

Optimisation de la production d'une centrale hydroélectrique

Projet de session 3

HEBERT Ségolène, SEUANES-PEREIRA Jean-Baptiste, PATTIER Lilian

HEBS02629605, SEUJ18099601, PATL21039604

16 avril 2019



Maîtrise informatique (3037)

Cours 8INF912 - Résolution de problèmes industriels

Table des matières

1	Méthodologie	5
1.1	Onglet de puissance instantanée	5
1.2	Onglet de puissance sur plusieurs cycles	5
2	Résultats	6
3	Discussion	7

Table des figures

1	Premier onglet de notre interface graphique	6
2	Deuxième onglet de notre interface graphique	6

Introduction

Contexte d'étude

Quelques mois auparavant, l'entreprise X a fait un appel d'offres pour octroyer un contrat très intéressant sur le développement de logiciels pour la gestion de la production hydroélectrique de leurs centrales. En tant qu'entreprise de consultation en informatique, nous sommes intéressé par cette demande, malgré le manque d'expérience en gestion de production hydroélectrique, car ce type d'énergie est très intéressant et prédominant au Québec. Cette étude est la troisième et dernière que nous produisons en réponse à cet appel d'offres.

La centrale à laquelle nous nous intéressons tout particulièrement pour le développement de notre solution de gestion des turbines est la centrale Chute-Savane faisant partie du système Saguenay Lac-Saint-Jean. L'entreprise X nous fournit pour cette centrale les données réelles de production et le débit turbiné de chaque turbine, ainsi que l'élévation amont et le débit total turbiné de 2013 à 2017 pris toutes les 2 minutes.

Rappels des résultats obtenus précédemment

Lors de notre première étude, nous avons modélisé, à l'aide de régressions polynomiales, les fonctions de production de chaque turbine en fonction de la hauteur de chute nette ainsi que du débit turbiné en utilisant les données reçues de l'entreprise X. Nous avons également modélisé l'élévation aval en fonction du débit total turbiné. Pour obtenir les coefficients des polynômes modélisant nos fonctions, nous nous étions fixé comme objectif de parvenir à un coefficient de détermination R^2 d'au moins 0.999 et de choisir les degrés les plus bas possibles. Les modélisations ainsi obtenues sont les suivantes :

$$f_{elav}(Q_{tot}) = -1,393.10^{-6} + 0,006943Q_{tot} + 100Q_{tot}^2 \quad (1)$$

$$P_1(h, q) = 20,44 - 0,5908h - 0,138q + 0,01402hq - 0,0003412q^2 \quad (2)$$

$$P_2(h, q) = 0,6415 - 0,01847h - 0,1848q + 0,004656hq + 0,003525q^2 + 3,52.10^{-5}hq^2 - 1,655.10^{-5}q^3 \quad (3)$$

$$P_3(h, q) = 0,7799 - 0,02261h + 0,1995q - 0,001695hq - 3,519.10^{-5}q^2 + 7,235.10^{-5}hq^2 - 9,338.10^{-6}q^3 \quad (4)$$

$$P_4(h, q) = 17,91 - 0,512h - 0,4176q + 0,0106hq + 0,004513q^2 + 2,047.10^{-5}hq^2 - 1,827.10^{-5}q^3 \quad (5)$$

$$P_5(h, q) = 16,02 - 0,4612h - 0,08307q + 0,01352hq - 0,0004633q^2 \quad (6)$$

Ainsi, lors de notre seconde étude, après l'obtention de ces résultats, nous avons programmé un algorithme dynamique permettant de décider du débit à turbiner à associer à chaque turbine afin de maximiser la puissance totale d'énergie produite. L'algorithme s'adapte en fonction du débit maximal pouvant être turbiné et au nombre de turbines en fonctionnement. Les résultats que nous avons obtenus sont convaincants, car après comparaison, ils sont similaires, et même légèrement supérieurs à ceux que la centrale obtient actuellement.

