

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.07.16.

30 Priorité : 16.07.15 JP 2015142458; 11.12.15 JP 2015242549.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.01.17 Bulletin 17/03.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA — JP.

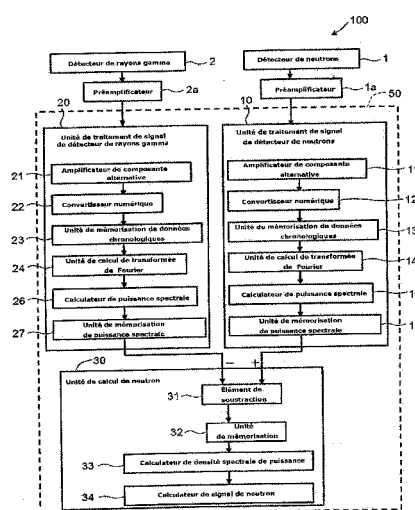
72 Inventeur(s) : KONO SHIGEHIRO et ITO DAIJIRO.

73 Titulaire(s) : KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA.

74 Mandataire(s) : CABINET FEDIT LORiot.

54 APPAREIL DE MESURE DE NEUTRONS, APPAREIL DE CALCUL DE NEUTRONS, ET PROCEDE DE MESURE DE NEUTRONS.

57 Un dispositif de mesure de neutron (100) comporte: un détecteur de neutrons (1); un détecteur de rayons gamma (2); une unité de traitement de signal de détecteur de neutrons (10) qui exécute une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, produit des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans un domaine fréquentiel, calcule la puissance spectrale de signal de détection de neutrons et la mémorise; une unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma (20) qui exécute une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, produit des données fréquentielles de signal de détecteur de rayon gamma dans un domaine fréquentiel, calcule la puissance spectrale de signal de détecteur de rayon gamma et la mémorise; et une unité de calcul de neutron (30) qui produit un signal de neutron en éliminant une partie de contribution de la puissance spectrale de signal de détecteur de rayon gamma à partir de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons.



APPAREIL DE MESURE DE NEUTRONS, APPAREIL DE CALCUL DE NEUTRONS ET PROCÉDÉ DE MESURE DE NEUTRONS

Dans son domaine, les modes de réalisation de la présente invention se rapportent à un dispositif de mesure de neutron, à un dispositif de calcul de neutron et à un procédé de mesure de neutron en utilisant ces derniers.

En arrière-plan, dans un réacteur à eau bouillante (BWR), le dispositif de
5 contrôle de gamme intermédiaire exécute le procédé de Campbell afin de mesurer les signaux produits à partir de la chambre d'ionisation à fission.

D'autre part, dans un réacteur à eau pressurisée (PWR), le dispositif de
contrôle de gamme intermédiaire comporte un détecteur compensé des rayons
gamma configuré de manière à détecter la sortie de signal de courant net à partir
10 des compteurs proportionnels exposés aux neutrons.

Un dispositif de détection de neutrons compensé des rayons gamma est
connu. Comme le détecteur compensé des rayons gamma utilisé dans le réacteur
PWR, ce dispositif de détection de neutrons comporte un capteur de neutron
sensible aux neutrons et aux rayons gamma et une unité compensée des rayons
15 gamma sensible uniquement aux rayons gamma. Dans le dispositif de détection de
neutrons, les signaux délivrés à partir de l'unité compensée des rayons gamma
dans un domaine temporel sont utilisés, corrigeant les signaux de sortie du capteur
de neutron, mesurant ainsi la valeur nette de chaque signal de neutron.

Afin de mesurer des neutrons en utilisant les signaux de courant délivrés à
20 partir du dispositif de détection de neutrons compensé des rayons gamma, la

différence entre le courant de sortie du capteur de neutron sensible aux neutrons et le courant de sortie de l'unité compensée des rayons gamma est déterminée, détectant ainsi la valeur nette du courant produit par le neutron.

Afin de mesurer des neutrons en utilisant les signaux impulsionnels délivrés à partir du dispositif de détection de neutrons compensé des rayons gamma, les impulsions délivrées à partir du capteur de neutron sont comptées et les impulsions délivrées à partir de l'unité compensée des rayons gamma sont aussi comptées. La différence entre le nombre des impulsions de sortie du capteur de neutron et le nombre d'impulsions de sortie de l'unité compensée des rayons gamma est déterminée, détectant ainsi la valeur nette du signal de neutron. En variante, le signal de sortie du capteur de neutron peut être intercepté (c'est-à-dire, sélectionné) par le signal de sortie de l'unité compensée des rayons gamma, permettant ainsi de compter les signaux produits uniquement à partir des neutrons.

Dans le but de mesurer le signal délivré à partir du dispositif de détection de neutrons compensé des rayons gamma en utilisant le courant différentiel, ou dans le but de compter uniquement les signaux résultant des neutrons par sélection des impulsions délivrées à partir du capteur de neutron avec les signaux délivrés à partir de l'unité compensée des rayons gamma, il est nécessaire d'assurer la coïncidence entre les signaux de sortie du capteur de neutron et les signaux de sortie de l'unité compensée des rayons gamma.

Au cours de l'opération de mesure du courant différentiel, le courant produit à partir des rayons gamma dans le capteur de neutron est inhibé par le courant produit à partir des rayons gamma dans l'unité compensée des rayons gamma. Par conséquent, le capteur de neutron et l'unité compensée des rayons gamma doivent répondre de la même manière aux rayons gamma. Plus précisément, le capteur de neutron et l'unité compensée des rayons gamma doivent présenter les mêmes performances en ce qui concerne une alimentation de puissance de détecteur et un amplificateur de signal de détection.

Dans le but de mesurer le signal délivré par le dispositif de détection de neutrons à partir de la différence entre le nombre d'impulsions du capteur de neutron et le nombre d'impulsions délivrées à partir de l'unité compensée des

rayons gamma, la coïncidence mentionnée précédemment n'est pas strictement requise. Toutefois, le capteur de neutron et l'unité compensée des rayons gamma doivent présenter la même sensibilité aux rayons gamma. Les circuits de mesure des signaux délivrés à partir du dispositif de détection de neutrons doivent, par
5 conséquent, présenter les mêmes caractéristiques.

Une brève description des dessins va être faite ci-après.

La figure 1 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un premier mode de réalisation.

La figure 2 est un schéma fonctionnel montrant une variante de
10 configuration du calculateur de puissance spectrale du dispositif de mesure de neutron selon le premier mode de réalisation.

La figure 3 est un algorithme montrant une procédure d'un procédé de mesure de neutron selon le premier mode de réalisation.

La figure 4 est un algorithme montrant une procédure d'une variante de
15 calcul de puissance spectrale du procédé de mesure de neutron selon le premier mode de réalisation.

La figure 5 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un deuxième mode de réalisation.

La figure 6 est un algorithme montrant une procédure d'un procédé de
20 mesure de neutron selon le deuxième mode de réalisation.

La figure 7 est un schéma fonctionnel montrant une variante de calculateur de puissance spectrale du dispositif de mesure de neutron selon le deuxième mode de réalisation.

La figure 8 est un algorithme montrant une procédure d'une variante de
25 calcul de puissance spectrale du procédé de mesure de neutron selon le deuxième mode de réalisation.

La figure 9 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un troisième mode de réalisation.

La figure 10 est un schéma fonctionnel montrant une variante de calculateur
30 de puissance spectrale du dispositif de mesure de neutron selon le troisième mode de réalisation.

La figure 11 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un quatrième mode de réalisation.

La figure 12 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une variante de dispositif de mesure de neutron selon le quatrième mode de
5 réalisation.

La figure 13 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un cinquième mode de réalisation.

La figure 14 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de
10 réalisation.

La figure 15 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une première variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation.

La figure 16 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une
15 variante d'unité de calcul de puissance spectrale dans la première variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation.

La figure 17 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une deuxième variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de
réalisation.

La figure 18 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une
20 variante d'unité de calcul de puissance spectrale dans la deuxième variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation.

La figure 19 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une troisième variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de
25 réalisation.

La figure 20 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une variante d'unité de calcul de puissance spectrale dans la troisième variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation.

La figure 21 est un schéma fonctionnel montrant un dispositif de mesure de
30 neutron selon un sixième mode de réalisation.

La figure 22 est un schéma fonctionnel montrant une variante de calculateur

de puissance spectrale du dispositif de mesure de neutron selon le sixième mode de réalisation.

La figure 23 est un schéma fonctionnel montrant une variante de dispositif de mesure de neutron selon le sixième mode de réalisation.

5 La figure 24 est un schéma fonctionnel montrant une variante de calculateur de puissance spectrale de la variante de dispositif de mesure de neutron selon le sixième mode de réalisation.

Une description détaillée va maintenant être donnée ci-après.

Dans le but d'assurer le synchronisme des signaux, le capteur de neutron et
10 l'unité compensée des rayons gamma doivent être agencés au même emplacement. Le capteur de neutron et l'unité compensée des rayons gamma sont par conséquent associés, formant une unité intégrale. En outre, des tensions de polarités opposées sont appliquées sur chacune de l'électrode d'excitation et de l'électrode de compensation qui sont opposées respectivement à l'électrode de signal commune
15 au capteur de neutron et à l'unité compensée des rayons gamma. En résultat, les électrons ionisés se comportent suivant une première direction dans le capteur de neutron, et suivant la direction opposée dans l'unité compensée des rayons gamma. Par conséquent, les électrons ionisés influencent la protection propre dans un premier du capteur de neutron et de l'unité compensée des rayons gamma, bien
20 plus que dans l'autre unité.

Des modes de réalisation ont été créés dans le but de résoudre le problème spécifié précédemment. L'objectif des modes de réalisation de la présente invention est de mesurer des neutrons non seulement par un capteur de neutron, mais aussi par une unité compensée des rayons gamma, sans nécessiter la
25 synchronisation du signal de sortie du capteur de neutron avec le signal de sortie de l'unité compensée des rayons gamma.

Selon un mode de réalisation, il est créé un dispositif de mesure de neutron comprenant : un détecteur de neutrons configuré de manière à mesurer des neutrons ; un détecteur de rayons gamma configuré de manière à mesurer des
30 rayons gamma ; une unité de traitement de signal de détecteur de neutrons configurée de manière à recevoir des signaux du détecteur de neutrons de façon

séquentielle, afin de mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, pour produire des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans un domaine fréquentiel, permettant ainsi de calculer la puissance spectrale de signal de détection de neutrons et de mémoriser la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons ; une unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma configurée de manière à recevoir des signaux du détecteur de rayons gamma de façon séquentielle, afin de mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, pour produire des données fréquentielles de signal de détecteur de rayon gamma dans un domaine fréquentiel, permettant ainsi de calculer la puissance spectrale de signal de détecteur de rayon gamma et de mémoriser la puissance spectrale de signal de détecteur de rayon gamma ; et une unité de calcul de neutron configurée de manière à produire un signal de neutron en éliminant une partie de contribution de la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons.

Selon un autre mode de réalisation, il est créé un dispositif de calcul de neutron comprenant : une unité de traitement de signal de détecteur de neutrons configurée de manière à recevoir des signaux de façon séquentielle d'un détecteur de neutrons destiné à mesurer des neutrons, afin de mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, pour produire des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans un domaine fréquentiel, permettant ainsi de calculer une puissance spectrale de signal de détection de neutrons et de mémoriser la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons ; une unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma configurée de manière à recevoir des signaux du détecteur de rayons gamma de façon séquentielle, afin de mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, pour fournir des données fréquentielles à partir des signaux de détecteur de rayons gamma dans une plage de fréquence et pour produire et mémoriser ainsi une puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma ; et une unité de calcul de

neutron configurée de manière à produire un signal de neutron en éliminant une partie de contribution de la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma, des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons.

Selon un autre mode de réalisation, il est créé un procédé de mesure de neutron comprenant : une étape de traitement de signal de détecteur de neutrons dans laquelle une unité de traitement de signal de détecteur de neutrons reçoit des signaux d'un détecteur de neutrons de façon séquentielle, exécute une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, produit des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans un domaine fréquentiel, calcule ainsi la puissance spectrale de signal de détection de neutrons et mémorise la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons ; une étape de traitement de signal de détecteur de rayons gamma dans laquelle une unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma reçoit des signaux du détecteur de rayons gamma de façon séquentielle, exécute une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, produit des données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma dans le domaine fréquentiel, calcule ainsi la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma et mémorise la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma ; et une étape de production de signal de neutron dans laquelle une unité de calcul de neutron produit un signal de neutron en éliminant une partie de contribution de la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma provenant de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons.

Des dispositifs de mesure de neutron, des dispositifs de calcul de neutron et des procédés de mesure de neutron selon les modes de réalisation vont être décrits en se référant aux dessins annexés. Les composants d'un mode de réalisation quelconque, qui sont identiques ou similaires à ceux des autres modes de réalisation, sont désignés par les mêmes références numériques sur le dessin et ne vont pas être décrits de manière répétée.

Un premier mode de réalisation va maintenant être décrit ci-après.

La figure 1 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon le premier mode de réalisation. Le dispositif

de mesure de neutron 100 comporte un dispositif de détection de neutrons compensé des rayons gamma et un dispositif de calcul de neutron 50.

Le dispositif de détection de neutrons compensé des rayons gamma comporte un détecteur de neutrons 1, un préamplificateur 1a, un détecteur de rayons gamma 2 et un préamplificateur 2a. Le détecteur de neutrons 1 est utilisé
5 en tant qu'unité de détection de neutrons. Le préamplificateur 1a amplifie la sortie du détecteur de neutrons 1. Le détecteur de rayons gamma 2 est utilisé en tant qu'unité de compensation de rayons gamma. Le préamplificateur 2a amplifie la sortie du détecteur de rayons gamma 2.

10 Le détecteur de neutrons 1 détecte des neutrons. Le détecteur doit présenter une bonne réactivité de telle sorte que l'utilisation d'une chambre d'ionisation à fission est désirée pour le détecteur de neutrons 1. Un détecteur d'un autre type quelconque, tel qu'un détecteur à semi-conducteur, peut, en variante, être utilisé s'il présente une réactivité aussi bonne que celle de la chambre d'ionisation à
15 fission. Une chambre d'ionisation, qui présente la même forme que la chambre d'ionisation à fission et comporte des électrodes non revêtues avec une substance fissible, peut être utilisée pour le détecteur de rayons gamma 2. Encore un autre type de détecteur, tel qu'un détecteur à semi-conducteur, peut, en variante, être utilisé s'il présente une réactivité aussi bonne que celle de la chambre d'ionisation.

20 Le détecteur de rayons gamma 2, sur la base du même principe de fonctionnement que le détecteur de neutrons 1, est, de manière désirable, utilisé. Si le détecteur de rayons gamma 2 est une chambre d'ionisation, il est désirable qu'elle présente la même forme que le détecteur de neutrons 1 et qu'elle comporte une électrode non revêtue d'une substance fissible.

25 Le détecteur de neutrons 1 et le détecteur de rayons gamma 2 sont indépendants l'un de l'autre en termes de structure. Ils sont, de préférence, situés au même emplacement. En variante, le détecteur de neutrons 1 et le détecteur de rayons gamma 2 peuvent être situés à des emplacements différentes autour du réacteur au niveau duquel les neutrons et les rayons gamma mesurés présentent un
30 spectre de fréquence commun. De tels emplacements sont, par exemple, des emplacements symétriques par rapport au réacteur.

Le détecteur de neutrons 1 et le préamplificateur 1a sont utilisés simultanément. Le préamplificateur 1a amplifie la faible sortie du détecteur de neutrons 1. Ci-après, même la sortie du préamplificateur 1a va être appelée signal de sortie du détecteur de neutrons 1. De manière similaire, le détecteur de rayons gamma 2 et le préamplificateur 2a sont utilisés simultanément. Le préamplificateur 2a amplifie la faible sortie du détecteur de rayons gamma 2. Ci-après, même la sortie du préamplificateur 2a va être appelée signal de sortie du détecteur de rayons gamma 2.

Le dispositif de calcul de neutron 50 est un système informatique comprenant une unité centrale de traitement (CPU), une unité de mémorisation et une unité d'entrée/sortie. L'unité centrale de traitement comporte une unité arithmétique, une unité de commande et des registres. Si nécessaire, certains éléments, tels qu'un amplificateur de composante à courant alternatif (composante AC), décrit ultérieurement, peuvent être utilisés en plus du système informatique. Comme cela va être décrit de manière plus détaillée, le dispositif de calcul de neutron 50 comporte une unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10, une unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 et une unité de calcul de neutron 30. Chacune de celles-ci peut utiliser un ordinateur commun ou peut utiliser un ordinateur respectif.

L'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 reçoit un signal du domaine temporel à partir du préamplificateur 1a couplé du côté sortie du détecteur de neutrons 1, et produit des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans un domaine fréquentiel. L'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 calcule alors et mémorise la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons. L'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 reçoit un signal du domaine temporel à partir du préamplificateur 2a couplé du côté de sortie du détecteur de rayons gamma 2, et produit des données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma dans le domaine fréquentiel. L'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 calcule alors et mémorise la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma. L'unité de calcul de neutron 30 met en œuvre une opération et

calcule un signal de neutron, sur la base de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons et de la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma. Chacune de celles-ci va être décrite de manière détaillée.

L'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 comporte un
5 amplificateur de composante alternative 11, un convertisseur numérique 12, une
unité de mémorisation de données chronologiques 13, une unité de calcul de
transformée de Fourier 14, un calculateur de puissance spectrale 16, et une unité
de mémorisation de puissance spectrale 17.

L'amplificateur de composante alternative 11 de l'unité de traitement de
10 signal de détecteur de neutrons 10 extrait une composante alternative à partir du
signal de sortie du détecteur de neutrons 1 et amplifie la composante alternative.

Le convertisseur numérique 12 filtre la composante alternative amplifiée par
l'amplificateur de composante alternative 11. Le convertisseur numérique 12
échantillonne alors la composante alternative et convertit la composante
15 alternative en données numériques chronologiques. L'unité de mémorisation de
données chronologiques 13 mémorise les données numériques chronologiques
produites dans le convertisseur numérique 12.

