

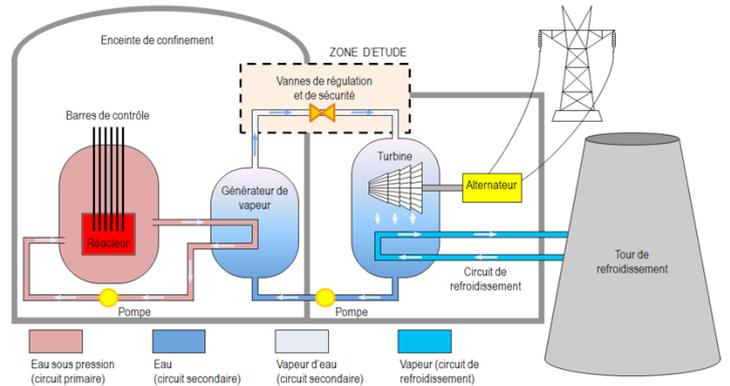
TD asservissement : Régulation d'un GTA (E3A MP 2017)

Régulation d'un GTA (Groupe Turbo-Alternateur) dans une centrale nucléaire

Une centrale nucléaire contient plusieurs transformations d'énergie.

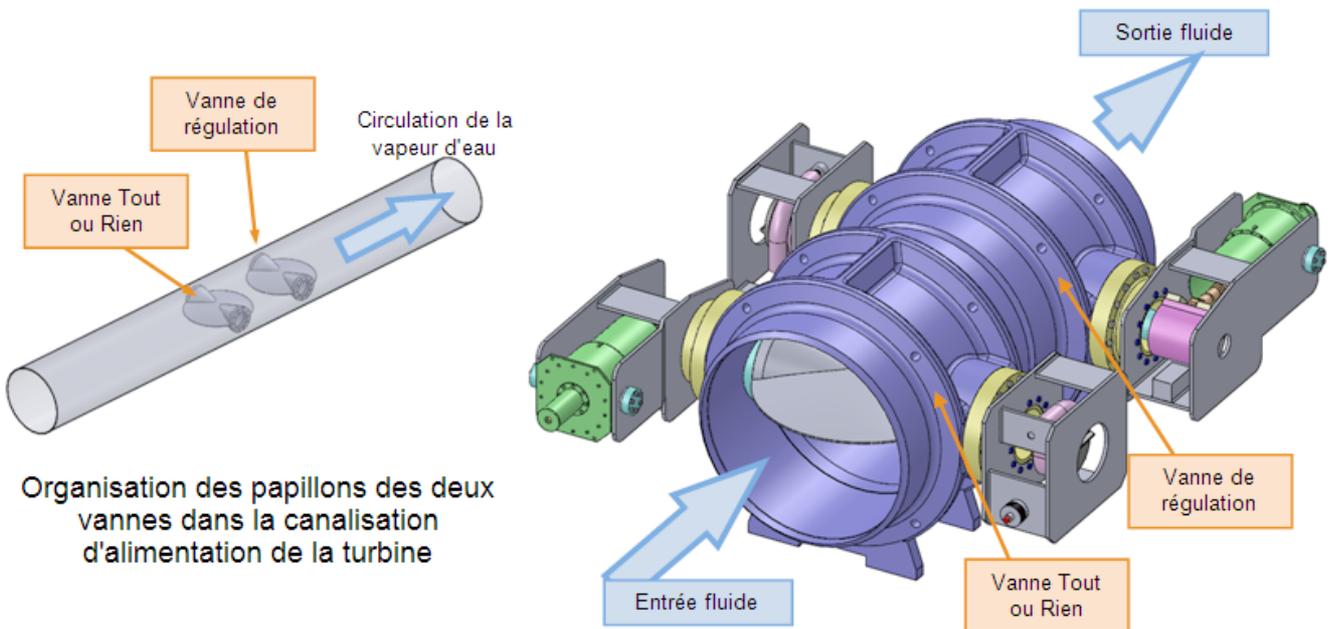
On va s'intéresser à la transformation de l'énergie thermique de la vapeur d'eau du circuit secondaire en énergie mécanique de rotation de la turbine.

La zone d'étude se limite aux vannes de régulation et de sécurité.