Objectifs

L'objectif de cette dernière étude est donc de développer une interface utilisateur pour les opérateurs des centrales hydrauliques afin de faciliter l'obtention des résultats de notre algorithme. Ainsi, l'utilisateur entrera en paramètres le débit souhaité et l'élévation amont, ainsi que l'utilisation où non de l'ensemble des turbines et le débit maximal associé à ces dernières. Il visualisera alors le débit turbiné et la hauteur de chute nette de chaque turbine, ainsi que la puissance produite de

chaque turbine et la puissance totale. De plus, l'utilisateur, s'il le souhaite, pourra visualiser les résultats pour chacune des turbines sur 20 itérations à l'aide d'un graphique.

Nous présenterons dans cette étude l'interface que nous avons développée dont nous détaillerons le processus. Nous expliquerons le choix du langage que nous avons retenu ainsi que les choix esthétiques de cette dernière. Enfin, nous présenterons les résultats que nous avons obtenus.

1 Méthodologie

Nous avons fait le choix, dans la lignée des projets précédents, de développer notre interface graphique avec le langage JAVA. Nous utilisons la bibliothèque graphique SWING et des éléments du toolkit AWT.

Nous avons structuré notre application de façon à ce qu'elle soit la plus ergonomique possible. Nous avons donc divisé la fenêtre en deux onglets. Le premier onglet correspond à une simulation de puissance instantanée, le second correspond à une simulation sur plusieurs cycles. Détaillons dans un premier temps le premier onglet.

1.1 Onglet de puissance instantanée

L'utilisateur dispose d'un panneau de contrôle à gauche et d'un panneau de visualisation à droite. Le panneau de contrôle permet à l'utilisateur de spécifier le débit à turbiner et l'élévation amont de la centrale. Il peut également spécifier le débit maximum des différentes turbines à l'aide d'un curseur ainsi que leur potentiel état de dysfonctionnement (maintenance) à l'aide d'une tickbox. Lorsque les paramètres ont été réglés, l'utilisateur peut lancer la simulation : les différents réglages sont alors envoyés dans notre programme d'optimisation qui affiche ainsi le résultat dans la partie droite de la fenêtre.

Le panneau de droite offre une visualisation pratique de l'état de la centrale : tous les paramètres sont affichés avec un code couleur pour faciliter le repérage. On peut ainsi consulter d'un coup d'oeil l'état des différentes turbines (en panne, en fonctionnement, en arrêt) ainsi que les débits turbinés et les différentes puissances produites. On peut également consulter les informations liées à la centrale comme le débit turbiné et l'éventuel débit évacué, ainsi que la puissance totale produite.

Ainsi, cet onglet de puissance instantanée permet de régler rapidement les paramètres et d'effectuer une simulation de production optimale pour notre centrale.

1.2 Onglet de puissance sur plusieurs cycles

Le cahier des charges imposait de pouvoir visualiser la répartition des débits des turbines sur plusieurs cycles dans différents graphes. Pour ce faire, le programme devait prendre en entrée les paramètres du fichier excel fourni, effectuer les simulations sur les 20 premières lignes puis afficher les résultats dans des graphiques. Nous avons pour cela utilisé deux librairies externes :

La librairie APPACHE POI nous a permis de pouvoir lire dans un fichier EXCEL, afin d'y extraire les paramètres à donner à notre simulation. Nous lisons donc les 20 premières lignes du fichier excel puis nous lançons notre programme d'optimisation pour chacun de ces 20 cas. Enfin, nous avons recours à la librairie JFREECHART afin d'afficher les graphiques correspondant aux débits des différentes turbines pour chacune de ces simulations.

L'utilisateur dispose ainsi d'un bouton pour lancer le processus. A la fin du processus, les différents graphiques s'affichent.

2 Résultats

Nous allons vous présenter ici l'interface utilisateur que nous avons développée pour les opérateurs de centrales hydroélectriques. Comme on peut le voir avec la figure 1, il y a deux onglets. Le premier onglet s'intitulant "Simulation instantanée" permet à l'utilisateur de rentrer, dans un premier temps, le débit ainsi que l'élévation amont de sa centrale. Dans un second temps, il rentre les caractéristiques de chacune de ses turbines, à savoir son débit maximum ainsi que sa disponibilité. Une fois que l'utilisateur a cliqué sur le bouton "Appliquer", il peut visualiser les résultats sur la droite de son écran. Il peut également réinitialiser les résultats en cliquant sur le bouton "Reinit".