L'unité de calcul de transformée de Fourier 14 fait l'acquisition en continu
des données numériques chronologiques mémorisées dans l'unité de mémorisation
20 de données chronologiques 13, pendant une période prédéterminée $\Delta\tau$ à des
intervalles ΔT . Ensuite, l'unité de calcul de transformée de Fourier 14 exécute une
transformation de Fourier sur les données chronologiques ainsi acquises. Le temps
requis pour calculer la transformée de Fourier sur les données chronologiques de
la période prédéfinie $\Delta\tau$ est légèrement plus faible que l'intervalle de temps ΔT .
25 Puisque de nouvelles données chronologiques sont acquises à des intervalles ΔT ,
des neutrons peuvent être mesurés en continu.

L'unité de calcul de transformée de Fourier 14 délivre les données
fréquentielles de signal de détecteur de neutrons produites par la transformation de
Fourier. Le calculateur de puissance spectrale 16 calcule une puissance spectrale
30 (nombre réel) à partir des données fréquentielles de signal de détecteur de
neutrons (nombre complexe) pour chaque fréquence. La puissance spectrale de

signal de détecteur de neutrons est, par exemple, le spectre d'intensité pour la fréquence f , c'est-à-dire, les données de distribution d'intensité autour de la fréquence f . La fréquence f peut être remplacée par une fréquence angulaire ω ($\omega = 2\pi f$). L'unité de mémorisation de puissance spectrale 17 mémorise la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons.

L'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 est structurée de manière similaire à l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10. C'est-à-dire, que l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 comporte un amplificateur de composante alternative 21, un convertisseur numérique 22, une unité de mémorisation de données chronologiques 23, une unité de calcul de transformée de Fourier 24, un calculateur de puissance spectrale 26 et une unité de mémorisation de puissance spectrale 27.

L'amplificateur de composante alternative 21 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 extrait la composante alternative à partir du signal de sortie du détecteur de rayons gamma 2 et amplifie la composante alternative.

Le convertisseur numérique 22 filtre la composante alternative amplifiée par l'amplificateur de composante alternative 21. Le convertisseur numérique 22 échantillonne alors la composante alternative et convertit la composante alternative en un signal numérique chronologique. L'unité de mémorisation de données chronologiques 23 mémorise les données numériques chronologiques produites dans le convertisseur numérique 22.

L'unité de calcul de transformée de Fourier 24 fait l'acquisition des données chronologiques sur une période de temps prédéfinie à partir des données numériques chronologiques mémorisées dans l'unité de mémorisation de données chronologiques 23, et exécute une transformation de Fourier sur les données chronologiques, et produit ainsi des données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma. Le calculateur de puissance spectrale 26 calcule une puissance spectrale (nombre réel) à partir des données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma (nombre complexe) pour chaque fréquence. L'unité de

mémorisation de puissance spectrale 27 mémorise la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma.

Chacune des unités suivantes présente, dans la mesure du possible, pratiquement les mêmes caractéristiques, par exemple, les mêmes spécifications
5 que les autres.

Les unités sont l'amplificateur de composante alternative 21 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20, l'amplificateur de composante alternative 11 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10, le convertisseur numérique 22 de l'unité de traitement de signal de
10 détecteur de rayons gamma 20, le convertisseur numérique 12 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10, les unités de calcul de transformée de Fourier 24 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20, l'unité de calcul de transformée de Fourier 14 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10, le calculateur de puissance spectrale 26 de
15 l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20, et le calculateur de puissance spectrale 16 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10.

Par conséquent, les unités correspondantes présentent pratiquement les mêmes caractéristiques de bruit.

20 L'unité de mémorisation de données chronologiques 23 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 correspond à l'unité de mémorisation de données chronologiques 13 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10. L'unité de mémorisation de puissance spectrale 27 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 correspond à
25 l'unité de mémorisation de puissance spectrale 17 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10. L'unité de mémorisation de données chronologiques 23 et l'unité de mémorisation de données chronologiques 13 sont, de préférence, des composants matériels identiques, par exemple, elles sont toutes deux des mémoires à accès aléatoire (mémoires SRAM) ou des mémoires à accès aléatoire
30 dynamiques (mémoires DRAM). De même, l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27 et l'unité de mémorisation de puissance spectrale 17 sont, de

préférence, des composants matériels identiques, par exemple, elles sont toutes deux des mémoires SRAM ou des mémoires DRAM.

L'unité de calcul de neutron 30 comporte un élément de soustraction 31, une unité de mémorisation 32, un calculateur de densité spectrale de puissance 33 et
5 un calculateur de signal de neutron 34.

L'élément de soustraction 31 reçoit la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 17 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 et la
10 puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20. L'élément de soustraction 31 délivre la valeur obtenue en soustrayant la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons. C'est-à-dire, que l'élément de soustraction 31 soustrait une composante attribuée aux rayons
15 gamma détectés par le détecteur de neutrons 1, à partir de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons. Ne comportant pas la composante attribuée aux rayons gamma, la sortie de l'élément de soustraction 31 représente la contribution des neutrons dans le domaine fréquentiel.

La figure 2 est un schéma fonctionnel montrant une variante de configuration du calculateur de puissance spectrale du dispositif de mesure de
20 neutron selon le premier mode de réalisation. Comme cela est montré sur la figure 2, une unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 peut remplacer l'élément de soustraction 31 dans l'unité de calcul de neutron 30. L'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 calcule la fonction de transfert, c'est-à-dire, $G(f) = 1 - (\text{puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma}) / (\text{puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons})$. L'unité
25 de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 multiplie la fonction de transfert par la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons afin d'obtenir $G(f) \times (\text{puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons})$ pour
30 chaque fréquence.

L'unité de mémorisation 32 de l'unité de calcul de neutron 30 mémorise les

données de contribution de neutron calculées par l'élément de soustraction 31. En alternative, dans le cas de la variante, l'unité de mémorisation 32 de l'unité de calcul de neutron 30 mémorise les données numériques obtenues en multipliant la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons obtenue dans l'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 par la fonction de transfert.

Le calculateur de densité spectrale de puissance 33 calcule la densité spectrale de puissance des données de contribution de neutron mémorisées dans l'unité de mémorisation 32. Dans le cas de la variante de dispositif, le calculateur de densité spectrale de puissance 33 calcule la densité spectrale de puissance à partir des données numériques obtenues en multipliant la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons par la fonction de transfert calculée par l'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35. Les données de contribution de neutron ou les données numériques obtenues en multipliant la fonction de transfert par la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons calculé dans l'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 sont des données du domaine fréquentiel. Comme cela est montré sur l'équation (1) suivante, la densité spectrale de puissance (PSD) est la valeur quadratique moyenne des données numériques $x(k)$ dans le domaine fréquentiel, c'est-à-dire, la valeur obtenue en divisant la somme de la valeur au carré des données numériques $x(k)$ par la valeur numérique N . Les données numériques $x(k)$ sont les données de contribution de neutron ou les données obtenues en multipliant la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons par la fonction de transfert. La valeur numérique N est le nombre de données pour la transformée discrète de Fourier.

$$PSD = \sum_{n=1}^N |X(n)|^2 / N \quad (1)$$

Le calculateur de signal de neutron 34 multiplie la densité spectrale de puissance PSD, calculée dans le calculateur de densité spectrale de puissance 33, par un facteur de conversion kn , afin de produire un signal de neutron Vn .

Le facteur de conversion kn peut être déterminé en utilisant une source de neutron connue, en détectant les neutrons par le détecteur de neutrons 1, en traitant les signaux par l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10,

et en calculant la densité spectrale de puissance PSD dans l'unité de calcul de neutron 30. C'est-à-dire, que le facteur de conversion k_n est calculé en divisant l'intensité de neutron à l'emplacement du détecteur de neutrons 1 par la densité spectrale de puissance PSD.

5 Sauf si une précision élevée est requise, la source de neutron n'est pas utilisée. Dans ce cas, l'intensité de neutron et le niveau du signal entré dans l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 sont calculés, et un signal simulé peut être entré dans l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10.

10 La figure 3 est un algorithme montrant une procédure d'un procédé de mesure de neutron selon le premier mode de réalisation.

Le détecteur de neutrons 1 détecte des neutrons (étape S01). Puisque le détecteur de neutrons 1 est aussi sensible aux rayons gamma, le signal de sortie du détecteur de neutrons 1 présente une partie de contribution des rayons gamma. Si
15 le flux de neutron présente un niveau relativement élevé, l'intervalle de temps de neutrons incidents sur le détecteur de neutrons 1 est relativement court, et les signaux impulsionnels résultant des neutrons incidents se recouvrent l'un l'autre. En résultat, la sortie du détecteur de neutrons 1 croît et décroît par rapport à un niveau supérieur au niveau 0, comme cela est montré dans cette partie de l'étape
20 S01 à la figure 3.

Le détecteur de rayons gamma 2 détecte des rayons gamma (étape S02). Si le niveau de rayons gamma est relativement élevé, la sortie du détecteur de rayons gamma 2 croît et décroît par rapport à un niveau supérieur au niveau 0, de la même manière que la sortie du détecteur de neutrons 1, comme cela est montré
25 dans cette partie de l'étape S02 à la figure 3.

L'étape S10 de traitement des signaux de détecteur de neutrons va être expliquée. En premier, l'amplificateur de composante alternative 11 extrait et amplifie la composante alternative du signal délivré par le détecteur de neutrons 1 (étape S11). Le signal délivré par le détecteur de neutrons 1 est un signal qui croît
30 et décroît par rapport à un niveau supérieur au niveau 0 comme cela a été décrit précédemment. L'amplificateur de composante alternative 11 soustrait la

composante alternative du signal afin de convertir le signal en une composante alternative, un signal évoluant autour d'une valeur supérieure ou inférieure au niveau 0. Alors, l'amplificateur de composante alternative 11 amplifie la composante alternative.

5 La composante alternative amplifiée à l'étape 11 est convertie en signal numérique par le convertisseur numérique 12 (étape S12). Le signal numérisé de la composante alternative est mémorisé dans l'unité de mémorisation de données chronologiques 13 (étape S13).

10 Une partie prédéfinie des données chronologiques mémorisées dans l'unité de mémorisation de données chronologiques 13, c'est-à-dire, les données numériques de composante alternative, est soumise à une transformation de Fourier par l'unité de calcul de transformée de Fourier 14 (étape S14). La "partie prédéfinie" des données chronologiques représente, par exemple, des données appartenant à une partie prédéfinie des données chronologiques. Ainsi, les
15 données chronologiques de la composante alternative résultant du signal de sortie du détecteur de neutrons 1 sont transformées en données fréquentielles du signal de détecteur de neutrons dans le domaine fréquentiel.

 Le signal délivré par le détecteur de neutrons 1 contient un signal résultant des neutrons, un signal résultant des rayons gamma, et des bruits. Par conséquent,
20 les données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons sont la somme des données fréquentielles se rapportant aux neutrons, des données fréquentielles se rapportant aux rayons gamma et des données fréquentielles se rapportant aux bruits.

 Les données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons (nombre
25 complexe) résultant du signal de sortie du détecteur de neutrons 1, qui ont été converties à l'étape S14, sont converties par le calculateur de puissance spectrale 16 en puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons (nombre réel) pour chaque fréquence. La puissance spectrale est mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 17 (étape S15).

30 L'étape S20 de traitement du signal de détecteur de rayons gamma va être expliquée. En premier, l'amplificateur de composante alternative 21 extrait et

amplifie la composante alternative du signal délivré par le détecteur de rayons gamma 2 (étape S21). Comme cela a été spécifié précédemment, le signal délivré par le détecteur de rayons gamma 2 croît et décroît par rapport à un niveau supérieur au niveau 0. L'amplificateur de composante alternative 21 soustrait la
5 composante alternative du signal et convertit le signal en une composante alternative évoluant par rapport à un niveau inférieur ou supérieur au niveau 0. Alors, l'amplificateur de composante alternative 21 amplifie la composante alternative.

La composante alternative amplifiée par l'amplificateur de composante
10 alternative 21 est convertie en données numériques par le convertisseur numérique 22 (étape S22). La composante alternative numérisée est mémorisée dans l'unité de mémorisation de données chronologiques 23 (étape S23).

Une partie prédéfinie des données chronologiques de la composante alternative mémorisée dans l'unité de mémorisation de données chronologiques 23
15 à l'étape S23 est soumise à une transformation de Fourier dans l'unité de calcul de transformée de Fourier 24 (étape S24). La partie "prédéfinie" représente la même partie que les données chronologiques qui sont produites par le détecteur de neutrons 1 et sont traitées par transformation de Fourier à l'étape S14.

Ainsi, les données chronologiques de la composante alternative résultant du
20 signal de sortie du détecteur de rayons gamma 2 sont converties en données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma dans le domaine fréquentiel.

Le signal délivré par le détecteur de rayons gamma 2 contient à la fois du bruit et le signal résultant des rayons gamma. Les données fréquentielles de signal
25 de détecteur de rayons gamma représentent, par conséquent, la somme des données fréquentielles se rapportant aux rayons gamma et des données fréquentielles se rapportant aux bruits.

La composante fréquentielle d'un signal quelconque délivré par le détecteur de rayons gamma 2 dépend en principe de la caractéristique de réponse du
30 détecteur de rayons gamma 2 par rapport aux rayons gamma. La composante fréquentielle ne varie, par conséquent, sensiblement pas dans le temps. Par

conséquent, même si les données de séquence sont perdues sur la transformée de Fourier, les données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma peuvent être considérées comme constantes. En outre, si le détecteur de neutrons 1 et le détecteur de rayons gamma 2 présentent la même forme, cette composante
5 des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons, qui résulte des rayons gamma, peut être considérée dans la pratique comme identique aux données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma.

Dans le traitement de chaque composante de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20, une composante de bruit est ajoutée. La
10 composante de bruit est transformée en une composante tombant dans le domaine fréquentiel et, par conséquent, ne présente pas de restriction temporelle. C'est-à-dire, que la composante de bruit présente, par conséquent, uniquement des caractéristiques fréquentielles. Puisque chaque composante de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 est de caractéristiques
15 identiques à celles de sa contrepartie de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10, le bruit ajouté sur celle-ci présente des caractéristiques fréquentielles similaires à celles du bruit ajouté dans sa contrepartie de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10. Par conséquent, les données fréquentielles résultant du bruit dans l'unité de traitement de signal de détecteur de
20 rayons gamma 20 sont pratiquement identiques à celles de l'unité de traitement de signal 10.

Les données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma (nombre complexe) résultant du signal de sortie du détecteur de rayons gamma 2, qui ont été transformées à l'étape S24, sont converties en puissance spectrale de signal de
25 détecteur de rayons gamma (nombre réel) dans le calculateur de puissance spectrale 26. La puissance spectrale est mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27 (étape S25).

La séquence de l'étape 30, c'est-à-dire, l'étape de calcul de neutron, va être expliquée. En premier, l'élément de soustraction 31 reçoit la puissance spectrale
30 de signal de détection de neutrons mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 17 à l'étape S15 et la puissance spectrale de signal de

détecteur de rayons gamma mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27 à l'étape S25.

L'élément de soustraction 31 soustrait la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons (étape S31). La puissance spectrale appartenant aux rayons gamma est ainsi inhibée. La puissance spectrale résultant du bruit est aussi inhibée en grande partie. Ainsi, l'élément de soustraction 31 soustrait la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons afin de calculer une puissance spectrale induite par neutron.

L'unité de mémorisation 32 de l'unité de calcul de neutron 30 mémorise la puissance spectrale induite par neutron calculée dans l'élément de soustraction 31 (étape S32).

Le calculateur de densité spectrale de puissance 33 reçoit la puissance spectrale induite par neutron délivrée à partir de l'élément de soustraction 31. Le calculateur de densité spectrale de puissance 33 calcule alors la densité spectrale de puissance PSD de la puissance spectrale induite par neutron (étape S33).

La figure 4 est un algorithme montrant une procédure d'une variante de calcul de puissance spectrale du procédé de mesure de neutron selon le premier mode de réalisation. La variante de traitement va être décrite ci-dessous.

Comme cela est montré sur la figure 4, l'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 calcule la fonction de transfert, c'est-à-dire, $G(f) = 1 - (\text{puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma}) / (\text{puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons})$. L'unité 35 multiplie alors la fonction de transfert par la puissance spectrale du signal de détecteur de neutrons pour chaque fréquence, afin d'obtenir $G(f) \times (\text{puissance spectrale du signal de détecteur de neutrons})$ pour chaque fréquence (étape S21).

En résultat, la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons est multipliée par le rapport de la puissance spectrale induite par rayons gamma contenue dans la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons, et est alors inhibée. La puissance spectrale résultant du bruit est aussi sensiblement inhibée. Ainsi, l'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35

soustrait la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma à partir de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons afin de délivrer la puissance spectrale induite par neutron.

L'unité de mémorisation 32 de l'unité de calcul de neutron 30 mémorise la
5 puissance spectrale induite par neutron calculée dans l'élément de soustraction 31 ou dans l'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 (étape S322).

Le calculateur de densité spectrale de puissance 33 reçoit la puissance spectrale induite par neutron délivrée à partir de l'élément de soustraction 31 à
10 l'étape S31. Le calculateur de densité spectrale de puissance 33 calcule alors la densité spectrale de puissance de la puissance spectrale induite par neutron (étape S33).

Le procédé de Campbell mesure des neutrons, sur la base du principe que la moyenne quadratique de la composante fluctuante d'un signal dans le domaine
15 temporel du détecteur de neutrons est proportionnelle au niveau d'intensité de neutron, c'est-à-dire, au niveau du flux de neutron.

L'équation suivante (2) est établie pour la valeur du domaine temporel et la valeur du domaine fréquentiel, dans le cas de données discrètes :

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |X(n)|^2 = \sum_{k=1}^N |x(k)|^2 \quad (2)$$

20 dans laquelle N est le nombre d'éléments numériques discrets, c'est-à-dire, d'éléments numériques échantillonnés sur une période prédéfinie, ou le nombre d'éléments numériques lus par l'unité de calcul de transformée de Fourier au cours de la transformation de Fourier, X(n) est la valeur des données après la transformation de Fourier, et x(k) est la valeur dans le domaine temporel.

25 En divisant les deux côtés de l'équation (2) par N, on obtient l'équation (3) suivante.

$$\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |X(n)|^2 / N = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |x(k)|^2 \quad (3)$$

Le côté droit de l'équation (3) est la valeur quadratique moyenne des données discrètes dans le domaine temporel.

