

15 EXERCICES ÉNERGIE HYDRAULIQUE

Exercice 15.1 : Centrale hydraulique du Rocher-de-Grand-Mère

Au début du 20^{ième} siècle, en 1916, la centrale hydraulique du Rocher-de-Grand-mère est mise en service. L'énergie unitaire massique exploitable de la chute était de $E_{massique} = 235 \text{ J/kg}$ tandis que le débit arrivant aux bornes de la roue était de $V = 776 \text{ m}^3/\text{s}$. Le rendement hydraulique pour cette installation était alors de $\eta_{hydrau} = 88\%$. Le facteur d'utilisation atteignait approximativement les $FU = 51\%$ pour une production annuelle de $E_{elec, avant} = 675 \text{ GWh}$.

En 1990 la centrale arriva en vie de fin et fut considérée comme désuète. Hydro-Québec décida alors de se lancer dans un projet visant à construire une nouvelle centrale, la centrale hydraulique du Rocher-de-Grand-Mère, en récupérant et rénovant le matériel de la centrale obsolète. En 2004, les travaux arrivèrent à leur terme, la puissance installée est maintenant de $P_{elec, après} = 230 \text{ MW}$ pour une production annuelle de $E_{elec, après} = 1,2 \text{ TWh}$ et un investissement total de 520 M\$. Les coûts de maintenance sont considérés égaux à 5% du capital d'investissement.

Hypothèses formulées pour la nouvelle centrale :

- Rendement des turbines : 91 %
- Rendement des alternateurs : 97%

Données supplémentaires :

- Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$
- Prix de revente de l'électricité : $Cost_{elec} = 0,09 \text{ \$/kWh}$

QUESTIONS

En 1916 :

Question 1a : Quelle était la hauteur de chute exploitée (en mètre, arrondi à l'entier supérieur) ?

Question 1b : Quelle puissance mécanique était développée par la centrale (en MW, arrondi à l'entier supérieur) ?

Question 1c : Quelle était la capacité électrique installée de la centrale (en MW, arrondi à l'entier supérieur) ?

En 2004

Question 2a : Quelle est le nouveau facteur d'utilisation (en %, arrondi à l'entier supérieur) ?

Question 2b : Quelle est la nouvelle valeur de la puissance mécanique (en MW, arrondi à l'entier supérieur) ?

Question 2c : En négligeant tous les taux d'actualisation, quelle est la PRI simple du projet (arrondi à un chiffre après la virgule) ?

RÉPONSES

En 1916 :

Question 1a : Quelle était la hauteur de chute exploitée (en mètre, arrondi à l'entier supérieur) ?

$$H = \frac{E_{massique}}{g} = \frac{235 \text{ [J/kg]}}{9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]} = 24 \text{ m}$$

Question 1b : Quelle puissance mécanique était développée par la centrale (en MW, arrondi à l'entier supérieur) ?

$$P_{m_{avant}} = \rho_{eau} * V * E_l = \rho_{eau} * V * (n_{hydrau} * E_{massique}) * \frac{1}{1\,000\,000} \text{ [MW/W]}$$

$$P_{m_{avant}} = 997 * 766 * 0,88 * 235 * \frac{1}{1\,000\,000} = 160 \text{ MW}$$

Ici on divise par 1 000 00 pour convertir les W en MW. A noter qu'ici la variable E_l est l'énergie massique disponible aux bornes de la roue.

Question 1c : Quelle était la capacité électrique installée de la centrale (en MW, arrondi à l'entier supérieur) ?

$$P_{elec_{avant}} = \frac{E_{elec_{avant}} * 1000}{FU * 8760} = \frac{675 * 1000}{0,51 * 8760} = 151 \text{ MW}$$

Ici on multiplie par 1000 pour convertir les GWh en MWh

En 2004

Question 2a : Quelle est le nouveau facteur d'utilisation (en %, arrondi à l'entier supérieur) ?

$$Facteur_{utilisation_{apres}} = \frac{E_{elec_{apres}} * 100\,000}{P_{elec_{apres}} * 8760} = \frac{1,2 * 1\,000\,000}{230 * 8760} = 60 \%$$

Ici on multiplie par 1 000 000 pour convertir les GWh en MWh

Question 2b : Quelle est la nouvelle valeur de la puissance mécanique (en MW, arrondi à l'entier supérieur) ?

$$\eta_{apres} = \frac{P_{elec_{apres}}}{P_{hydrau_{apres}}} \Rightarrow P_{elec_{apres}} = \frac{P_{m_{apres}}}{n_{hydrau_{apres}} * n_{elec_{apres}}} = \frac{230}{0,91 * 0,97} = 261 \text{ MW}$$

Question 2c : En négligeant tous les taux d'actualisation, quelle est la PRI simple du projet (arrondi à un chiffre après la virgule) ?

$$PRI = \frac{CAPEX}{Gain_{prod_{elec}}} = \frac{CAPEX}{(E_{elec_{apres}} * 1000 - E_{elec_{avant}}) * Cout_{elec} - OPEX}$$

$$PRI = \frac{520 * 10^6}{(1,2 * 1000 - 675) * 0,09 * 10^6 - 0,05 * 520 * 10^6} = 24,5 \text{ ans}$$

Cette valeur de PRI pour un barrage hydraulique est relativement faible mais c'est tout l'intérêt de rénovation d'une ancienne centrale qui permet de minimiser les coûts grâce notamment à la récupération de matériel.