

SYSTEMES DISTRIBUES POUR LA PROTECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

P. JOVER

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
91190 - Gif-sur-Yvette (FRANCE)

1. - INTRODUCTION

Les avantages des systèmes de commande distribués sont présentés généralement de la façon suivante :

- amélioration de l'exploitation,
- réduction des coûts,
- adaptation au changement de technologie.

Ces avantages sont évidemment très intéressants pour les systèmes de commande des centrales nucléaires. Il y a quelques années, EPRI (Electric Power Research Institute) a montré que le multiplexage des signaux est techniquement possible, qu'il permet de satisfaire les spécifications de disponibilité et qu'il permet de réduire les coûts (1). Depuis, beaucoup de systèmes de commande distribués sont proposés par les constructeurs.

Cette note donne quelques commentaires sur l'application du concept de distribution aux systèmes de protection - que faut-il distribuer ? - et se termine par une brève description d'un système de protection basé sur les microprocesseurs pour les centrales pressurisées en cours de construction en FRANCE.

2. - SYSTEMES DISTRIBUES

Un système de commande distribué comprend un certain nombre de stations qui contiennent des unités d'application : ces stations communiquent entre elles à travers un réseau de transmission (Fig. 1). Le concept de distribution implique principalement (a) l'introduction de stations à proximité des capteurs et des actionneurs dans la zone processus (distribution géographique), (b) la détermination des fonctions à confier à ces stations (distribution fonctionnelle). Puisqu'une erreur de transmission dans le réseau de transmission peut avoir de sérieuses conséquences, il

faut des spécifications sévères pour obtenir une très grande intégrité des données transmises et une très grande disponibilité du réseau. On doit noter, à ce sujet, qu'un groupe de travail de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI/CT 65) a été mis en place pour définir une norme pour les communications à haut niveau entre stations dans les systèmes de commande distribués (PROWAY = a process data highway). Le premier projet de ce groupe traite des spécifications fonctionnelles (structure du système, protocoles, intégrité des données, disponibilité, etc.). Puisque ce travail doit constituer une norme, les concepteurs devront, plus tard, en tenir compte.

Dans le cas de l'application aux centrales nucléaires, il faut considérer d'autres aspects :

- les équipements pour le contrôle et la commande sont divisés en deux groupes : équipements importants pour la sûreté, pour lesquels il y a des spécifications particulières, et les autres équipements.

- beaucoup d'équipements et de composants concernant le contrôle et la commande sont placés à l'intérieur de l'enceinte de confinement et peuvent être soumis à des conditions d'environnement accidentelles (température, humidité, pression et radiations).

Ces deux points sont développés dans le chapitre suivant.

3. - SYSTEME DE PROTECTION

3.1. - Spécifications particulières

On rappelle que le système de protection a pour but de déclencher des actions automatiques dans le système d'actionneurs de sûreté. Après le déclenchement d'une action, la séquence prévue doit se poursuivre jusqu'à ce que la tâche de sûreté soit accomplie.

Les exigences fonctionnelles des systèmes de protection dépendent du type de réacteur nucléaire. Ces exigences concernent les paramètres importants pour la sûreté : les diagrammes logiques ou les algorithmes pour les fonctions de protection, le nombre et l'emplacement des capteurs et des actionneurs, les objectifs de temps de réponse et de précision.

D'autre part, le système de protection doit suivre la réglementation en matière de sûreté, en ce qui concerne le critère de défaillance unique (une défaillance unique ne doit pas empêcher une action de protection), et en ce qui concerne les bases de conception : indépendance et diversité, redondance, intervention de l'opérateur dans l'action de protection, essais périodiques, et qualification des équipements. Enfin, le nouveau concept de défense en profondeur peut conduire à subdiviser le système de protection en sous-systèmes indépendants.

3.2. - Systeme de protection distribue

En vue d'examiner ce qui doit être distribué, on doit considérer d'abord quelques points qui concernent la possibilité de distribution géographique :

- introduction de stations dans la zone processus

L'installation de stations intelligentes dans l'enceinte de confinement est intéressante pour économiser les câbles et les pénétrations. Mais, il faut considérer le regroupement des capteurs et des actionneurs. Dans l'application aux PWR, par exemple, une grande partie des capteurs du système de protection est située à l'intérieur de l'enceinte, alors qu'une grande partie des actionneurs de sûreté est placée à l'extérieur de cette même enceinte ; pour beaucoup de tâches de protection, les actionneurs placés à l'extérieur de l'enceinte sont commandés par des paramètres mesurés à l'aide de capteurs placés à l'intérieur de cette même enceinte : il faut donc prévoir des liaisons sûres entre l'intérieur et l'extérieur par l'intermédiaire des stations, et le meilleur moyen pour faire ces liaisons n'est pas évident.