Le côté gauche de l'équation (3) est la valeur obtenue en divisant la densité spectrale de puissance PSD des données fréquentielles induites par neutron, par le nombre N d'éléments numériques. Par conséquent, la valeur calculée dans le calculateur de densité spectrale de puissance 33 correspond à la moyenne quadratique pour le domaine temporel multipliée par l'inverse du nombre N d'éléments numériques, et, par conséquent, du niveau de neutron. C'est-à-dire, que la valeur est proportionnelle au niveau de neutron.

10 Le calculateur de signal de neutron 34 reçoit la densité de puissance spectrale PSD induite par neutron calculée dans l'étape 33, et multiplie la densité PSD par un facteur de conversion kn afin de produire un signal de neutron (étape S34). Le facteur de conversion kn est une valeur constante, et peut présenter une valeur pour une fréquence représentative.

15 Lorsque l'intensité de neutron devient supérieure à un certain niveau et que l'intervalle des impulsions produites dans un détecteur de neutrons devient plus faible que la largeur d'impulsion, les impulsions peuvent se recouvrir et former un signal fluctuant. Dans ce cas, le spectre fréquentiel du signal fluctuant est composé des spectres des signaux impulsionnels produits lorsque le détecteur de neutrons 1 détecte des neutrons. Les caractéristiques de la fréquence spectrale restent inchangées. Les signaux impulsionnels produits lorsque le détecteur de rayons gamma 2 détecte des rayons gamma sont similaires.

20 Par conséquent, le procédé de mise en œuvre d'opérations pour le domaine fréquentiel afin de produire des signaux de neutron selon le présent mode de réalisation peut être utilisé sur une plage impulsionnelle dans laquelle les signaux impulsionnels produits en détectant des neutrons ne se recouvrent pas. Par conséquent, le niveau de neutron peut être mesuré selon le présent mode de réalisation non seulement sur le niveau d'intensité de neutron sur lequel le procédé de Campbell a été utilisé, mais aussi sur un niveau d'intensité de neutron inférieur, c'est-à-dire, sur une plage impulsionnelle.

30 Dans le détecteur de neutrons compensé des rayons gamma classique, le

signal de sortie de l'unité de compensation de rayons gamma doit être synchronisé avec le signal de sortie de l'unité de détection de neutrons. D'autre part, dans le présent mode de réalisation, le signal de sortie du détecteur de neutrons 1 et le signal de sortie du détecteur de rayons gamma 2 sont traités respectivement dans
5 le domaine fréquentiel afin de produire des signaux de neutron exempts d'informations du domaine temporel.

Dans le dispositif selon le présent mode de réalisation, tout signal délivré par le détecteur de neutrons 1 et tout signal délivré par le détecteur de rayons gamma 2 ne doivent pas nécessairement être strictement synchronisés. Même
10 après que la sortie du détecteur de neutrons 1 et le signal de sortie du détecteur de rayons gamma 2 ont été mesurés à différents instants, si l'intensité de neutron, c'est-à-dire, le niveau du flux de neutron ne change pas au cours du temps, elle peut être déterminée par traitement des signaux.

Dans le dispositif de détection de neutrons classique comportant un
15 détecteur de compensation de rayons gamma, des tensions de polarités opposées sont appliquées sur chacune de l'électrode d'excitation et de l'électrode de compensation qui sont opposées à l'électrode de signal commune à l'unité de détection de neutrons et à l'unité de compensation de rayons gamma. Par conséquent, les électrons ionisés subissent un impact de la protection propre dans
20 l'une de l'unité de détection de neutrons et de l'unité de compensation de rayons gamma, bien plus que dans l'autre unité. Dans le présent mode de réalisation, le détecteur de neutrons 1 et le détecteur de rayons gamma 2 sont indépendants l'un de l'autre, et des tensions peuvent être appliquées sur ceux-ci suivant des sens désirables. En résultat, le dispositif de détection de neutrons dans le présent mode
25 de réalisation est exempt de différentes influences de la protection propre comme sur le dispositif de détection de neutrons classique.

Dans un détecteur à compensation de rayons gamma classique, la différence entre le signal délivré par l'unité de détection de neutrons et le signal délivré par l'unité de compensation de rayons gamma est acquise comme la valeur nette d'un
30 signal de neutron. Dans le but d'équilibrer les contributions de rayons gamma dans l'unité de détection de neutrons et l'unité de compensation de rayons gamma, les

sources d'alimentation ou amplificateurs de ces unités doivent présenter des caractéristiques identiques. Il est, toutefois, difficile de fabriquer des sources d'alimentation ou des amplificateurs de caractéristiques identiques. Dans le dispositif selon le présent mode de réalisation, chacun du signal de sortie du détecteur de neutrons 1 et du signal de sortie du détecteur de rayons gamma 2 est converti en un signal numérique afin de produire un signal de neutron. Un réglage de matériel n'est pas nécessaire, contrairement au dispositif de détection de neutrons classique. Par conséquent, la difficulté de mesure devient plus faible que sur le dispositif de détection de neutrons classique.

10 Un deuxième mode de réalisation va maintenant être décrit ci-après.

La figure 5 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un deuxième mode de réalisation. Ce dispositif de mesure de neutron est une variante du dispositif selon le premier mode de réalisation. Dans le dispositif de calcul de neutron 50 du dispositif de mesure de neutron du présent mode de réalisation, l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 comporte une unité de correction 25.

L'unité de correction 25 corrige la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma finalement mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27, équilibrant le niveau de la puissance spectrale avec niveau de la partie de contribution de rayons gamma du signal finalement mémorisé dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 17 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10. Plus précisément, l'unité de correction 25 multiplie la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma délivrée à partir de l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27 à l'élément de soustraction 31, par un facteur de correction C.

Le facteur de correction C est défini de telle sorte que le niveau de la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma mémorisée finalement dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27 peut être équilibré par le niveau de la partie de contribution des rayons gamma du signal finalement mémorisé dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 17 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10, comme cela a été décrit

précédemment.

La valeur du facteur de correction C est obtenue comme dans l'exemple suivant. Une source de rayons gamma identique est appliquée à la fois sur le détecteur de neutrons 1 et le détecteur de rayons gamma 2. Des signaux produits par le détecteur de neutrons 1 et le détecteur de rayons gamma 2 sont traités. Supposons que le signal de détecteur de neutrons délivré par l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 présente une puissance spectrale $GN(f)$ et que le signal de détecteur de rayons gamma délivré par l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 présente une puissance spectrale $GG(f)$. Le détecteur de neutrons 1 et le détecteur de rayons gamma 2 peuvent produire des signaux au même instant ou à des instants différents.

$GN(f)$ et $GG(f)$ peuvent ne pas présenter la même forme fonctionnelle. Dans ce cas, le facteur de correction C est calculé, en utilisant l'équation $C(f) = GN(f) - GG(f)$. Si $GN(f)$ et $GG(f)$ ne diffèrent pas trop de forme fonctionnelle, le facteur de correction C peut être obtenu en calculant la moyenne $C(f)$ dans le domaine fréquentiel.

On peut noter que $C(f)$ peut être $GN(f)/GG(f)$, c'est-à-dire, le rapport de $GN(f)$ sur $GG(f)$.

La figure 6 est un algorithme montrant une procédure d'un procédé de mesure de neutron selon le deuxième mode de réalisation. Seules les étapes différentes de celles mises en œuvre dans le premier mode de réalisation vont être expliquées. Dans l'étape S20 de traitement du signal de détecteur de rayons gamma, l'unité de correction 25 corrige la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27 et délivre le signal de détecteur de rayons gamma ainsi corrigé à l'élément de soustraction 31 (étape S26).

De manière plus spécifique, l'unité de correction 25 ajoute le facteur de correction $C(f)$ à la puissance spectrale de signal de détection de rayon gamma, qui est mémorisée dans l'unité de mémorisation de puissance spectrale 27. Si le facteur de correction $C(f)$ est un rapport, la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma est multipliée par le facteur de correction $C(f)$.

La figure 7 est un schéma fonctionnel montrant une variante de calculateur de puissance spectrale du dispositif de mesure de neutron selon le deuxième mode de réalisation. Dans ce dispositif, l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 ne comporte pas d'unité de correction 25, et une unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 est agencée dans l'unité de calcul de neutron 30.

Dans ce dispositif de mesure de neutron, le facteur de correction $C(f)$ est incorporé à la fonction de transfert $G(f)$, et la fonction de transfert $G(f)$ est calculée comme suit :

$$G(f) = 1 - C(f) \times (\text{puissance spectrale de signal de détection de rayon gamma}) / (\text{puissance spectrale de signal de détection de neutrons}) \quad (4)$$

La figure 8 est un algorithme montrant une procédure d'une variante de calcul de puissance spectrale du procédé de mesure de neutron selon le deuxième mode de réalisation. Dans l'unité de calcul de neutron 30, l'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 produit la fonction de transfert $G(f)$ de la même manière que cela est montré sur la figure 4 (étape S321). Puis, la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma est soustraite de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons afin de calculer la puissance spectrale induite par neutron. La puissance spectrale induite par neutron ainsi produite est mémorisée et ensuite délivrée (étape S322)

Les spectres de puissance des signaux impulsionnels sont ainsi corrigés dans le deuxième mode de réalisation. Par conséquent, les rayons gamma peuvent être compensés, même si les caractéristiques du détecteur de neutrons 1, du préamplificateur 1a et de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 diffèrent de celles du détecteur de rayons gamma 2, du préamplificateur 2a et de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20. En outre, même si le détecteur de neutrons 1 et le détecteur de rayons gamma 2 sont agencés à différentes positions, le facteur de correction $C(f)$ peut être défini simplement en mettant en œuvre un étalonnage en conséquence.

Par conséquent, l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 et l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 ne doivent pas

nécessairement présenter la même configuration de circuit. Elles peuvent être espacées l'une de l'autre. C'est-à-dire, qu'une certaine liberté de conception peut être assurée pour les deux unités 10 et 20.

Dans le deuxième mode de réalisation, le facteur de correction $C(f)$ est une
5 fonction de la fréquence. Si les rayons gamma proviennent d'une source de radiation d'un seul type, le facteur de correction peut être défini pour une fréquence représentative puisque la forme des signaux produits par les rayons gamma sur chaque détecteur est respectivement pratiquement identique et les caractéristiques fréquentielles du signal de sortie de chaque détecteur sont aussi
10 respectivement pratiquement identiques. Au vu de cela, le facteur de correction peut être déterminé à partir de la puissance spectrale calculée à partir de la sortie du détecteur de neutrons 1 et de la puissance spectrale calculée à partir de la sortie du détecteur de rayons gamma 2, tout en utilisant une source de rayons gamma.

Un troisième mode de réalisation va maintenant être décrit ci-après.

15 La figure 9 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un troisième mode de réalisation.

Le troisième mode de réalisation est une variante du premier mode de réalisation. Dans le troisième mode de réalisation, une unité de réglage est couplée à chaque détecteur et une unité de réglage est couplée à chaque unité de traitement
20 de signal.

De manière plus spécifique, le dispositif de mesure de neutron selon le troisième mode de réalisation comporte une unité de réglage 19a destinée à régler la sortie du détecteur de neutron 1, une unité de réglage 19b destinée à régler la sortie du préamplificateur 1a, une unité de réglage 19c destinée à régler la sortie
25 de l'amplificateur de composante alternative 11 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10, et une unité de réglage 19d destinée à régler la sortie du convertisseur numérique 12 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10. En outre, le dispositif de mesure de neutron comporte une unité de réglage 29a destinée à régler la sortie du détecteur de rayons gamma 2, une unité
30 de réglage 29b destinée à régler la sortie du préamplificateur 2a, une unité de réglage 29c destinée à régler la sortie de l'amplificateur de composante alternative

21 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20, et une unité de réglage 29d destinée à régler la sortie du convertisseur numérique 22 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20.

L'unité de réglage 19a peut être une unité configurée de manière à régler la tension appliquée sur le détecteur de neutrons 1. De même, l'unité de réglage 29a peut être une unité configurée de manière à ajuster la tension appliquée sur le détecteur de rayons gamma 2. L'unité de réglage 19a peut être un élément de réglage de gain pour le préamplificateur 1a, et l'unité de réglage 29a peut être un élément de réglage de gain pour le préamplificateur 2a.

La figure 10 est un schéma fonctionnel montrant une variante de calculateur de puissance spectrale du dispositif de mesure de neutron selon le troisième mode de réalisation. Comme cela est montré sur la figure 10, une unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 peut être utilisée, à la place de l'élément de soustraction 31, dans l'unité de calcul de neutron 30.

Dans l'étape de traitement du signal de sortie du détecteur de neutrons, les données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons sont ainsi d'abord acquises et ensuite la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons est calculée, et dans l'étape de traitement du signal de sortie du détecteur de neutrons, les données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma sont ainsi d'abord acquises et ensuite la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma est calculée, les éléments de réglage correspondants règlent chacun le niveau de la partie de contribution de rayons gamma sur chaque étage. Ceci permet d'éliminer l'influence du bruit ajouté au niveau de certains composants du dispositif de mesure de neutron 100 dans le cas où cela se produit dans chaque étape du traitement.

Dans ce mode de réalisation, des unités de réglage 19a, 19b, 19c et 19d sont raccordées respectivement au détecteur de neutrons 1, au préamplificateur 1a, au détecteur de rayon gamma 2 et au préamplificateur 2a, et des unités de réglage 29a, 29b, 29c et 29d sont raccordées respectivement au détecteur de rayons gamma 2, au préamplificateur 2a, à l'amplificateur de composante alternative 21 et au convertisseur numérique 22. Néanmoins, le troisième mode de réalisation

n'est pas limité à cette configuration. Par exemple, les unités de réglage peuvent être raccordées uniquement à certains de ces composants.

De plus, des unités de réglage peuvent être raccordées à l'unité de mémorisation de données chronologiques 13 et à l'unité de calcul de transformée de Fourier 14 de l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10, à l'unité de mémorisation de données chronologiques 23 ou à l'unité de calcul de transformée de Fourier 24 de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20, ou à toutes ces dernières.

Un quatrième mode de réalisation va maintenant être décrit ci-après.

La figure 11 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un quatrième mode de réalisation. Le quatrième mode de réalisation est une variante du premier mode de réalisation. Dans le quatrième mode de réalisation, l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons 10 comporte un limiteur de bande 18, et l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 comporte un limiteur de bande 28.

Les limiteurs de bande 18 et 28 sélectionnent la même bande de fréquence. Plus précisément, les limiteurs de bande 18 et 28 sélectionnent une bande de fréquence en fonction de la bande de fréquence des signaux détectés dans le détecteur de neutrons 1.

Les limiteurs de bande 18 et 28 sélectionnent ainsi uniquement la composante fréquentielle du signal induit par neutron. Par conséquent, des facteurs résultant de toutes autres choses que les neutrons peuvent être éliminés dans la mesure du possible, et un signal de sortie quelconque traité par transformation de Fourier résultant des rayons gamma identiques dans le domaine fréquentiel au signal résultant de neutrons peut être éliminé.

La figure 12 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une variante de dispositif de mesure de neutron selon le quatrième mode de réalisation.

Dans le quatrième mode de réalisation, l'unité de traitement de détecteur de neutrons 10 comporte un limiteur de bande 18, l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 comporte un limiteur de bande 28, et l'unité de

traitement de signal de détecteur de neutrons 10 comporte un élément de soustraction 35.

Dans la présente variante de dispositif de mesure de neutron, à la place de ces éléments dans le quatrième mode de réalisation, une unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 est agencée dans l'unité de calcul de neutron 30.

L'unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 est, en structure et fonction, similaire à la variante d'unité de calcul de puissance spectrale utilisée dans le dispositif de mesure de neutron selon le premier mode de réalisation, qui est montré sur les figures 2 et 4. Toutefois, la fonction de transfert, c'est-à-dire, $G(f)$, est positionnée à 0 dans la bande de fréquences autre que celles sélectionnées par les précédents limiteurs de bande 18 et 28, c'est-à-dire, la bande de fréquence des signaux détectés dans le détecteur de neutrons 1.

Dans le dispositif ainsi configuré, la puissance spectrale induite par neutron présente une forte corrélation avec l'intensité des neutrons incidents sur le détecteur de neutrons 1. La puissance spectrale peut, par conséquent, conserver sa linéarité sur une plage étendue par rapport à l'intensité des neutrons.

Un cinquième mode de réalisation va maintenant être décrit ci-après.

La figure 13 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'un dispositif de mesure de neutron selon un cinquième mode de réalisation. Le cinquième mode de réalisation est une variante des premier ou quatrième modes de réalisation. Dans le cinquième mode de réalisation, le dispositif de calcul de neutron 50 comporte un discriminateur de hauteur d'onde 41 et un compteur d'impulsion 42. Le discriminateur de hauteur d'onde 41 reçoit le signal délivré par le préamplificateur 1a, assure la discrimination de la hauteur d'onde du signal et délivre un résultat de discrimination au compteur d'impulsion 42. Le compteur d'impulsion 42 compte les signaux reçus à partir du discriminateur de hauteur d'onde 41 et délivre le total au calculateur de signal de neutron 34.

Dans l'opération de mesure sur la plage impulsionnelle, la plupart des signaux impulsionnels produits à partir des neutrons présentent des niveaux plusieurs fois plus élevés que les signaux impulsionnels produits à partir des

rayons gamma. Par conséquent, seuls les signaux impulsionnels supérieurs à un niveau prédéfini sont transmis, éliminant ainsi des signaux impulsionnels produits à partir des rayons gamma.

Par conséquent, le compteur d'impulsion 42 raccordé à la sortie du discriminateur de hauteur d'onde 41 compte uniquement les signaux impulsionnels produits à partir des neutrons.

Le calculateur de signal de neutron 34 multiplie, par un facteur de conversion kn, la densité spectrale de puissance PSD calculée à partir de la puissance spectrale induite par neutron dans le domaine fréquentiel, afin de produire ainsi un signal de neutron. Tout en multipliant la densité PSD par le facteur de conversion kn, le calculateur de signal de neutron 34 reçoit un signal de neutron directement à partir du préamplificateur 1a.

