

Simulation numérique du comportement vibratoire avec chocs des grappes de commande

Les grappes de commande sont des composants importants pour la sécurité des centrales REP : elles servent à contrôler et à stopper le réacteur. Ce sont des structures tubulaires élancées. Elles comportent chacune 24 crayons longs et fins remplis de produit neutrophage que l'on insère plus ou moins complètement dans le cœur pour réguler son fonctionnement. Certaines grappes dites grappes d'arrêt restent la majeure partie du temps en position haute d'attente. En cas d'urgence, elles doivent pouvoir chuter en moins de 2 secondes pour stopper le réacteur.

Les grappes sont mises en vibration par le fluide primaire qui circule rapidement sous l'effet des pompes. Les grappes qui sont immobiles en partie haute choquent toujours à la même hauteur contre leur guidage. Une usure locale se produit alors provoquant l'endommagement d'un crayon voire sa rupture. Lors des arrêts, des contrôles réguliers de tous les crayons de grappe sont réalisés par courants de Foucault après extraction en dehors du cœur. Le dépassement des critères d'usure (profondeur d'usure ou perte de section) sur un crayon amène au rebut de la grappe entière.

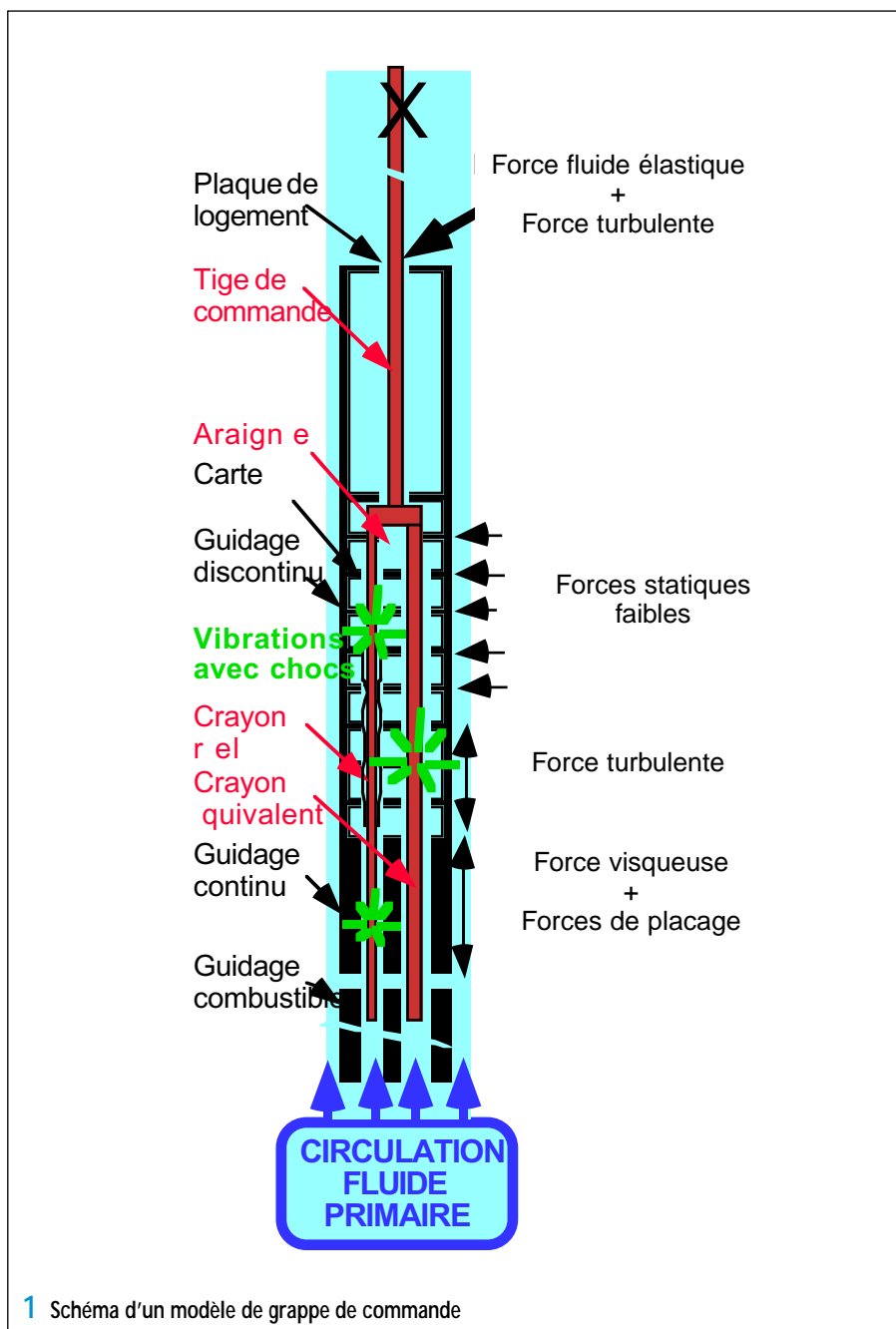
L'objectif de la simulation numérique du comportement vibratoire avec chocs des grappes de commande est de contribuer à la compréhension de ce phénomène d'usure complexe qui, dans un même cœur, endommage certains composants plus que d'autres et provoque même parfois un endommagement rapide en moins d'un cycle. Le Département Acoustique et Mécanique Vibratoire a été amené à développer des modèles de grappes pour chacun des paliers. La simulation nécessite en préalable la construction de la base modale (environ 500 s de calcul), puis une