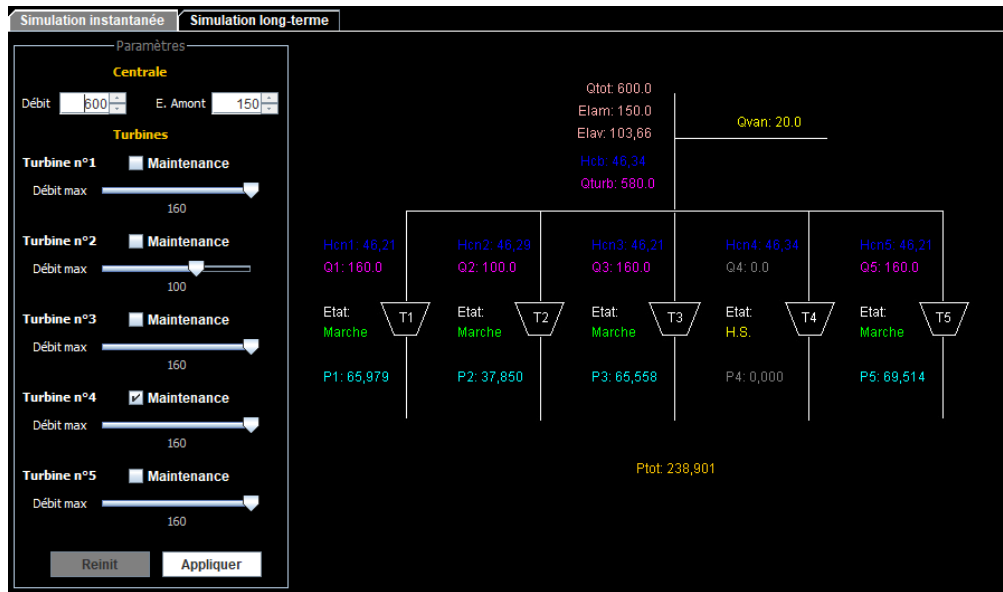


FIGURE 1 – Premier onglet de notre interface graphique

De plus, le second onglet s'intitulant "Simulation long-terme" permet à l'utilisateur de visualiser les résultats de l'algorithme dynamique sur 20 itérations pour l'ensemble des turbines comme on peut le voir avec les figure 2.