Ainsi, par ce mode de réalisation, la plage d'intensité de neutron dans laquelle le principe de comptage de signal dans le domaine fréquentiel (le procédé de Campbell appliqué à la transformée FFT) peut être appliqué, c'est-à-dire, que la plage de Campbell peut être étendue à la plage d'intensité de neutron dans laquelle les neutrons peuvent être comptés individuellement, c'est-à-dire, la plage impulsionnelle. Par conséquent, le signal de comptage de neutron peut être utilisé comme repère d'une opération quelconque mise en œuvre sur le calculateur de signal de neutron 34.

La figure 14 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation. Comme cela est montré sur la figure 14, l'unité de calcul de neutron 30 comporte une unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35, qui est utilisée à la place des limiteurs de bande 18 et 28 et élément de soustraction 31.

La figure 15 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une première variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation. Cette variante comporte une unité d'ouverture/fermeture de porte 43 à la place du discriminateur de hauteur d'onde 41. Lorsqu'un signal est entré sur l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20 à partir du

détecteur de rayons gamma 2, l'unité d'ouverture/fermeture de porte 43 assure la fermeture de telle sorte que le compteur d'impulsion 42 ne pas peut compter ce signal. Par conséquent, le dispositif de mesure de neutron de la figure 15 assure les mêmes avantages que le dispositif montré sur la figure 13.

5 La figure 16 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une variante d'unité de calcul de puissance spectrale dans la première variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation. Les configurations de l'unité de traitement de détecteur de neutrons 10, de l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma 20, et de l'unité de calcul de
10 neutron 30 sur la figure 16 correspondent à celles de la figure 14.

La figure 17 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une deuxième variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation. La seconde variante de dispositif de mesure de neutron comporte un élément de soustraction 44 à la place du discriminateur de hauteur d'onde 41.
15 L'élément de soustraction 44 soustrait le niveau d'un signal de tension délivré par le préamplificateur 2a du détecteur de rayons gamma 2 du niveau d'un signal de tension délivré par le préamplificateur 1a du détecteur de neutrons 1, éliminant la composante résultant des rayons gamma et permettant d'obtenir le niveau de signal de tension des neutrons.

20 La figure 18 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une variante d'unité de calcul de puissance spectrale dans la deuxième variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation. La partie caractérisante de ce dispositif est identique à la partie spécifiée sur la figure 14.

La figure 19 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une
25 troisième variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation. Ce dispositif comporte un compteur d'impulsion 42a destiné à compter les signaux délivrés par le préamplificateur 1a du détecteur de neutrons 1, un compteur d'impulsion 42b destiné à compter les signaux délivrés par le préamplificateur 2a du détecteur de rayons gamma 2, et un élément de
30 soustraction 44.

Le compteur d'impulsion 42a compte des impulsions provenant des neutrons

et des rayons de gamma. Le compteur d'impulsion 42b compte des impulsions provenant des rayons gamma. L'élément de soustraction 44 réalise une soustraction, recherchant le nombre d'impulsions résultant des neutrons. Les données représentant le nombre sont délivrées au calculateur de signal de neutron 34.

Les processus et avantages que le calculateur de signal de neutron 34 exécute et assure sont similaires à ceux exécutés et assurés dans les dispositifs de la figure 13, la figure 15 et la figure 17.

La figure 20 est un schéma fonctionnel montrant la configuration d'une variante d'unité de calcul de puissance spectrale dans la troisième variante de dispositif de mesure de neutron selon le cinquième mode de réalisation. Dans ce dispositif de mesure de neutron, l'unité de calcul de puissance spectrale est modifiée de la même manière que dans la variante de la figure 14.

Un sixième mode de réalisation va maintenant être décrit ci-après.

La figure 21 est un schéma fonctionnel montrant un dispositif de mesure de neutron selon un sixième mode de réalisation. Dans ce dispositif de mesure de neutron, le dispositif de calcul de neutron 50 comporte un discriminateur de limite supérieure de hauteur d'onde 45, un discriminateur de limite inférieure de hauteur d'onde 46, un circuit ET 48 et un compteur d'impulsion 42.

Le discriminateur de limite supérieure de hauteur d'onde 45 laisse passer tout signal présentant une hauteur d'onde inférieure ou égale à une valeur limite supérieure prédéfinie. Le discriminateur de limite inférieure de hauteur d'onde 46 laisse passer un signal quelconque présentant une hauteur d'onde supérieure ou égale à une valeur limite inférieure prédéfinie. Le circuit ET 48 délivre les signaux qui sont passés à travers le discriminateur de limite supérieure de hauteur d'onde 45 et le discriminateur de limite inférieure de hauteur d'onde 46. Le compteur d'impulsion 42 compte les signaux délivrés par le circuit ET 48 et délivre le total au calculateur de signal de neutron 34 de l'unité de calcul de neutron 30.

Pour les signaux impulsionnels produits à partir des rayons gamma, la valeur limite supérieure et la valeur limite inférieure sont définies de telle sorte

que les conditions ET peuvent être établies.

Le calculateur de signal de neutron 34 reçoit une valeur proportionnelle à l'intensité de neutron à partir du calculateur de densité spectrale de puissance 33, et multiplie la valeur par le facteur de conversion. Le calculateur de signal de neutron 34 reçoit aussi un signal d'impulsion de rayons gamma du compteur d'impulsion 42 et peut, par conséquent, déterminer grossièrement si le niveau du facteur de conversion est approprié ou non.

Si l'intensité de neutron est à un faible niveau, le nombre de rayons gamma est relativement important. Au contraire, si l'intensité de neutron est à un niveau élevé, le nombre de rayons gamma est relativement faible. Si cette relation est connue au préalable, elle permet de déterminer si l'intensité de neutron déterminée par traitement des signaux dans le domaine fréquentiel est correcte ou non.

La figure 22 est un schéma fonctionnel montrant une variante de calculateur de puissance spectrale du dispositif de mesure de neutron selon le sixième mode de réalisation. Dans ce dispositif de mesure de neutron, une unité de calcul et de multiplication de fonction de transfert 35 est agencée dans l'unité de calcul de neutron 30, à la place des limiteurs de bande 18 et 28 et de l'élément de soustraction 31.

La figure 23 est un schéma fonctionnel montrant une variante de dispositif de mesure de neutron selon le sixième mode de réalisation. Dans ce dispositif de mesure de neutron, le dispositif de calcul de neutron 50 comporte un discriminateur de hauteur d'onde 41, une unité d'ouverture/fermeture de porte 43 et un compteur d'impulsion 42. Le discriminateur de hauteur d'onde 41 laisse passer uniquement des signaux impulsionnels supérieurs à un niveau prédéfini. C'est-à-dire, qu'il bloque les signaux impulsionnels résultant des rayons gamma, et laisse passer uniquement les signaux de neutron.

L'unité d'ouverture/fermeture de porte 43 ferme la porte lorsqu'il reçoit un signal impulsionnel provenant des neutrons. Le compteur d'impulsion 42 compte, par conséquent, les signaux impulsionnels provenant des rayons gamma, et délivre le nombre total au calculateur de signal de neutron 34. Ainsi, cette variante de dispositif de mesure de neutron permet aussi d'assurer les mêmes avantages que le

sixième mode de réalisation de l'invention.

La figure 24 est un schéma fonctionnel montrant une variante de calculateur de puissance spectrale de la variante de dispositif de mesure de neutron selon le sixième mode de réalisation. En ce qui le concerne, ce dispositif est d'une configuration similaire à celle du dispositif de la figure 22.

D'autres modes de réalisation possibles sont décrits ci-dessous.

Certains modes de réalisation de la présente invention ont été décrits. Néanmoins, ils ne sont pas plus que des exemples, ni destinés à limiter la portée de la présente invention.

Les modes de réalisation décrits précédemment peuvent être associés d'une manière possible quelconque. Par exemple, les variantes d'unités d'activation de puissance spectrale utilisées dans les premier, deuxième et quatrième modes de réalisation peuvent être utilisées, en fonction des besoins, respectivement dans les troisième, cinquième et sixième modes de réalisation.

En outre, les modes de réalisation décrits précédemment peuvent être réduits dans la pratique à différentes configurations. Différents remplacements, omissions et modifications peuvent être faits, sans s'écarter de la portée et du principe de l'invention.

L'invention décrite et ses équivalents sont destinés à couvrir de telles formes ou variantes qui peuvent tomber dans la portée de la présente l'invention.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de mesure de neutron (100) comprenant :
 - 5 un détecteur de neutrons (1) configuré de manière à mesurer des neutrons ;
un détecteur de rayons gamma (2) configuré de manière à mesurer des rayons gamma ;
une unité de traitement de signal de détecteur de neutrons (10) configurée de manière à recevoir des signaux du détecteur de neutrons (1) de façon séquentielle,
10 afin de mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, pour produire des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans un domaine fréquentiel, permettant ainsi de calculer la puissance spectrale de signal de détection de neutrons et de mémoriser la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons ;
15 une unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma (20) configurée de manière à recevoir des signaux du détecteur de rayons gamma (2) de façon séquentielle, afin de mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, pour produire des données fréquentielles de signal de détecteur de rayon gamma dans un domaine
20 fréquentiel, permettant ainsi de calculer la puissance spectrale de signal de détecteur de rayon gamma et de mémoriser la puissance spectrale de signal de détecteur de rayon gamma ; et
une unité de calcul de neutron (30) configurée de manière à produire un signal de neutron en éliminant une partie de contribution de la puissance spectrale
25 de signal de détecteur de rayons gamma de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons.
2. Dispositif de mesure de neutron (100) selon la revendication 1, dans lequel l'unité de calcul de neutron (30) comporte :
 - un élément de soustraction (31) configuré de manière à soustraire la
30 puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons, afin de produire ainsi des données de

soustraction ;

un calculateur de densité de puissance spectrale (33) configuré de manière à calculer la densité spectrale de puissance dans le domaine fréquentiel des données de soustraction ; et

- 5 un calculateur de signal de neutron (34) configuré de manière à multiplier la densité spectrale de puissance par un facteur de conversion, afin de produire ainsi un signal de neutron.

3. Dispositif de mesure de neutron (100) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel,

- 10 l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons (10) comporte :

un premier amplificateur de composante alternative (11) configuré de manière à extraire une composante alternative à partir du signal de sortie d'un préamplificateur (1a) couplé à un côté de sortie du détecteur de neutrons (1) et à amplifier la composante alternative ;

- 15 un premier convertisseur numérique (12) configuré de manière à convertir le signal de sortie du premier amplificateur de composante alternative (11) en signal numérique et à délivrer des premières données chronologiques ;

une première unité de mémorisation de données chronologiques (13) configurée de manière à mémoriser le premier signal numérique chronologique ;

- 20 une première unité de calcul de transformée de Fourier (14) configurée de manière à mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les premières données chronologiques mémorisées dans la première unité de mémorisation de données chronologiques (13), afin de produire ainsi des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans le domaine fréquentiel ;

- 25 un premier calculateur de puissance spectrale (16) configuré de manière à calculer une puissance spectrale à partir des données fréquentielles produites par la première unité de calcul de transformée de Fourier (14) ; et

- une première unité de mémorisation de puissance spectrale (17) configurée de manière à mémoriser la puissance spectrale calculée par le premier calculateur
30 de puissance spectrale (16) ; et

l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma (20) comporte :

un deuxième amplificateur de composante alternative (21) configuré de manière à extraire une composante alternative à partir d'un préamplificateur (2a) couplé d'un côté de sortie du détecteur de rayons gamma (2) et à amplifier la composante alternative ;

- 5 un deuxième convertisseur numérique (22) configuré de manière à convertir le signal de sortie du deuxième amplificateur de composante alternative (21) en un signal numérique et à délivrer des deuxièmes données chronologiques ;

une deuxième unité de mémorisation de données chronologiques (23) configurée de manière à mémoriser le deuxième signal numérique chronologique ;

- 10 une deuxième unité de calcul de transformée de Fourier (24) configurée de manière à mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les deuxièmes données chronologiques mémorisées dans la deuxième unité de mémorisation de données chronologiques (23), afin de produire ainsi des données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma dans le domaine fréquentiel ;

- 15 un deuxième calculateur de puissance spectrale (26) configuré de manière à calculer une puissance spectrale à partir des données fréquentielles produites par la deuxième unité de calcul de transformée de Fourier (24) ; et

une deuxième unité de mémorisation de puissance spectrale (27) configurée de manière à mémoriser la puissance spectrale calculée par le deuxième
20 calculateur de puissance spectrale (26).

4. Dispositif de mesure de neutron (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma (20) comporte une unité de correction (25) configurée de manière à corriger la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma, faisant
25 correspondre la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma à la partie de contribution des rayons gamma sur la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons.

5. Dispositif de mesure de neutron (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'unité de traitement de signal de détecteur de
30 rayons gamma (20) comporte une unité de réglage (29a, 29b, 29c, 29d) configurée de manière à régler des signaux par paliers avant mise en œuvre d'une

transformation de Fourier dans un domaine temporel, afin de faire correspondre ainsi la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma à la partie de contribution des rayons gamma sur la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons.

- 5 6. Dispositif de mesure de neutron (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel

l'unité de traitement de signal de détecteur de neutrons (10) comporte un premier limiteur de bande (18) configuré de manière à limiter la bande de fréquence de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons ; et

- 10 l'unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma (20) comporte un deuxième limiteur de bande (28) configuré de manière à limiter la même bande de fréquence du signal de détecteur de rayons gamma que le premier limiteur de bande (18).

7. Dispositif de calcul de neutron (50) comportant :

- 15 une unité de traitement de signal de détecteur de neutrons (10) configurée de manière à recevoir des signaux de façon séquentielle à partir d'un détecteur de neutrons (1) destiné à mesurer des neutrons, afin de mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, pour produire des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans
20 un domaine fréquentiel, permettant ainsi de calculer une puissance spectrale de signal de détection de neutrons et de mémoriser la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons ;

- une unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma (20) configurée de manière à recevoir des signaux du détecteur de rayons gamma (2)
25 de façon séquentielle, afin de mettre en œuvre une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, permettant ainsi de délivrer des données fréquentielles à partir de signaux de détecteur de rayons gamma dans une plage de fréquence et de produire et mémoriser une puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma ; et

- 30 une unité de calcul de neutron (30) configurée de manière à produire un signal de neutron en éliminant une partie de contribution de la puissance spectrale

de signal de détecteur de rayons gamma des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons.

8. Procédé de mesure de neutron comprenant :

- une étape de traitement de signal de détecteur de neutrons dans laquelle une
- 5 unité de traitement de signal de détecteur de neutrons (10) reçoit des signaux d'un détecteur de neutrons (1) de façon séquentielle, exécute une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant une période prédéfinie, produit des données fréquentielles de signal de détecteur de neutrons dans un domaine fréquentiel, calcule ainsi la puissance spectrale de signal de détection de neutrons et mémorise
- 10 la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons ;
- une étape de traitement de signal de détecteur de rayons gamma dans laquelle une unité de traitement de signal de détecteur de rayons gamma (20) reçoit des signaux à partir du détecteur de rayons gamma (2) de façon séquentielle, exécute une transformation de Fourier sur les signaux reçus pendant
- 15 une période prédéfinie, produit des données fréquentielles de signal de détecteur de rayons gamma dans le domaine fréquentiel, calcule ainsi la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma et mémorise la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma ; et
- une étape de production de signal de neutron dans laquelle une unité de
- 20 calcul de neutron (30) produit un signal de neutron en éliminant une partie de contribution de la puissance spectrale de signal de détecteur de rayons gamma provenant de la puissance spectrale de signal de détecteur de neutrons.