En ce qui concerne les équipements à l'intérieur de l'enceinte, la qualification pour les conditions d'environnement accidentelles (classe 1 E) et la maintenance sont des problèmes supplémentaires.

- communications entre stations redondantes

De façon à respecter le critère de défaillance unique pendant le fonctionnement normal et pendant les essais, il faut installer trois ou quatre stations indépendantes pour déclencher une action de protection. L'effet de filtrage pour les déclenchements intempestifs est généralement obtenu par un traitement des signaux logiques avant décision : ce qui demande des transferts de données rapides et sûrs entre stations redondantes, et conduit à des communications deux-à-deux pour éviter les "embouteillages" dans la ligne de transmission.

- intervention de l'opérateur dans l'action de protection

En plus du déclenchement automatique de l'action de protection, des commandes manuelles de secours doivent être prévues pour l'arrêt rapide du réacteur et pour le déclenchement des autres actions de sûreté. La réglementation précise que les possibilités de commande manuelle doivent être prévues en salle de conduite pour commander aussi directement que possible les actionneurs : ceci conduit à installer des liaisons câblées entre la salle de commande et les dispositifs actionneurs.

En conclusion, on remarquera la difficulté de trouver un bon emplacement pour les stations, l'emplacement optimal n'est peut-être pas à l'intérieur de l'enceinte, mais à l'extérieur, les liaisons entre capteurs et stations pouvant être faites par des liaisons série, et les liaisons entre stations et cellules de commande d'actionneurs en fil-à-fil (Fig.2).

Un autre aspect de l'architecture distribuée concerne la distribution fonctionnelle : c'est le cas des systèmes décrits au chapitre suivant.

4. - SYSTEMES DE PROTECTION BASES SUR LES MICROPROCESSEURS

Un pas vers les systèmes avec architecture distribuée a été fait en FRANCE et dans d'autres pays, avec les systèmes de protection basés sur les microprocesseurs en cours de développement pour les applications PWR (2) (3). Ces systèmes utilisent largement les possibilités offertes par les microprocesseurs et les transmissions multiplexées, mais les équipements électroniques sont montés dans des armoires disposées à l'extérieur de l'enceinte étanche : on n'économise donc pas de câbles ou de pénétrations pour relier les capteurs aux microprocesseurs.

Le SPIN (Système de Protection Intégré Numérique) est un système de protection basé sur l'utilisation des microprocesseurs : il est développé par FRAMATOME et MERLIN-GERIN en association avec le C.E.A., pour les centrales nucléaires PWR, 1500 MWe, 4-Boucles.

Les caractéristiques principales de ce système sont :

- distribution des fonctions de protection dans des unités fonctionnelles,
- liaisons fil-à-fil entre capteurs et unités fonctionnelles,
- communications entre unités redondantes au moyen de liaisons série,
- communications entre chaque unité redondante et le système de traitement d'informations centralisé au moyen de liaisons série,
- liaisons fil-à-fil entre unités fonctionnelles et système d'actionneurs de sûreté.

Le SPIN est un système quadri-redondant (Fig. 3). Il comprend :

- quatre unités de traitement redondantes, reliées aux quatre groupes redondants de capteurs,
- deux unités logiques redondantes reliées aux deux groupes d'actionneurs de sauvegarde.

Ces deux unités logiques redondantes sont commandées par les signaux logiques créés dans les quatre unités de traitement.

Il y a deux niveaux de redondance :

- redondance au niveau des déclenchements partiels (logique 2/4 avec possibilité d'inhibition),
- redondance au niveau de la commande des actionneurs (logique 2/2 pour chaque groupe d'actionneurs de sauvegarde).

Sept unités fonctionnelles dans chaque unité de traitement redondante sont prévues pour l'acquisition des mesures en provenance des capteurs, les traitements et le vote en 2/4 avec inhibition. Une unité fonctionnelle communique avec les trois unités fonctionnelles homologues des trois autres unités de traitement redondantes, par l'intermédiaire de mémoires-tampon et de transmissions série. Une bonne séparation physique et électrique est obtenue par l'utilisation de fibres optiques. Il y a quatre unités spécialisées pour les transmissions série (une pour l'émission, et trois pour la réception), dans chaque unité redondante. Deux unités de transmission série supplémentaires sont prévues pour les liaisons avec la salle de commande centralisée.