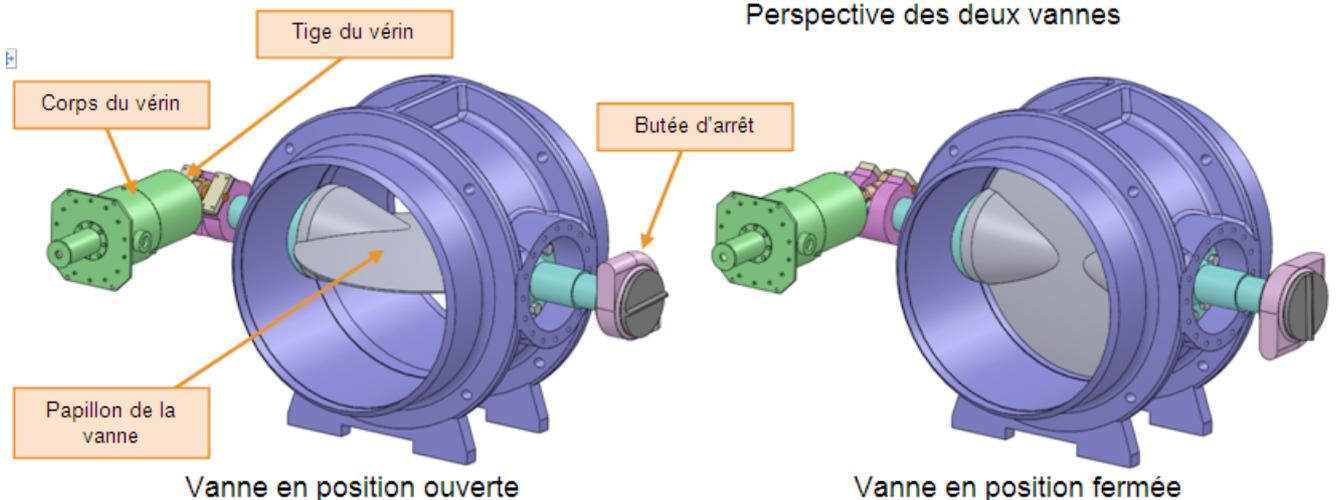
L'objet de notre étude porte sur deux vannes installées sur le circuit secondaire. Ces deux vannes quasi identiques ont deux fonctions différentes :

- ✓ Vanne de régulation VI : permet de réguler le débit de vapeur et donc la fréquence de rotation de la turbine.
- ✓ Vanne Tout ou Rien VM : permet de couper le circuit en cas d'alerte de sécurité.



Organisation des papillons des deux vannes dans la canalisation d'alimentation de la turbine

Perspective des deux vannes



Le débattement angulaire de l'obturateur (papillon) est d'un quart de tour pour passer de la position section de passage nulle (vanne totalement fermée) à section de passage maximale (vanne totalement ouverte).

La fréquence du courant électrique produit par l'alternateur est liée à la vitesse de rotation de l'alternateur installé en bout d'arbre de la turbine. Cette vitesse de rotation est liée au débit de fluide circulant dans les canalisations d'alimentation de la turbine. Il est donc nécessaire de réguler ce débit.

Nous allons étudier les éléments de nature à garantir cette contrainte de vitesse de rotation du GTA et son contrôle en cas d'incident en relation avec le débit de vapeur du circuit secondaire alimentant la (ou les) turbine(s).

Asservissement en position de la vanne de régulation.

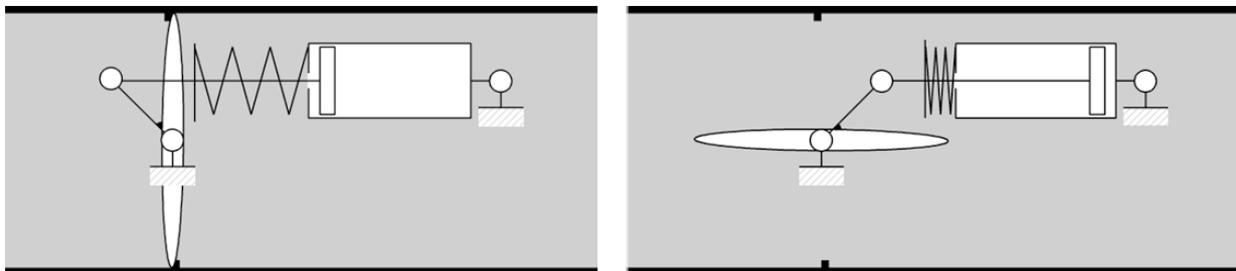
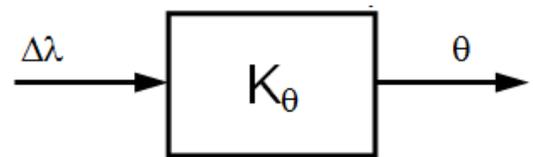
Le débit de vapeur alimentant la turbine est piloté par une vanne « quart de tour » dont la position angulaire est asservie.