FIGURE 1

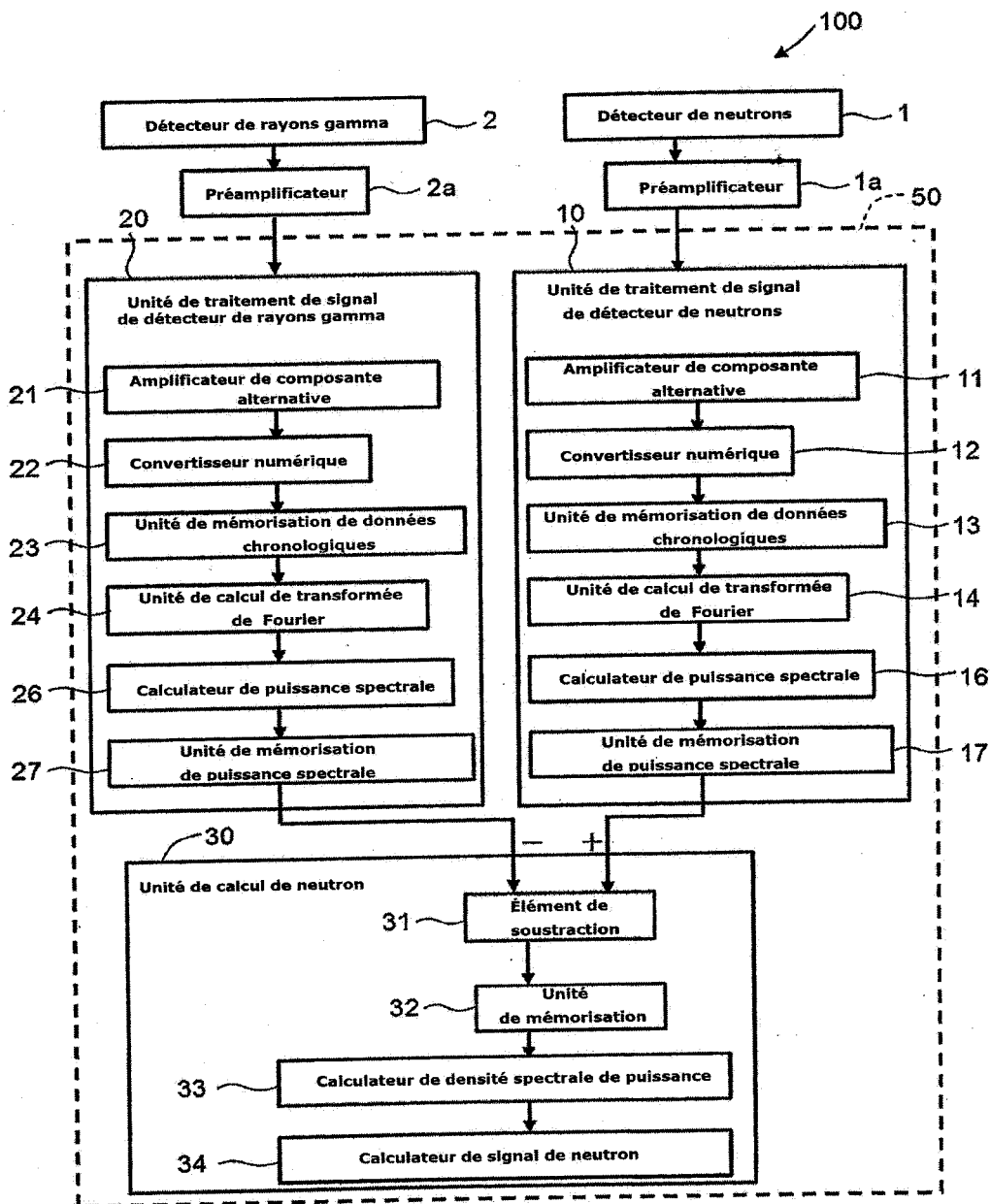


FIGURE 2

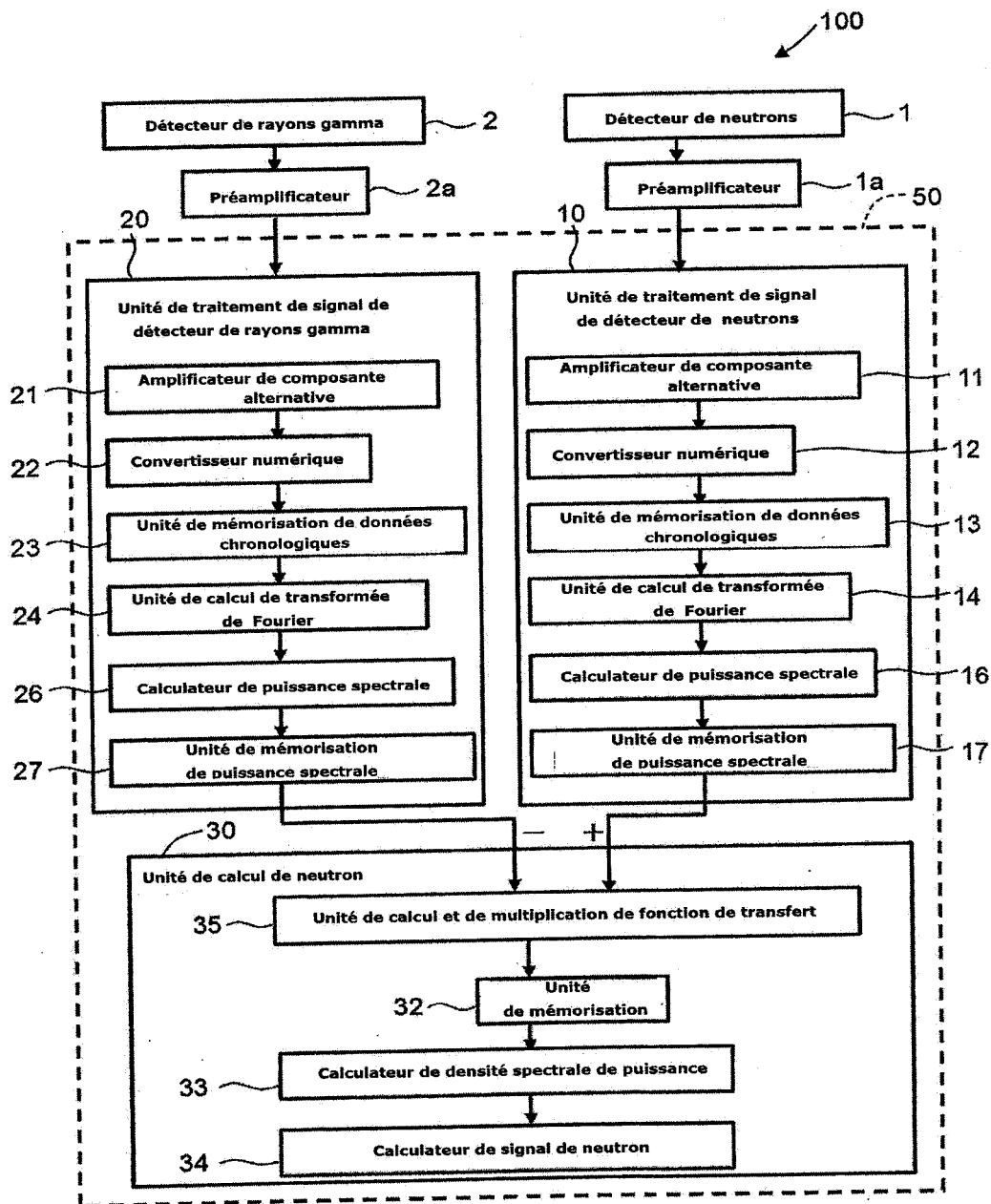


FIGURE 3

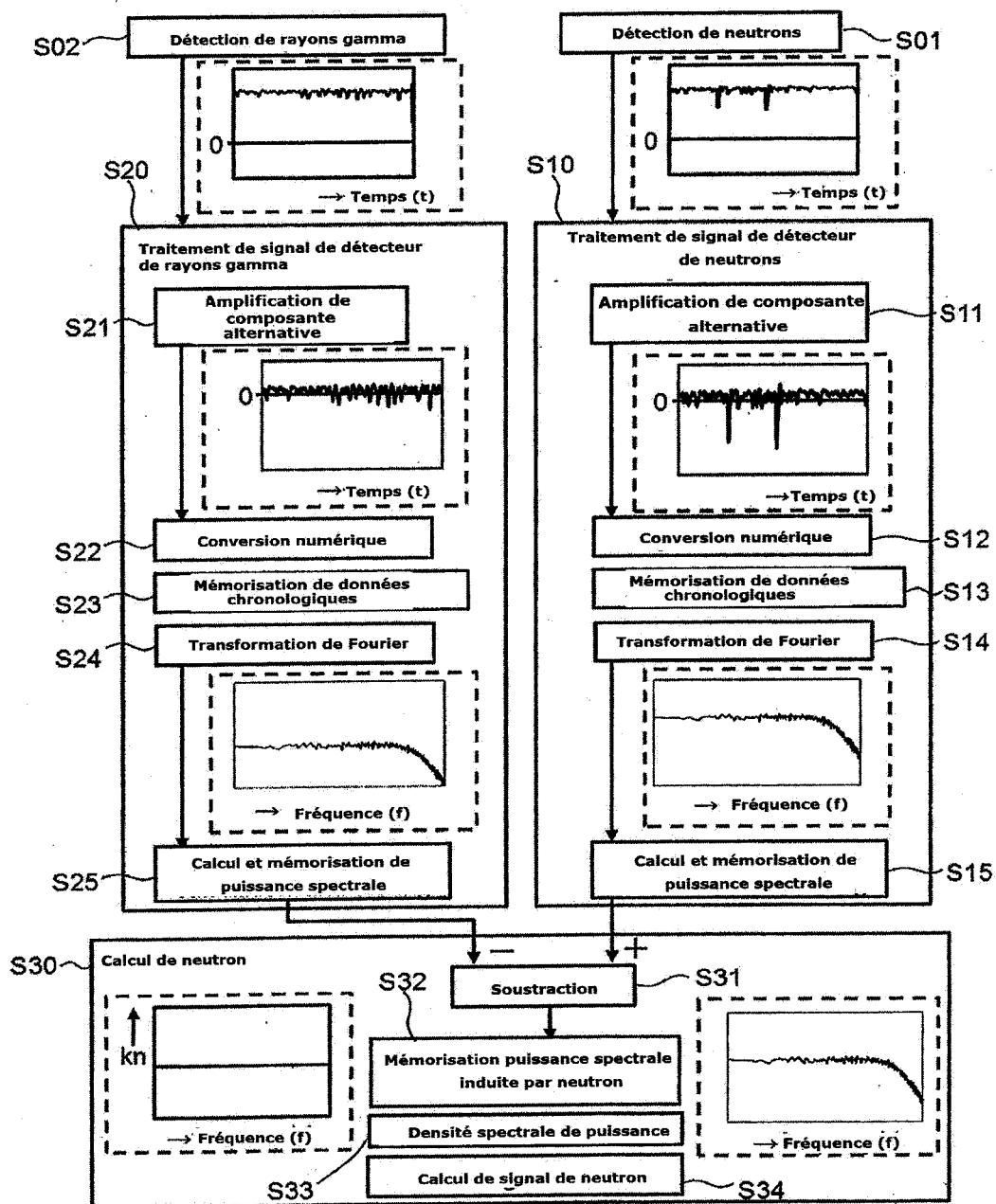


FIGURE 4

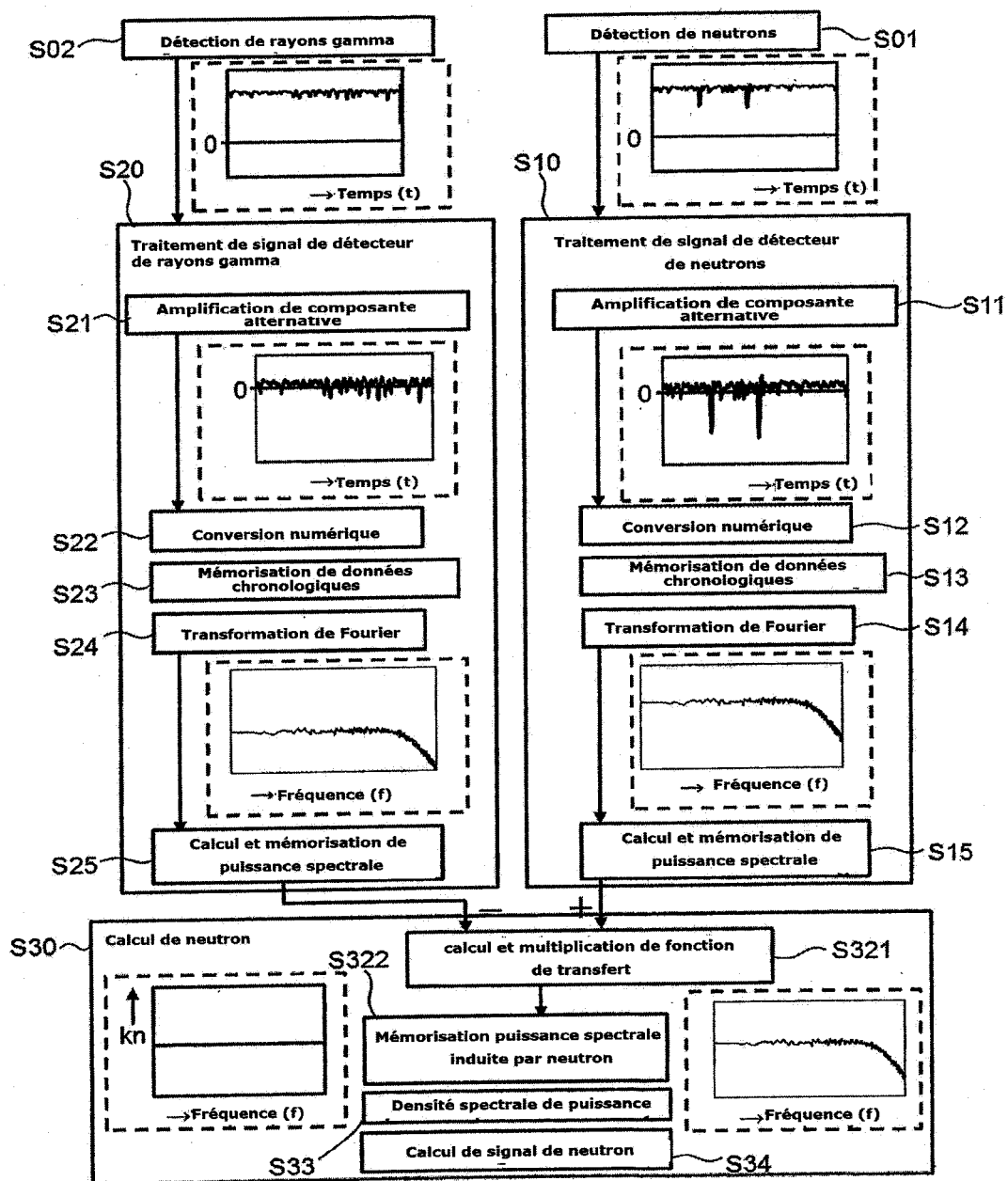


FIGURE 5

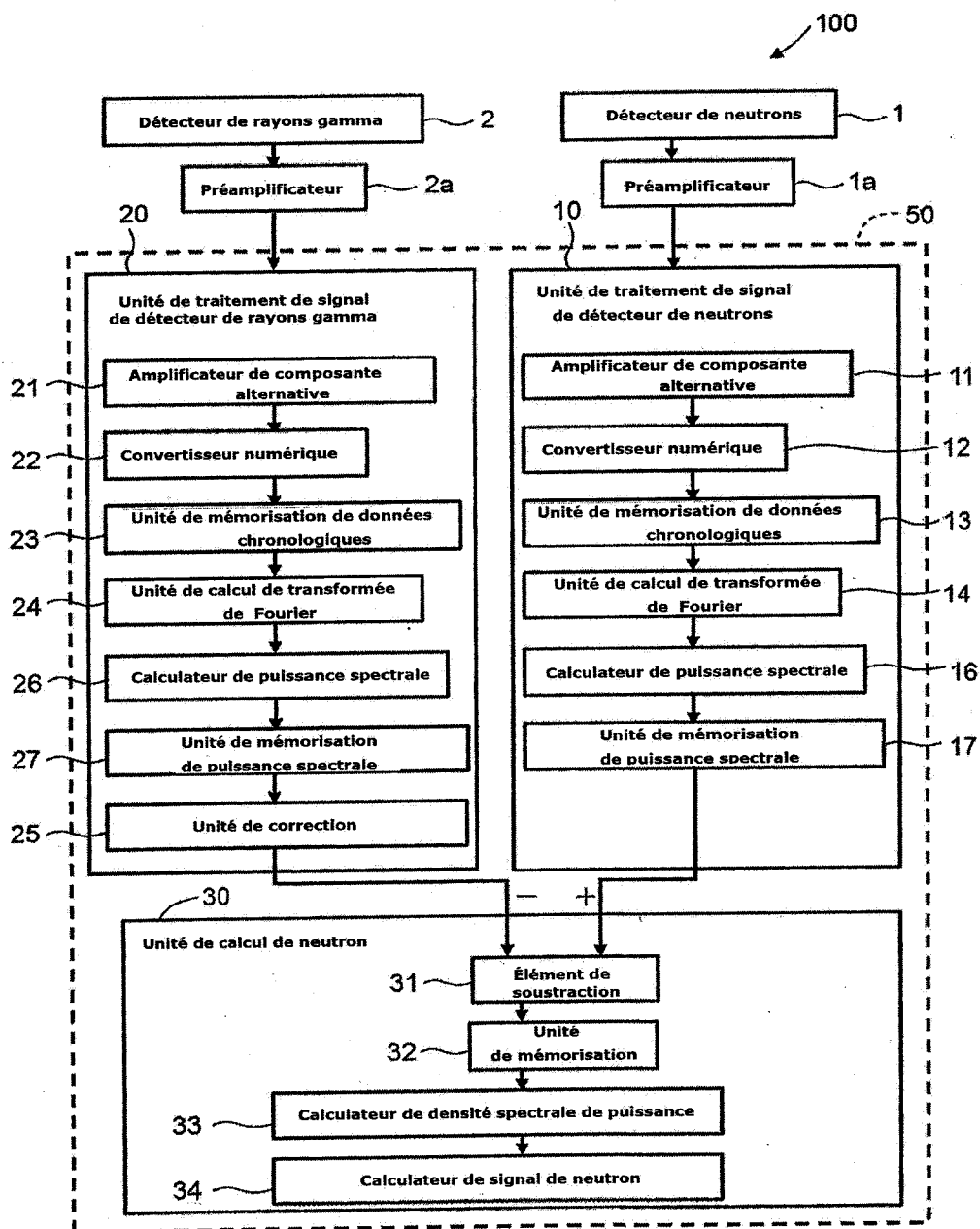


FIGURE 6