cinquantaine de calculs prenant chacun environ 700 s de Cray.

Le modèle mécanique (5000 degrés de liberté, 31 non linéarités de choc) nécessite en entrée des efforts correspondant aux sollicitations fluides pour différentes configurations (forces turbulentes, fluide-élastiques et de placage) (1) et fournit en sortie des puissances d'usure permettant d'évaluer

l'enlèvement de matière et la durée de vie qui en découle au vu des critères de rebut.

Une partie des données du modèle est extraite d'essais sur maquettes ou de simulations, mais de nombreux paramètres restent mal connus et leur effet est analysé par des études paramétriques numériques (avec ou sans Plan d'Expérience). Une démarche d'identification des

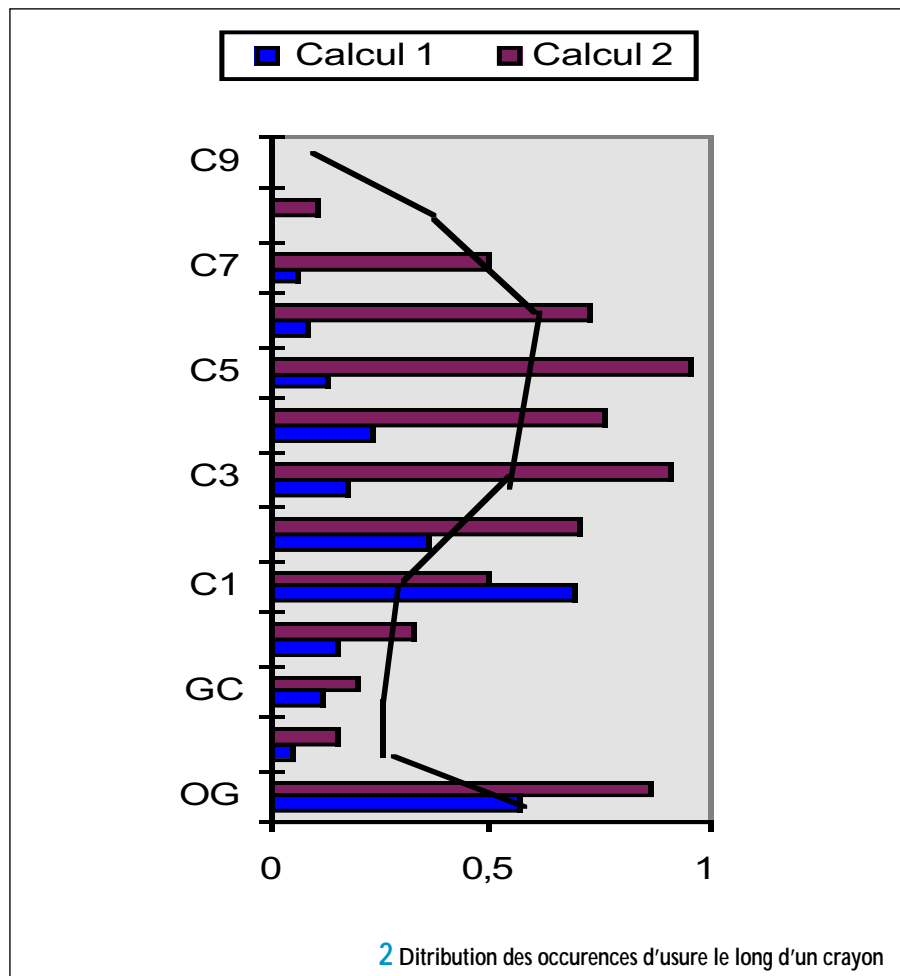


Simulation numérique du comportement vibratoire avec chocs des grappes de commande (suite)

résultats numériques aux observations tirées de la base de données de contrôle des grappes (REX) est systématisé pour connaître les valeurs de ces paramètres. Les grandeurs du REX et les grandeurs simulées ne sont pas toujours de la même nature physique, ce qui ne facilite pas la comparaison.

Deux exemples illustrent le type d'études menées sur ces points particuliers :

- La base de données obtenue par les contrôles systématiques fait apparaître une distribution générique des occurrences d'usure présentant un pic sur les cartes hautes (ici, C3 à C7) du guidage discontinu. Cette distribution est représentée par la ligne noire fine sur la figure (2). La simulation qui utilise des données expérimentales