plus proches. Si les régulateurs de ces groupes ont les moyens de détecter et d'agir au passage de cette onde, la propagation de celle-ci en sera convenablement affectée.

Il en résultera que les lignes d'interconnection seront moins sujettes aux fluctuations de charge, car les régulateurs de chaque zone de production répondront mieux aux variations de charge produites dans leur propre zone d'influence.