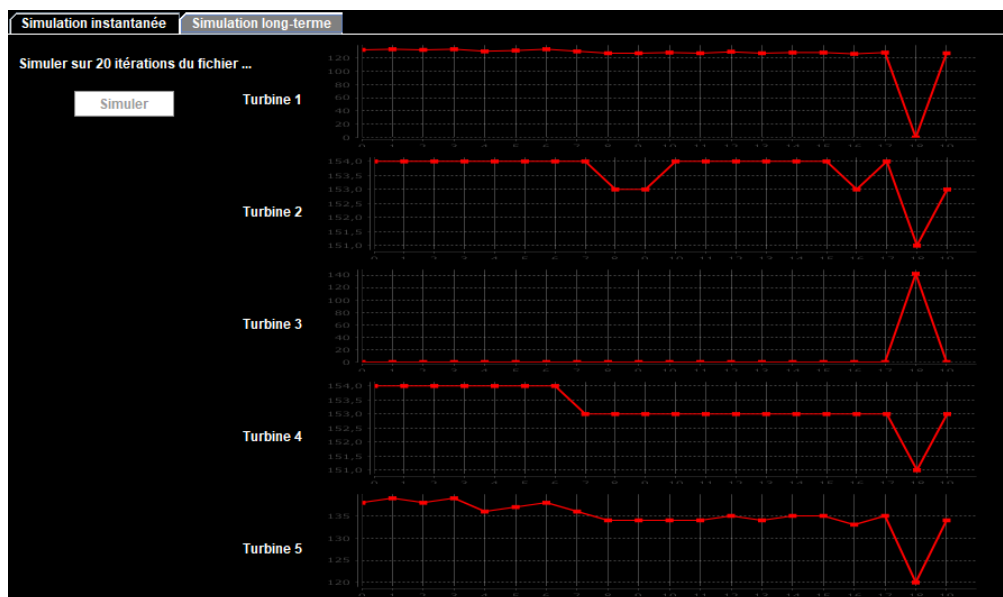


FIGURE 2 – Deuxième onglet de notre interface graphique

3 Discussion

Nous voulions faire une interface utilisateur qui soit la plus intuitive et simple d'utilisation possible afin que l'opérateur de centrale hydroélectrique puisse se concentrer sur les résultats plutôt que sur la manière dont il peut les obtenir. Ainsi, nous avons fait le choix de mettre l'ensemble des réglages à gauche de l'écran, et les résultats à droite comme nous pouvons le voir sur la figure 1. Nous avons aussi fait le choix de faire deux onglets distincts afin que l'utilisateur ne soit pas noyé sous la masse d'informations.

De plus, nous avons choisi de visualiser l'ensemble des graphiques associés aux turbines dans un même onglet pour pouvoir voir les résultats dans leur ensemble. Cela nous a paru plus pratique, plutôt que de n'afficher qu'une turbine à la fois. Cela facilite également la détection d'erreurs potentielles dans les résultats fournis par notre algorithme dynamique.

Enfin, nous avons rencontré des difficultés pour établir le graphique sur 20 itérations. Ce simple onglet nécessite deux bibliothèques externes, l'une pour lire les fichiers Excel, l'autre pour implémenter des graphiques. Nous avons été confrontés à certains problèmes de compatibilités, et certains dysfonctionnements dans les classes externes. Nous avons cependant surmonté cette difficulté après quelques heures de tentatives. Nous avons ainsi découvert un nouvel aspect des interfaces utilisateurs.

Nous avons également rencontré des difficultés lors de la création de l'exécutable. Les bibliothèques externes fonctionnaient dans le cadre de l'environnement de développement mais ne fonctionnaient plus lorsque nous générions le fichier d'extension JAR. Finalement, nous avons réussi à surmonter ces obstacles.

Conclusion

Nous avons développé une interface utilisateur pour les opérateurs de centrales hydroélectriques simple et intuitive afin de faciliter l'obtention des résultats donnés par notre algorithme dynamique que nous avons programmé lors de la deuxième étude. Ainsi, l'utilisateur rentre les paramètres de la centrale, tels que le débit et l'élévation amont, ainsi que ceux de chacune de ses turbines, tels que la disponibilité et le débit maximum, et visualise les résultats en un seul clic. Il peut ainsi connaître le débit turbiné et la hauteur de chute nette de chaque turbine, ainsi que la puissance produite de chaque turbine et la puissance totale. L'utilisateur peut également visualiser la simulation sur le long terme avec un graphique représentant les résultats sur 20 itérations. L'opérateur de centrale hydroélectrique a donc tous les résultats nécessaires à la maximisation de la production d'énergie de sa centrale hydroélectrique.

Les perspectives d'évolution de notre travail sont multiples. En effet, nous pourrions améliorer le design de notre interface utilisateur afin de la rendre plus agréable et lui donner un aspect davantage professionnel, notamment en utilisant de vraies images de turbines qui pourraient, par exemple, être en mouvement lorsque la turbine est utilisée. Nous pourrions également transformer le nombre d'itérations (ici 20) pour la simulation sur le long terme en paramètre que l'utilisateur réglerait. Ainsi, s'il le souhaite, il pourra visualiser l'ensemble des résultats de la simulation sur une journée entière. Nous pourrions également rendre notre fenêtre "responsive" de façon à ce qu'elle s'adapte à la taille d'écran de l'utilisateur, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Enfin, nous aurions pu avec plus de temps perfectionner l'expérience utilisateur, notamment en affichant un écran de chargement lors du lancement de la simulation pour plusieurs cycles.