L'ensemble du système utilise cinquante-deux microprocesseurs (MOTOROLA 6800).

5. - CONCLUSION

Le concept de distribution pour les systèmes de protection n'est pas encore largement développé, à cause des difficultés dues aux spécifications particulières de ces systèmes. Cependant, l'utilisation de nouvelles technologies, telles que les microprocesseurs et les composants pour les transmissions série, conduit à des nouvelles architectures proches de celles des systèmes distribués.

REFERENCES

- (1) A.B. LONG, Assessment of new instrumentation and control technologies Remote multiplexing a case study. IAEA-SM-226/76, CANNES (France), 24-28 Avril 1978.
- (2) J.M. GALLAGHER, et al., Design of internal architecture for Westinghouse microprocessor based integrated protection system, IAEA-SM-226/112, CANNES (France), 24-28 avril 1978.
- (3) J.L. SAVORNIN, et al., Système de Protection Intégré Numérique. IAEA-SM-226/93, CANNES (France), 24-28 avril 1978.

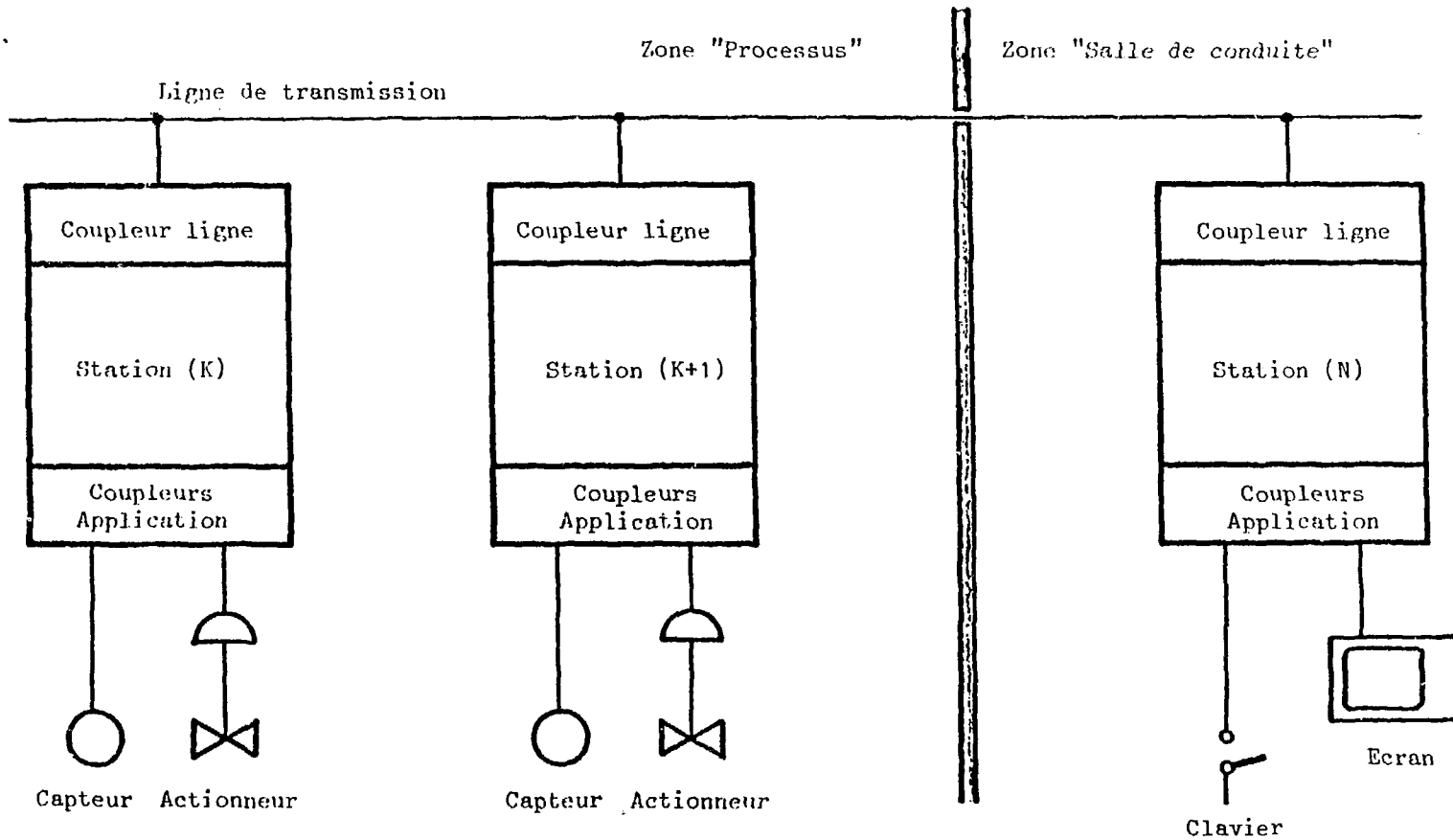


Fig. 1 : Système de commande distribué.