d'excitation, calcule des puissances d'usure. Le profil typique obtenu jusque là dans les simulations est schématisé par le calcul 1 (courbe à bâtons bleus). Il montre un pic placé en sortie (carte C1) du guidage continu (GC), c'est-à-dire au moins un mètre plus bas. La prise en compte de forces de placage faibles (moins de 0,2 N) placées sur chaque carte haute du guidage continu et orientées vers l'extérieur de la grappe (calcul 2) permet de retrouver une répartition des puissances d'usure (courbe à bâtons violets) plus proche de celles des observations du REX. L'introduction de ces forces prend en compte des effets du chargement fluide non pris en compte par ailleurs, et permet de



2 Distribution des occurrences d'usure le long d'un crayon

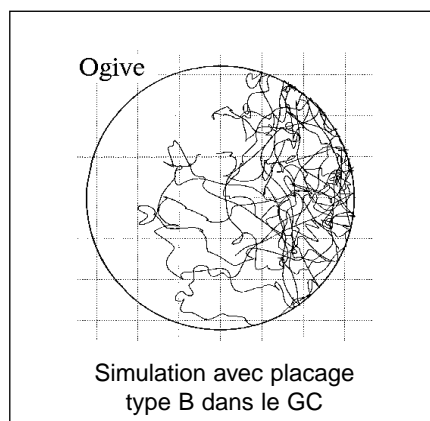
simuler la « mise en parapluie » de la grappe de commande qui en découle.

- La comparaison des figures (3) et (4) permet de porter un jugement sur le choix le mieux adapté pour les forces de placage à placer dans le guidage continu. L'introduction du placage de type B provoque un décalage net des déplacements du

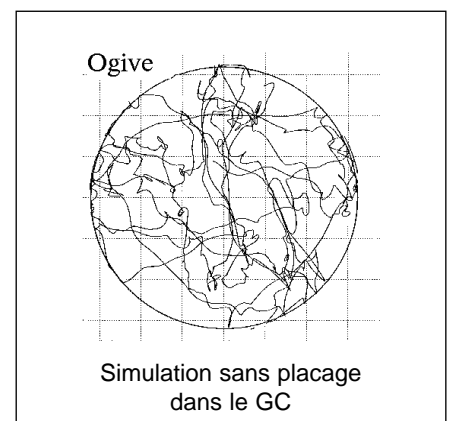
crayon vers la droite du guidage (4 gauche). Il semble donc que ce placage soit bien orienté mais qu'il est un peu trop fort puisque les usures observées dans le REX sont assez uniformément réparties sur le pourtour du crayon avec un maximum à droite (3).



3 Orientation des usures REX 1300 en ogive



4 Trajectoires du crayon en ogive pour deux calculs



4 Trajectoires du crayon en ogive pour deux calculs