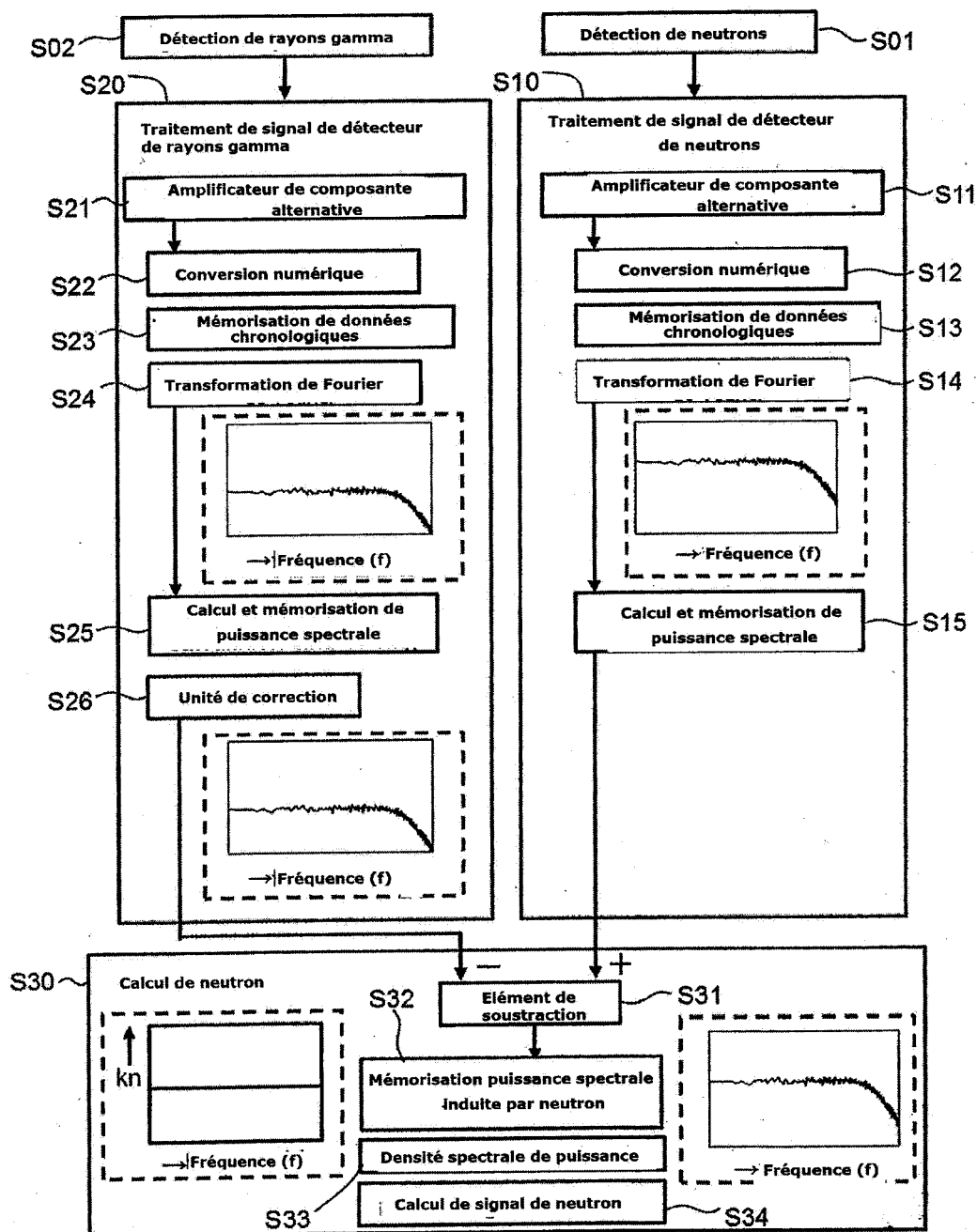


FIGURE 7

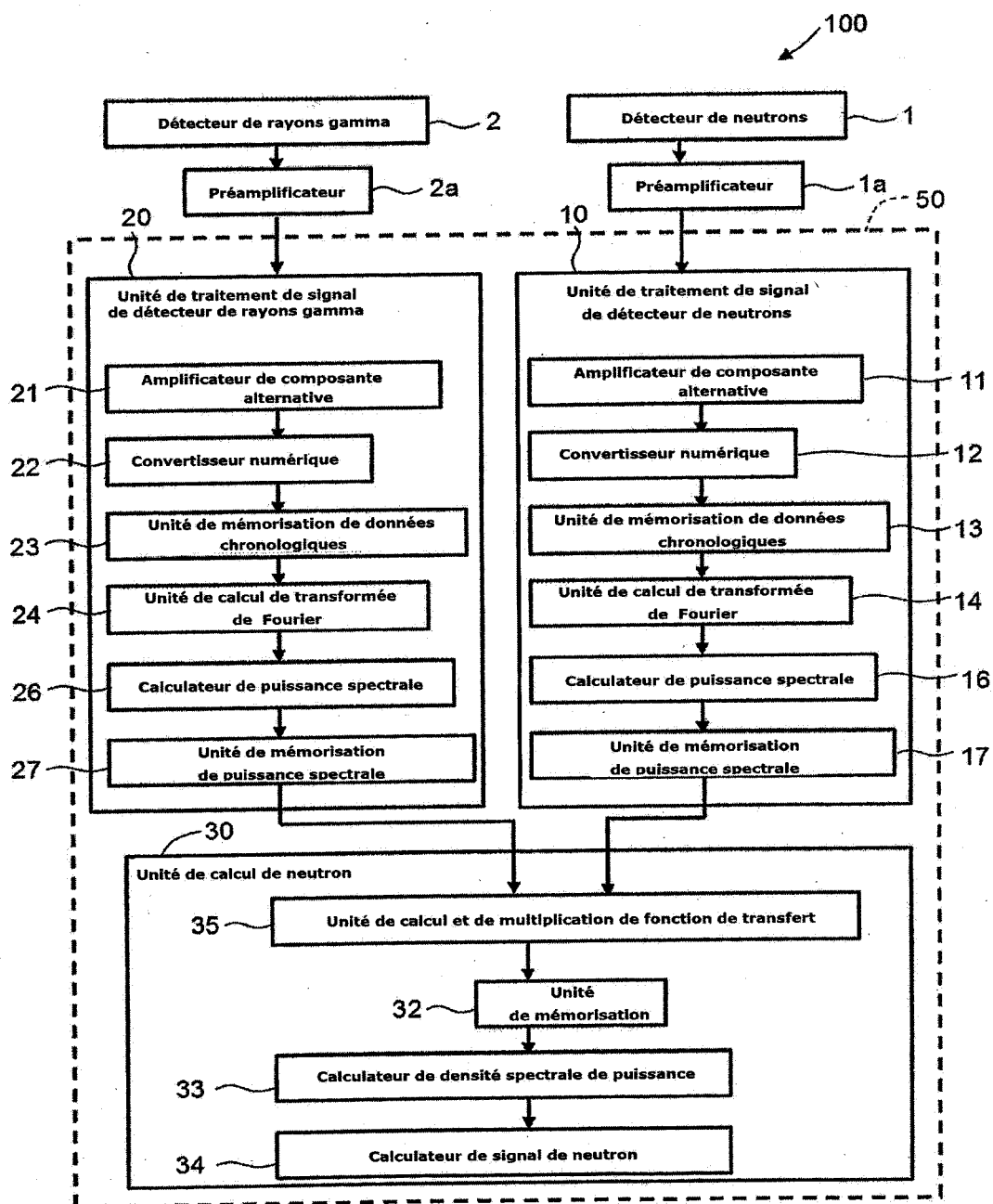


FIGURE 8

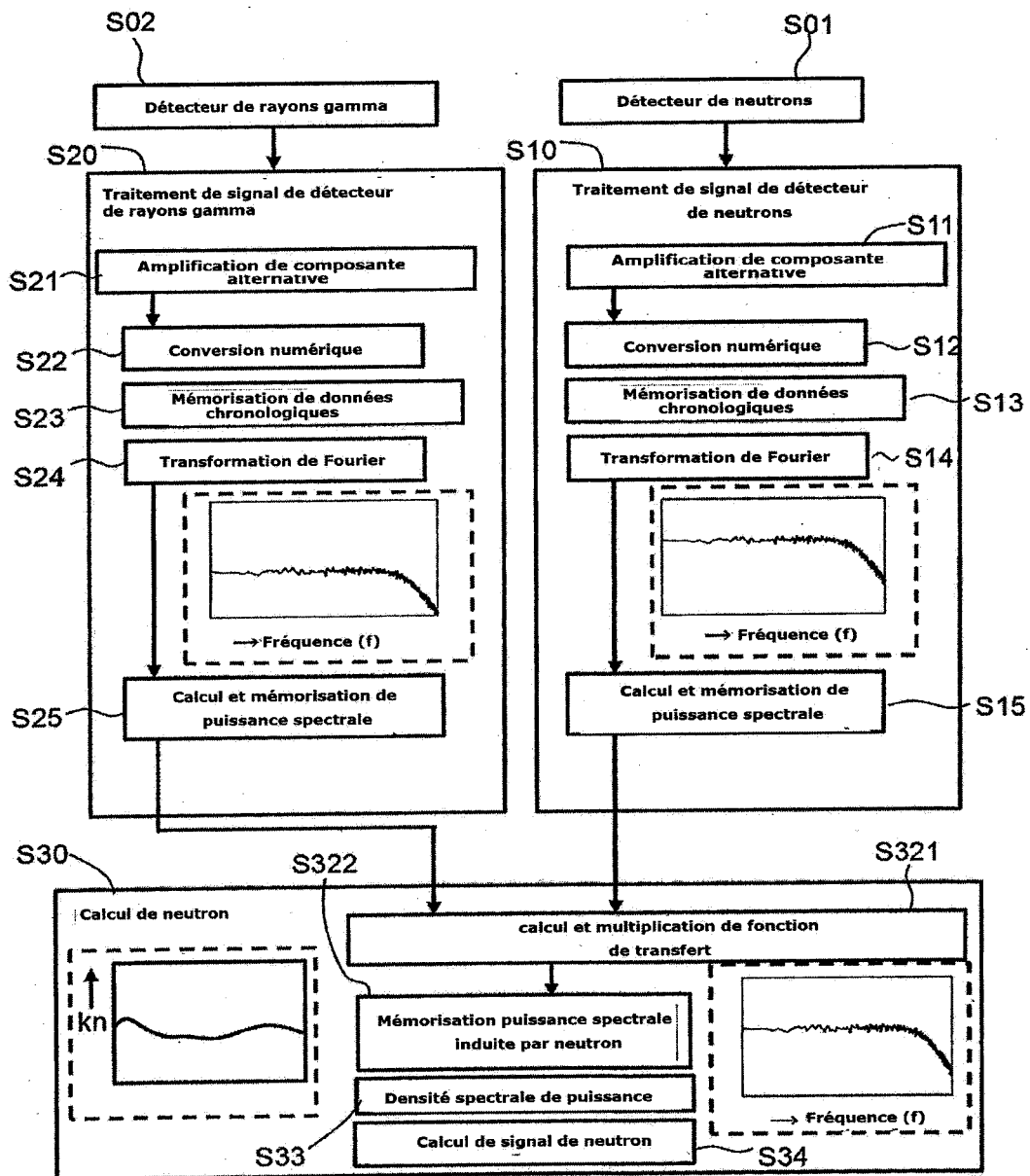


FIGURE 9

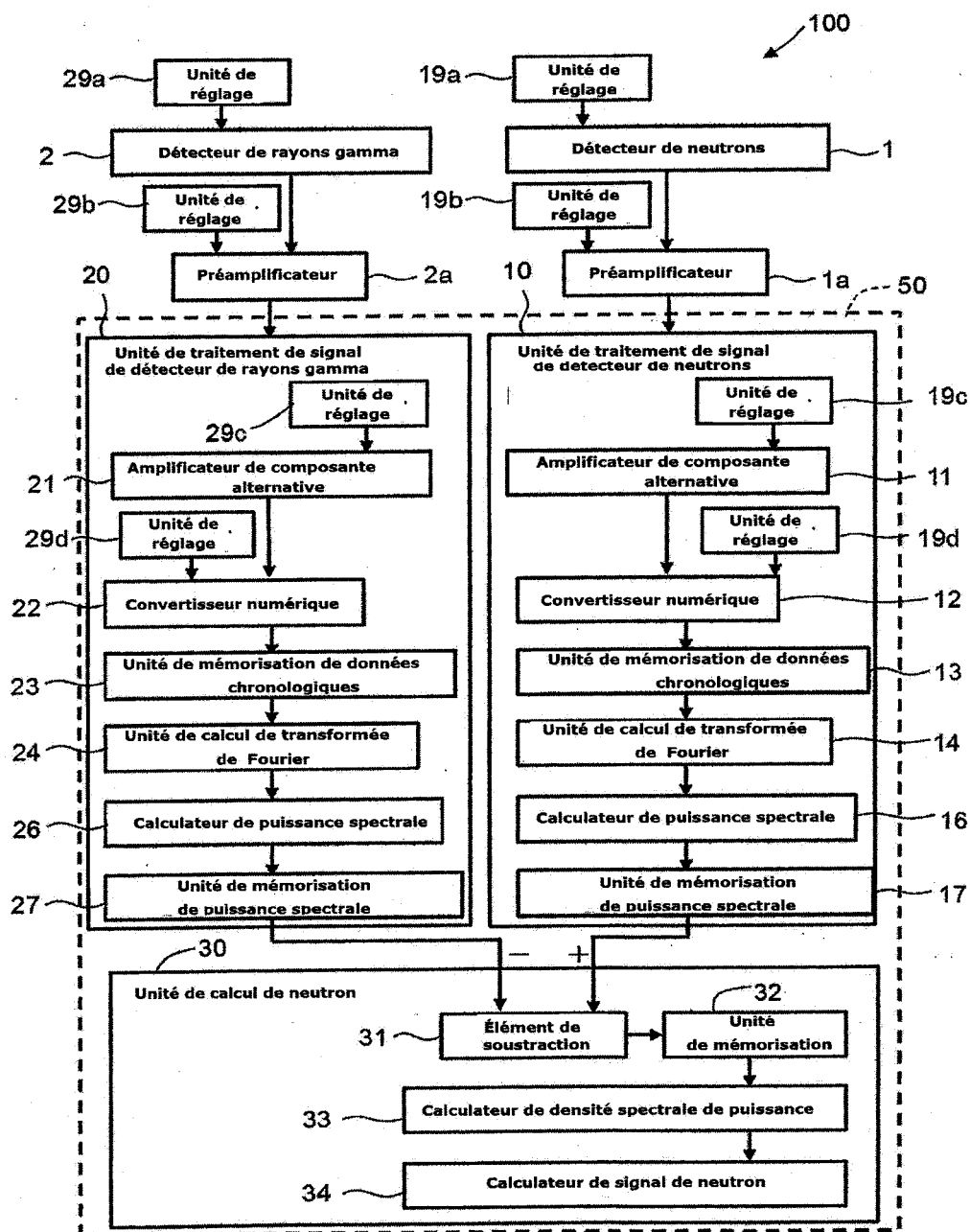


FIGURE 10

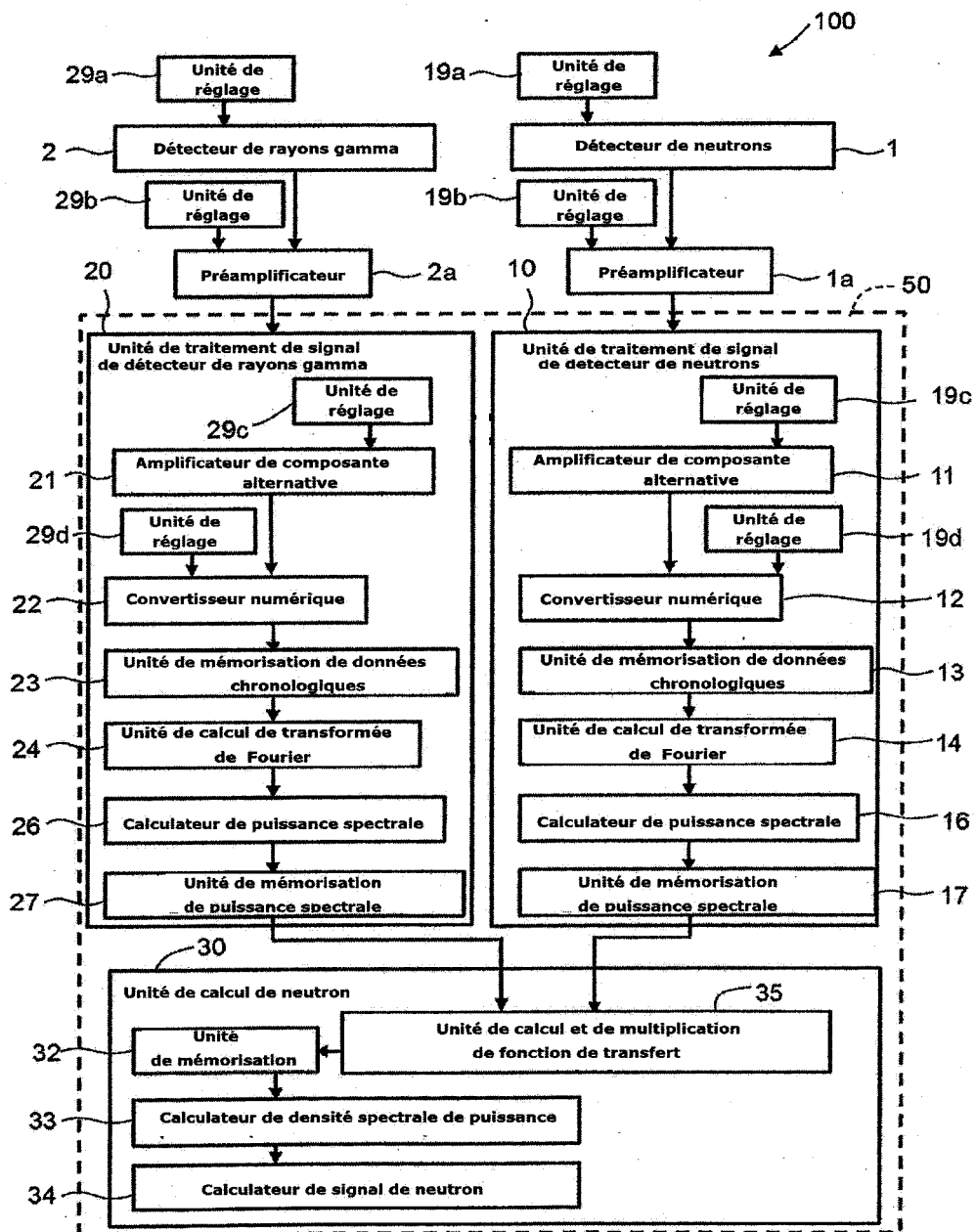


FIGURE 11