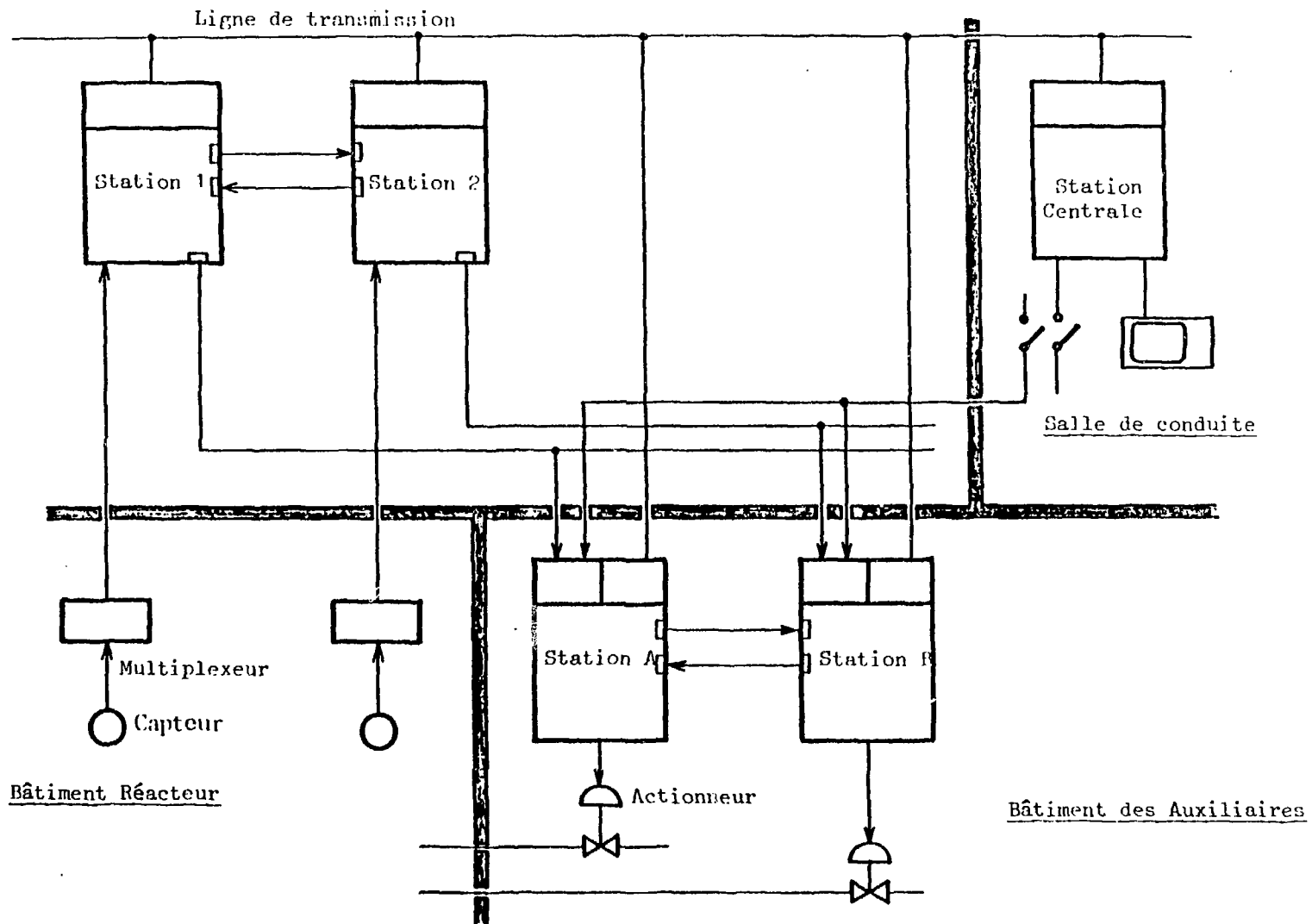


Fig. 2 : Système de protection