L'objectif de cette partie est de vérifier les exigences du cahier des charges suivantes :

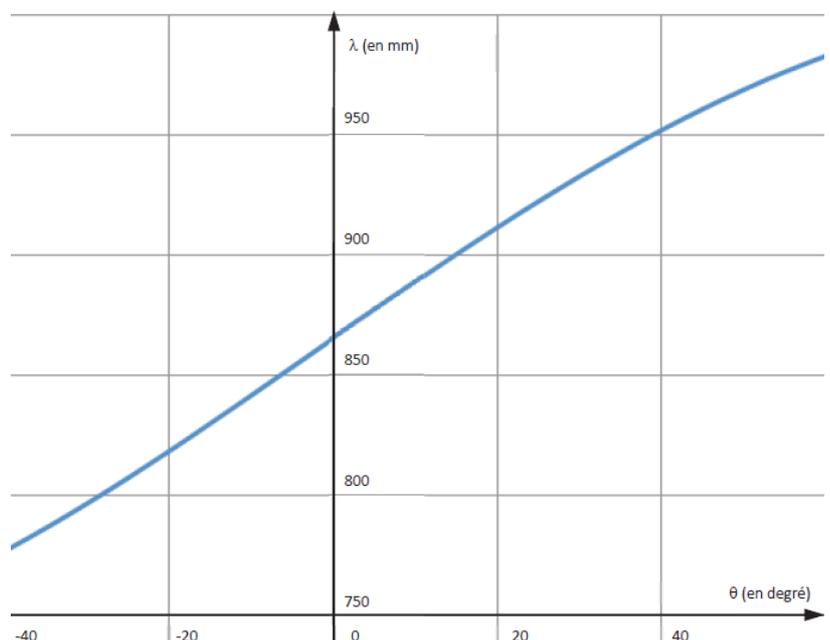
- ✓ Le temps de réponse à 5% de la vanne doit être inférieur à 2s.
- ✓ L'écart statique de position de la vanne doit être nul pour une entrée de type échelon.

Etude géométrique de la vanne

La vanne est mise en rotation par l'intermédiaire d'un vérin hydraulique dont le débit d'alimentation est contrôlé par une électrovanne.



Une simulation numérique du fonctionnement du mécanisme conduit au tracé de l'évolution du paramètre λ (translation du vérin) en fonction de l'angle θ (rotation de la vanne).



- Q1** Identifier la valeur numérique du gain K_θ tel que $\theta = K_\theta \cdot \Delta\lambda$ (avec θ en radian et $\Delta\lambda$ en mm) fournissant le modèle linéarisé du mécanisme d'ouverture.
 $\Delta\lambda$ caractérise la variation d'abscisse de la tige du vérin par rapport à la position centrée ($\theta = 0$).

Modèle simplifié du comportement de l'asservissement de la vanne

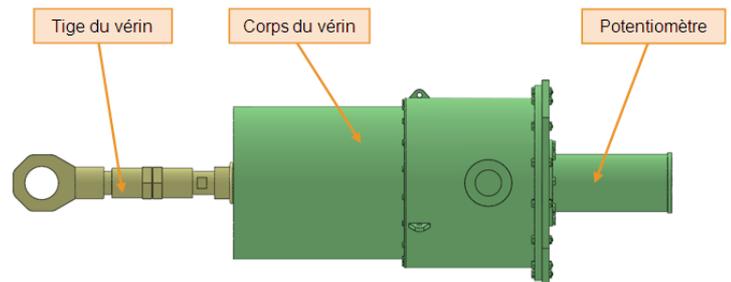
Le vérin est alimenté par une électrovanne (entrée tension de commande $u(t)$, sortie débit $q(t)$ débit volumique) dont le comportement est modélisé par un gain pur de valeur K_{ev} .

La section utile du vérin est notée S . On donc : $q(t) = S \cdot \frac{d\Delta\lambda}{dt}$

- Q2** Déterminer la fonction de transfert du vérin, notée $H_v(p)$ du vérin entre le débit d'alimentation $Q(p)$ et la variation $\Delta\lambda(p)$ de la tige du vérin.

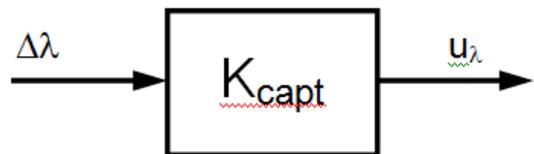
La mesure de l'angle θ n'est pas réalisée directement, un potentiomètre rectiligne mesure le déplacement de la tige du vérin.

Ce capteur de gain K_{capt} délivre une tension $u_\lambda(t)$ image de la position définie par $\Delta\lambda(t)$.



Le potentiomètre de comportement linéaire a une course électrique de 200mm et est alimenté par une tension de 24V.

Le signal délivré $u_\lambda(t)$ est proportionnel au déplacement et $0 \leq u_\lambda(t) \leq 24$.



- Q3** Déterminer la valeur numérique du gain pur du potentiomètre K_{capt} à exprimer en unité SI. Préciser son unité.