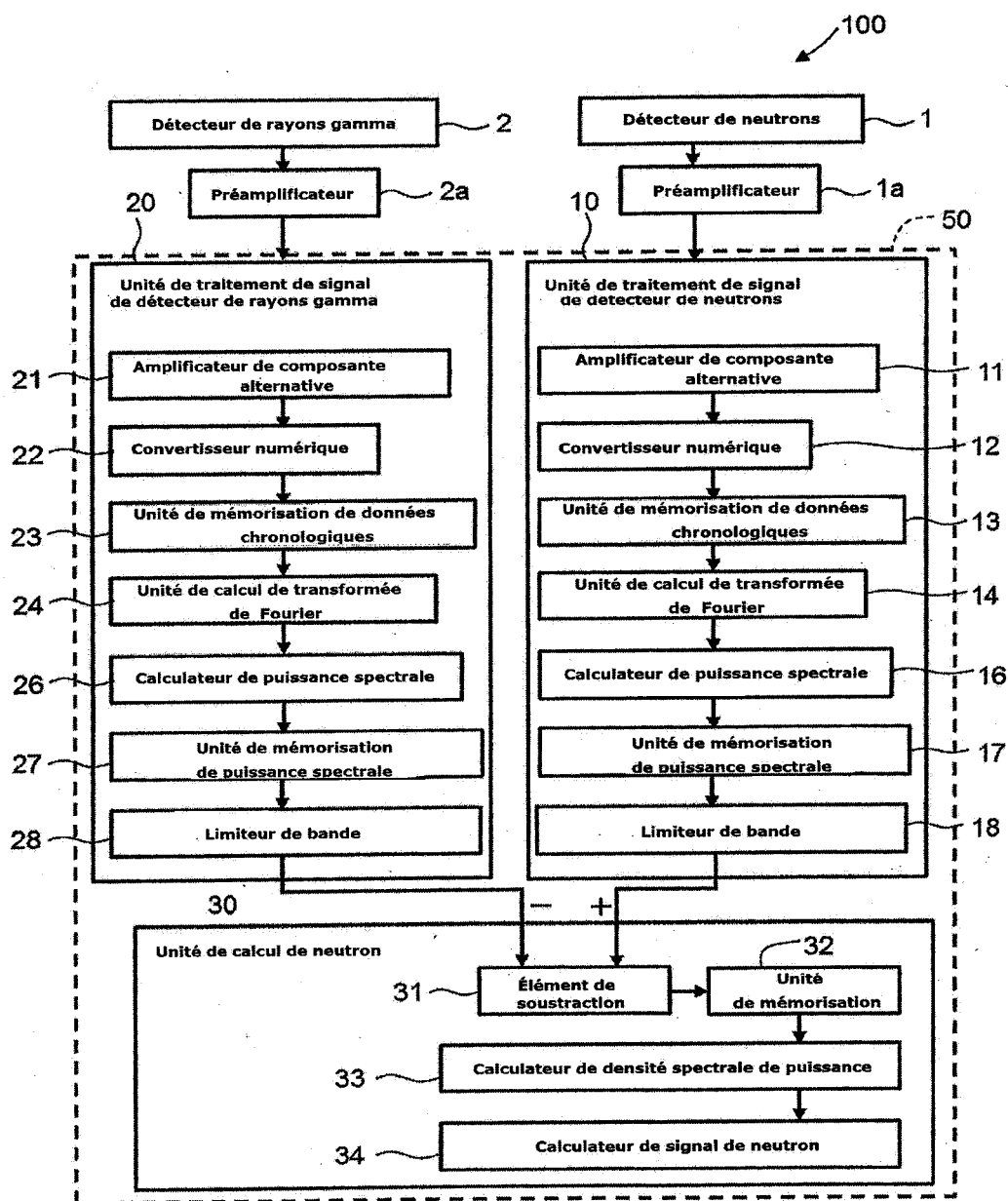


FIGURE 12

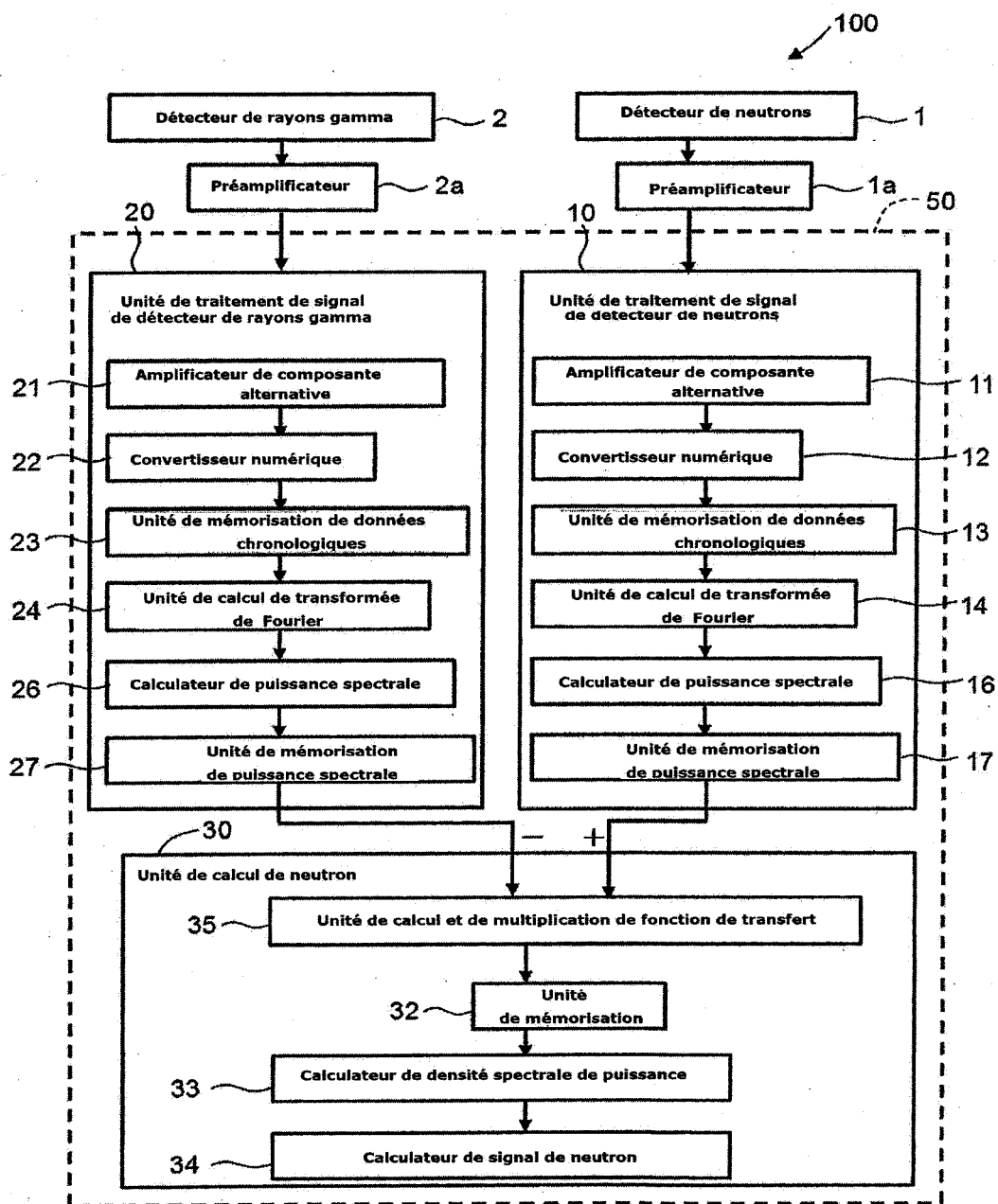


FIGURE 13

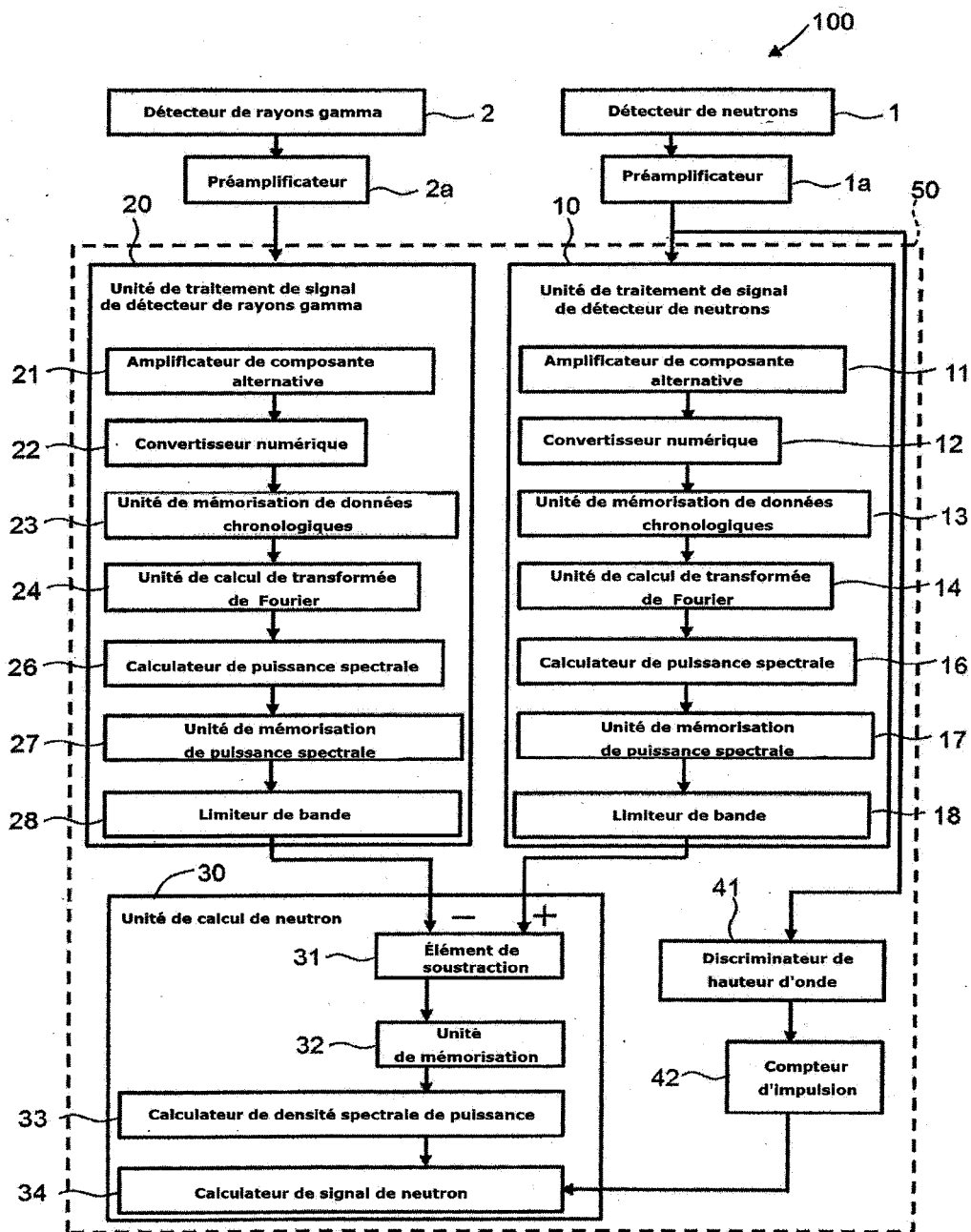


FIGURE 14

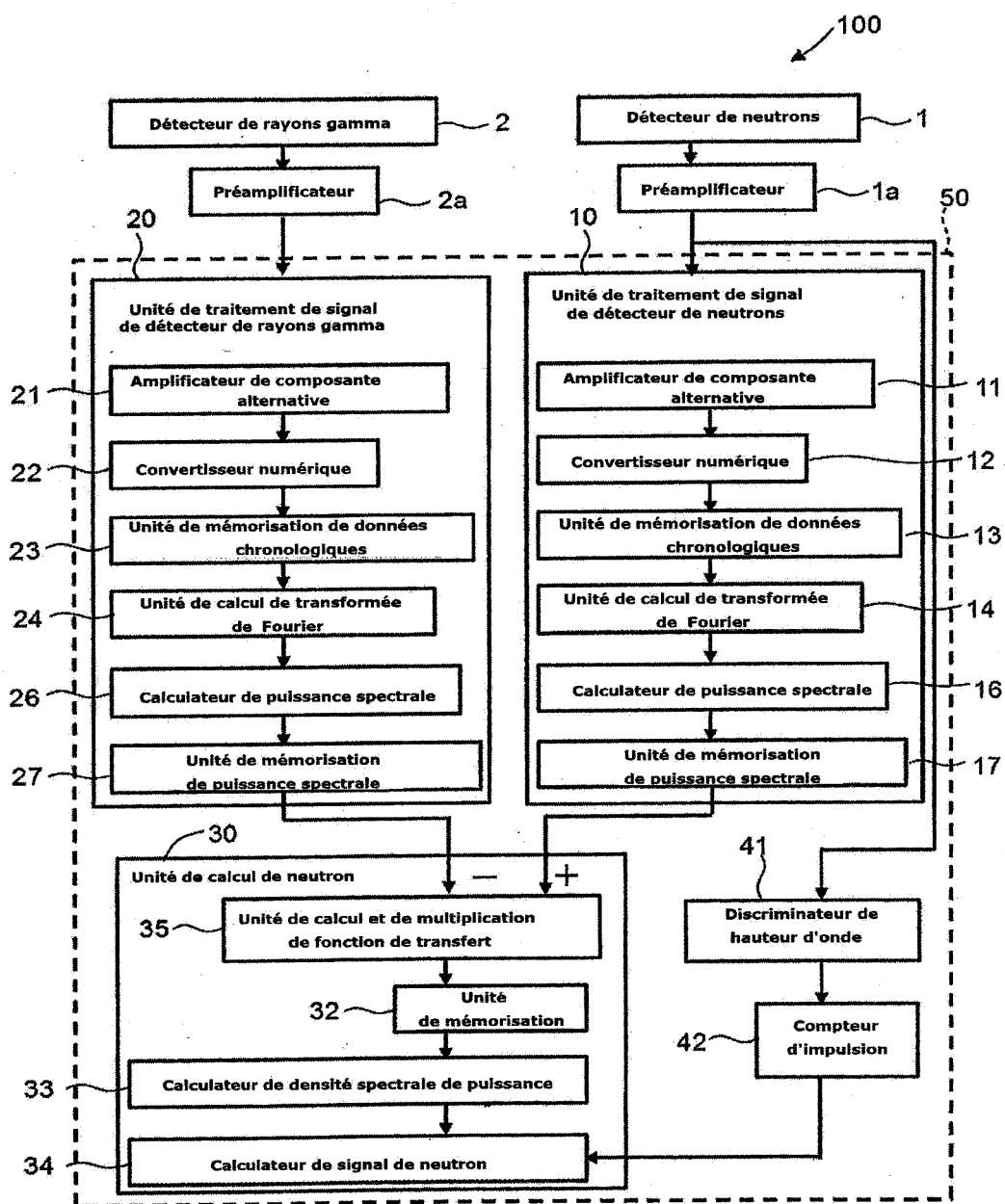


FIGURE 15

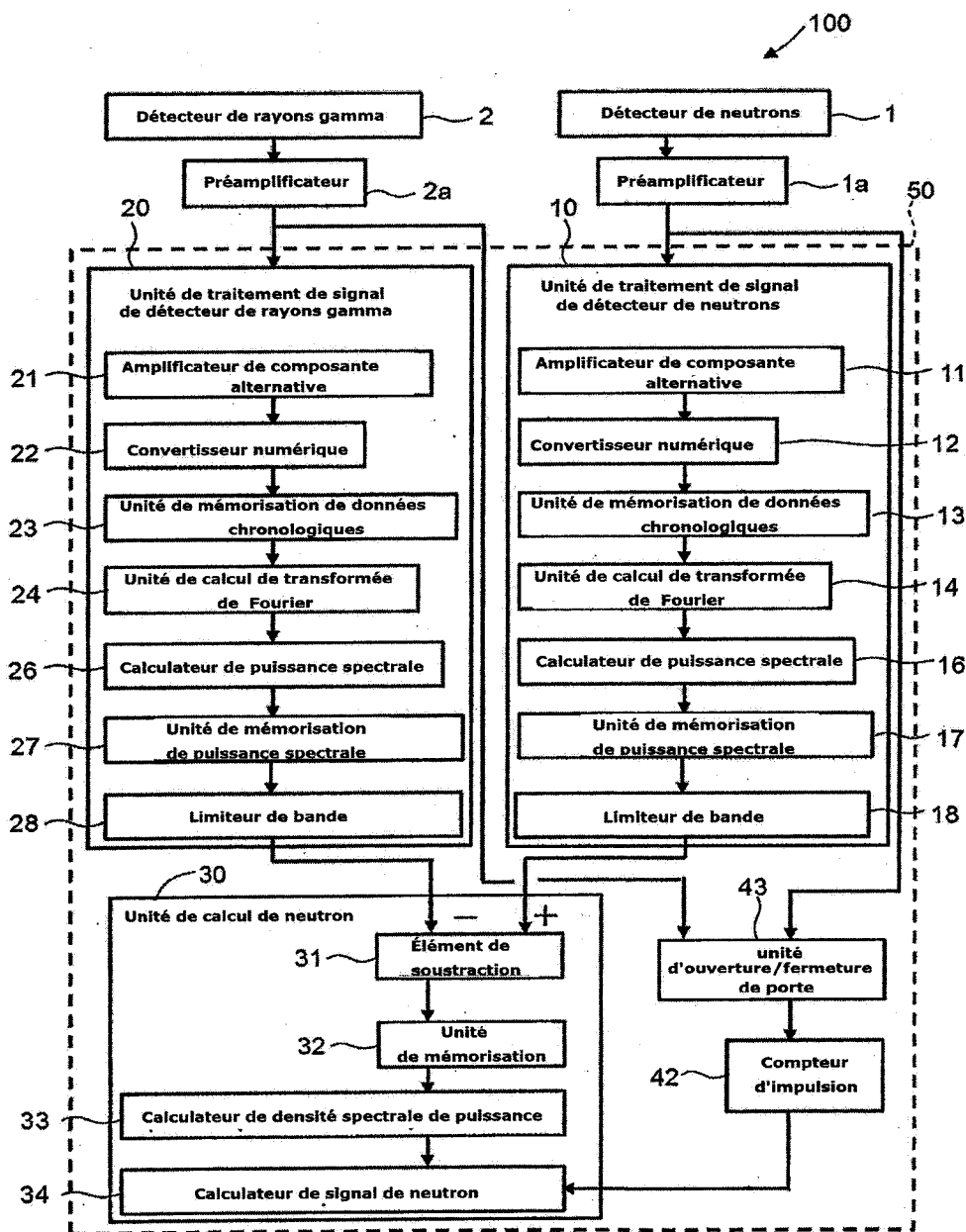


FIGURE 16