distribué

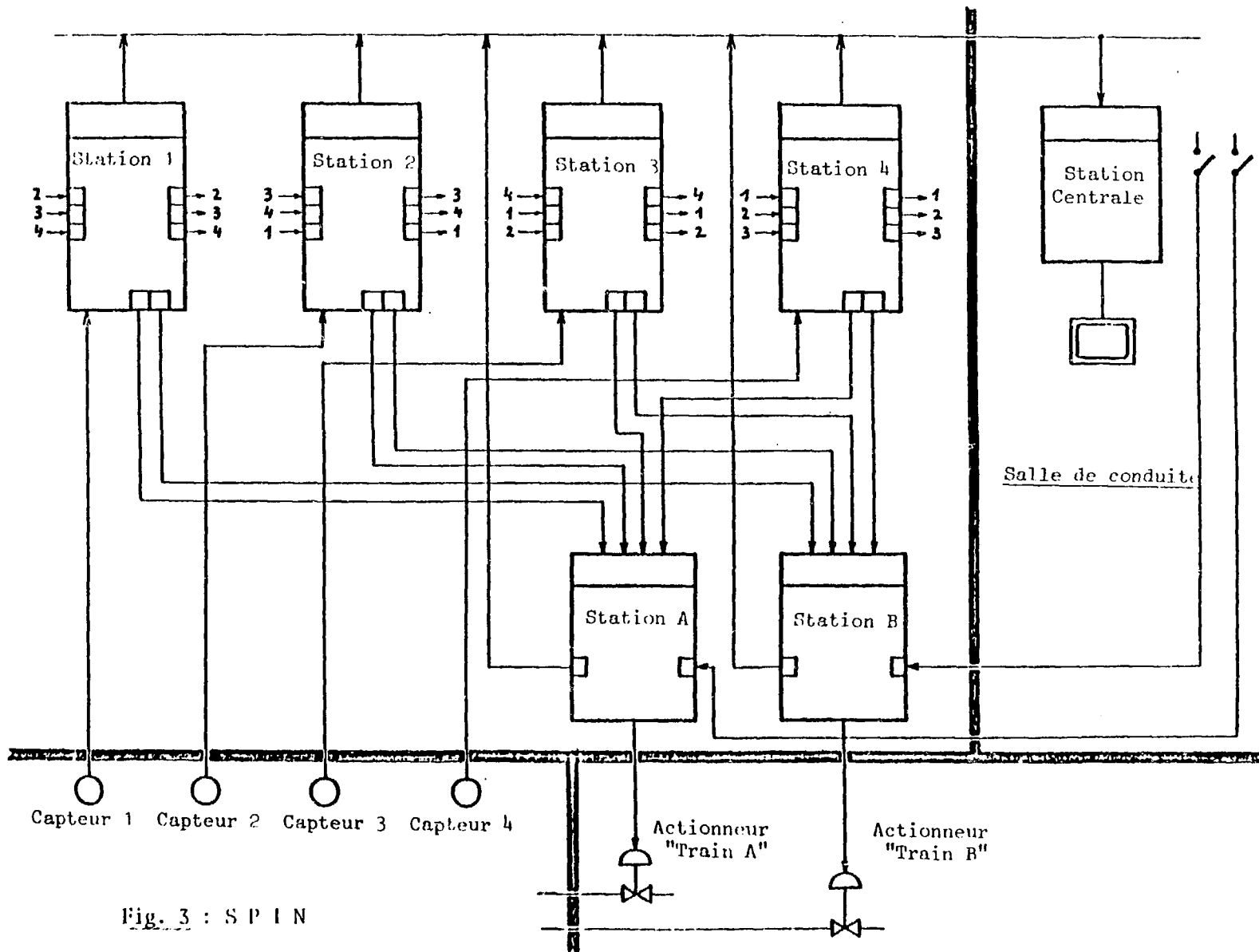


Fig. 3 : S P I N