Un bloc de gain k transforme la consigne angulaire $\theta_c(t)$ (exprimée en radian) en une tension $u_c(t)$.

Un correcteur de gain pur C amplifie l'écart entre la tension de consigne $u_c(t)$ et la tension issue du capteur et délivre la tension d'alimentation de l'électrovanne $u(t)$.

Cette tension amplifiée alimente l'électrovanne de commande du vérin.

- Q4** Construire le schéma-bloc du système avec l'entrée $\theta_c(p)$ et la sortie $\theta(p)$. On précisera pour chaque bloc, la fonction de transfert associée, sous forme littérale.

- Q5** Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $H_1(p)$ (entrée $\theta_c(p)$, sortie $\theta(p)$) à mettre sous forme canonique. En déduire ses grandeurs caractéristiques.
- Q6** Quelle valeur donner à k pour avoir un gain statique unité de $H(p)$?
- Q7** Conclure quant à la validation du critère de précision du diagramme des exigences.

On donne les valeurs numériques suivantes : $S = 0,01 \text{ m}^2$ et $K_{ev} = 0,01 \text{ m}^3/(\text{s.V})$.

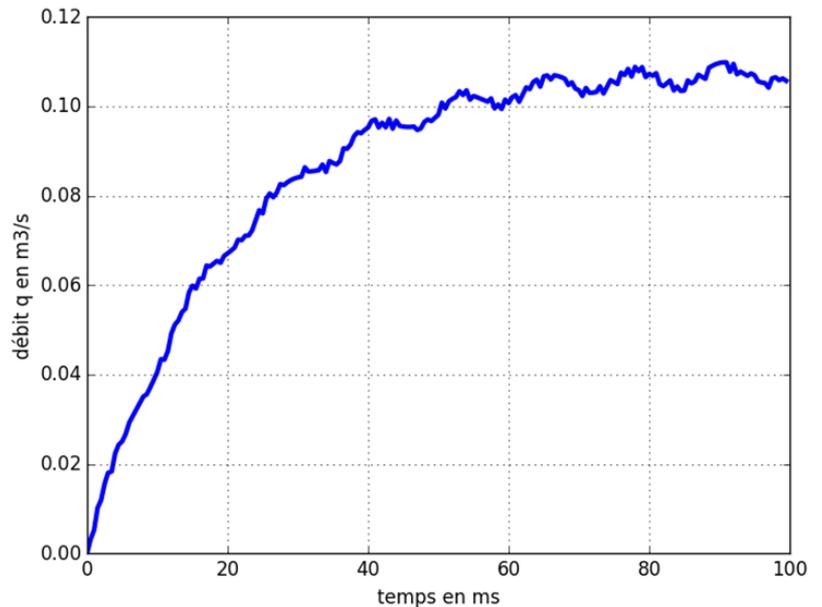
- Q8** Choisir la valeur numérique du gain C permettant de vérifier les exigences de rapidité.

Modèle affiné du comportement de la vanne

On choisit d'améliorer la représentativité du modèle en réalisant un essai sur l'électrovanne seule.

On impose un échelon de tension de 10V et on mesure l'évolution du débit en sortie (en m^3/s).

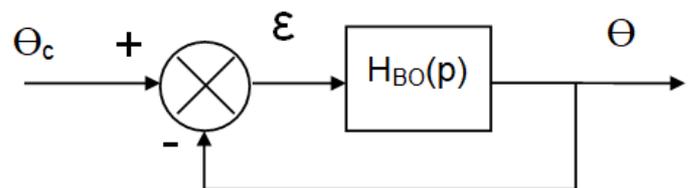
La réponse temporelle est fournie sur la figure ci-dessous :



- Q9** Identifier les paramètres caractéristiques du modèle de l'électrovanne qu'il est légitime d'identifier. Donner alors la forme de la fonction de transfert de l'électrovanne $H_{ev}(p)$.

Compte tenu de l'identification de l'électrovanne et de l'utilisation d'un correcteur proportionnel $C(p) = C$, la fonction de transfert en boucle ouverte s'exprime sous la forme (quel que soit le résultat précédent) :

$$H_{BO}(p) = \frac{126.C}{p.(1 + 0.02.p)}$$



- Q10** Calculer la fonction de transfert en boucle fermée $H_2(p)$, la mettre sous la forme canonique et identifier ses paramètres caractéristiques.
- Q11** Conclure quant à la validation du critère de précision cahier des charges.
- Q12** On souhaite régler le correcteur afin d'avoir le temps de réponse le plus rapide avec dépassement. En déduire la valeur de C.
- Q13** Sachant que l'on a alors $t_{5\%} \cdot \omega_n = 3$, vérifier la validité de l'exigence de rapidité.