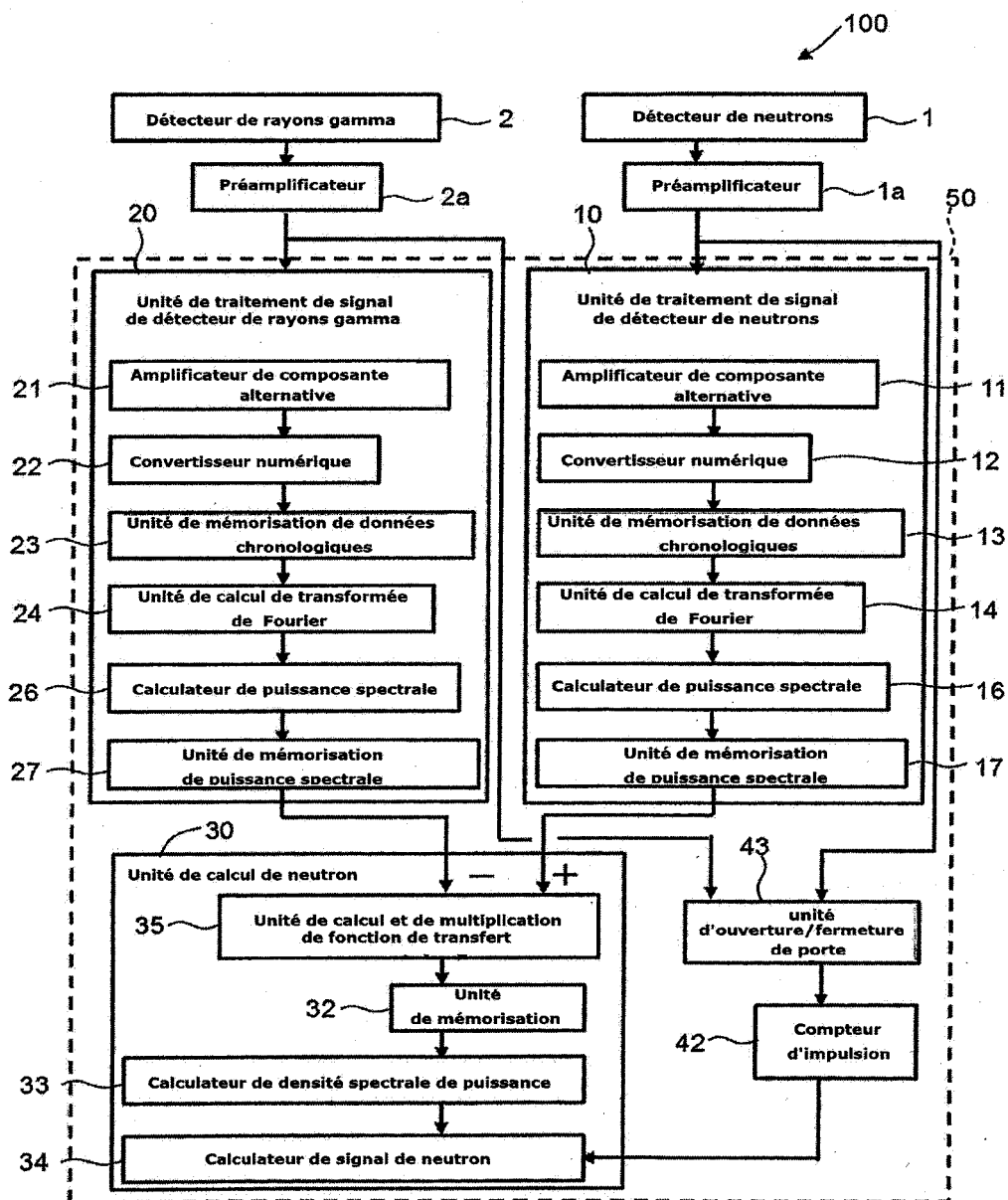


FIGURE 17

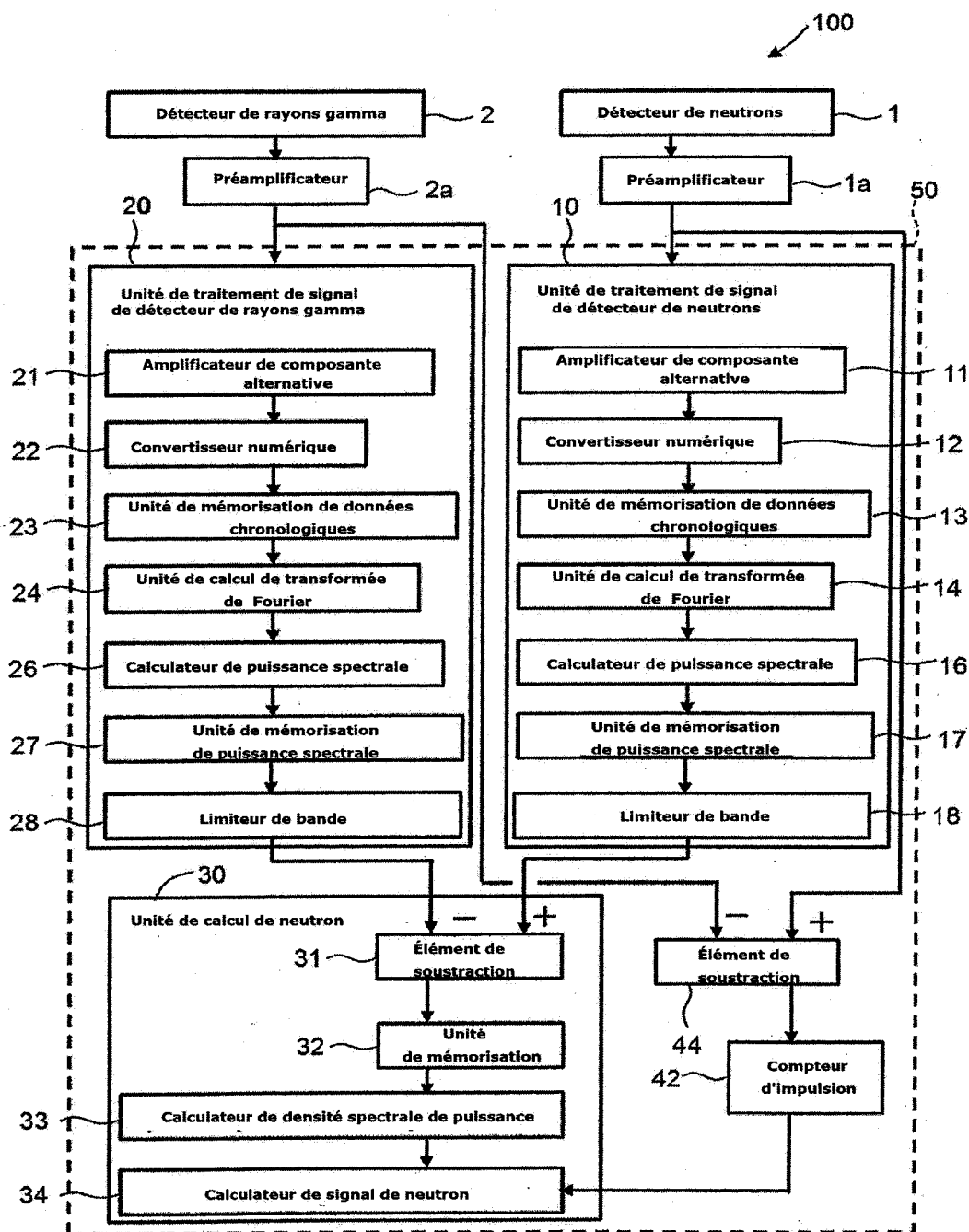


FIGURE 18

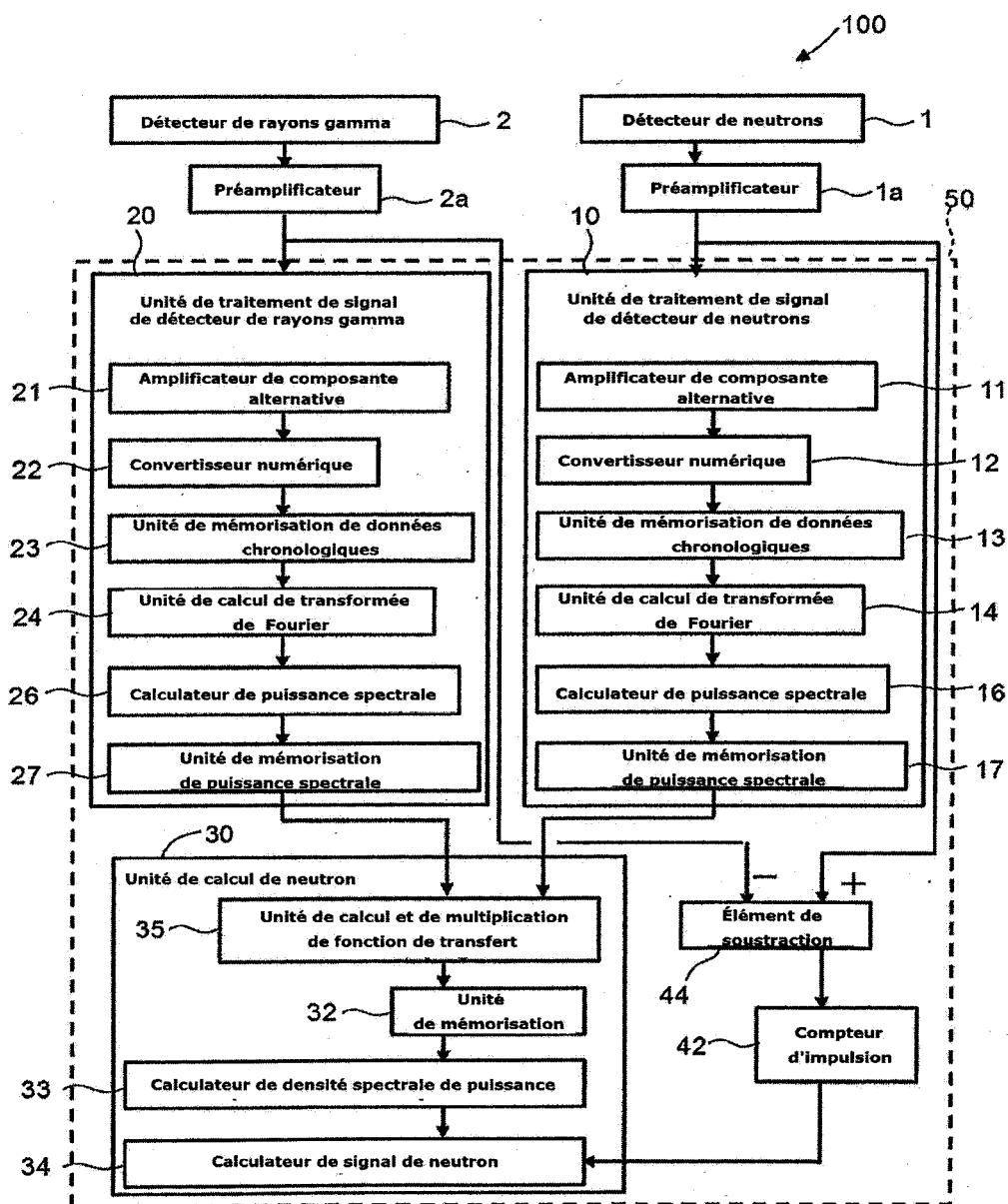


FIGURE 19

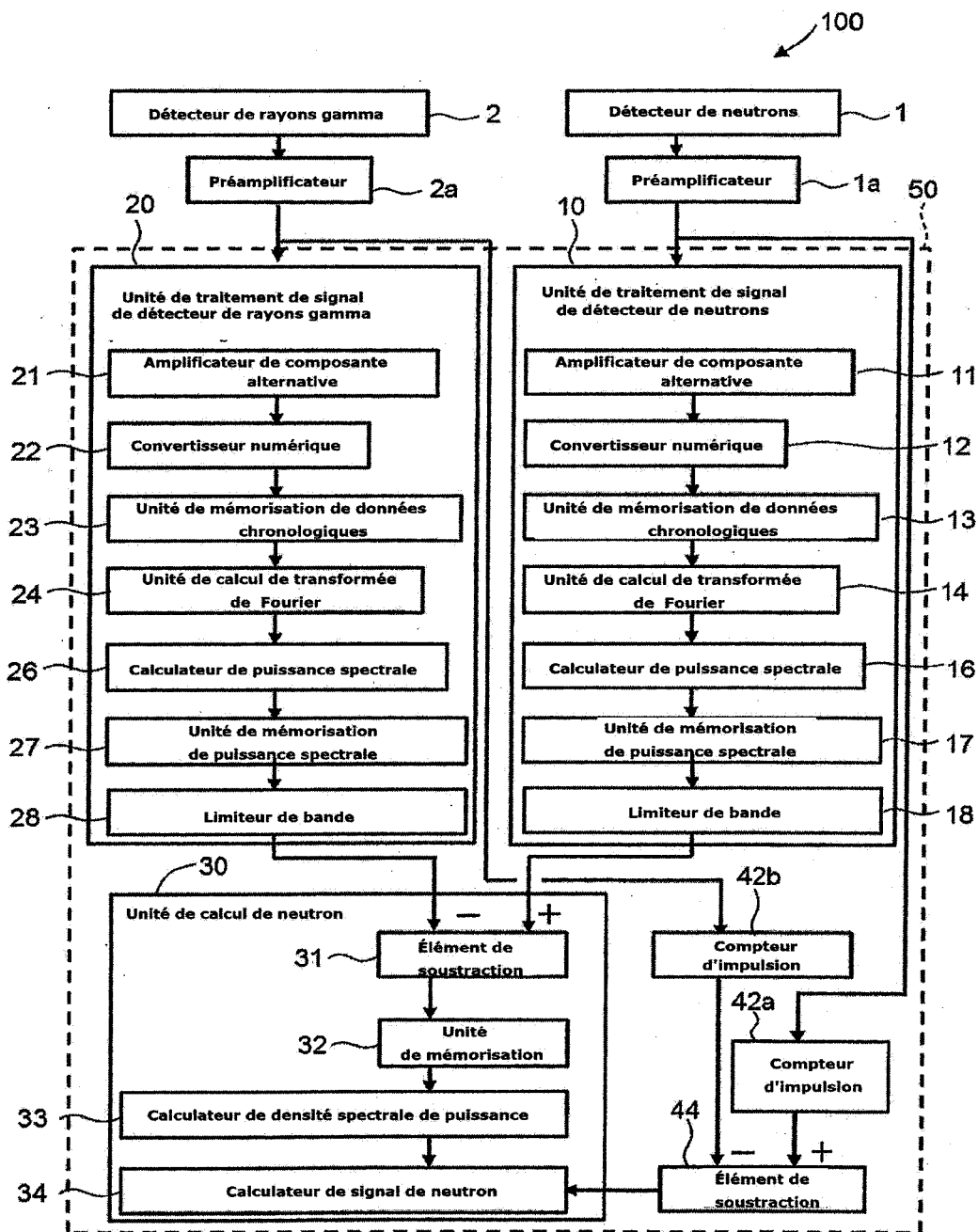


FIGURE 20

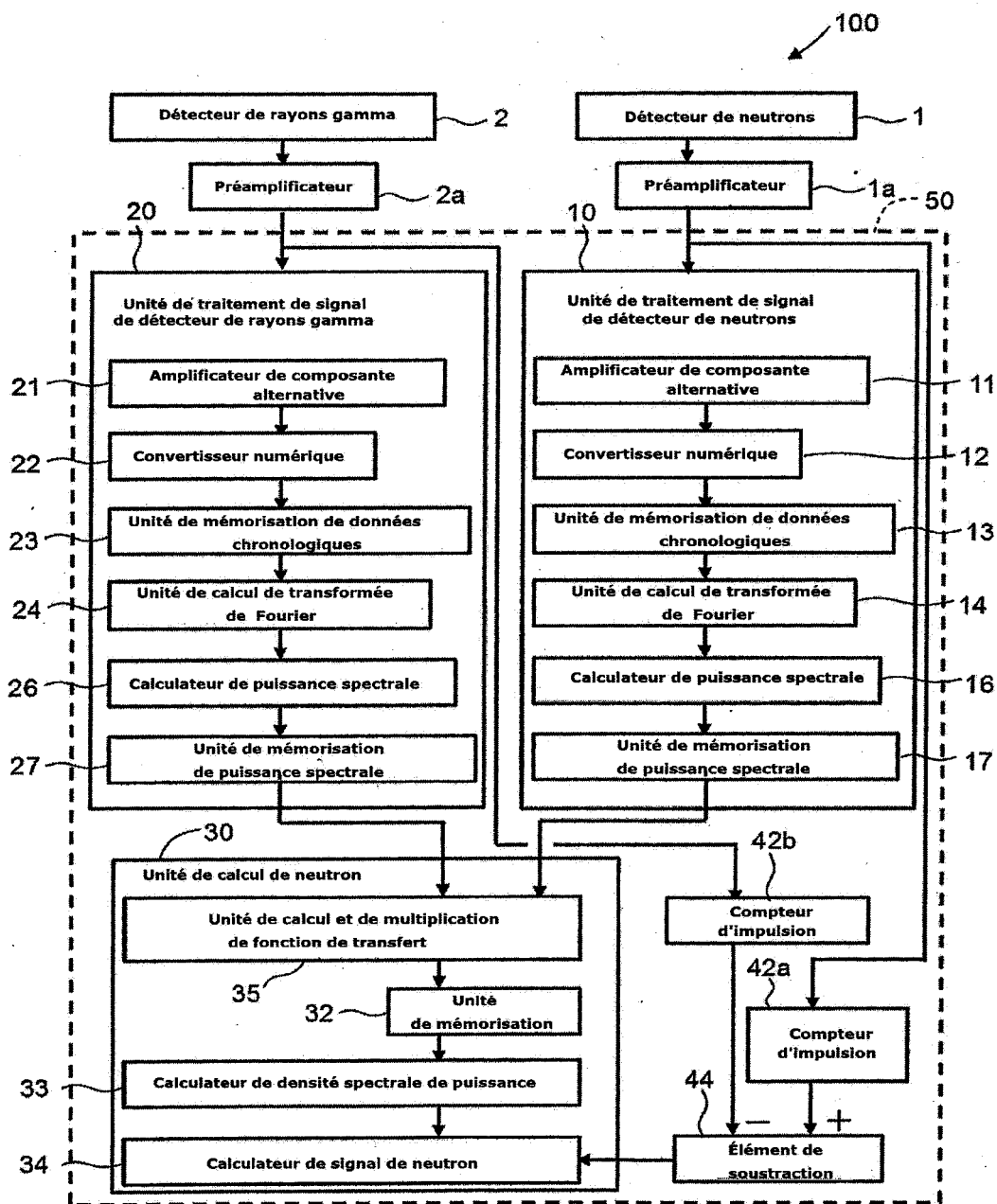


FIGURE 21

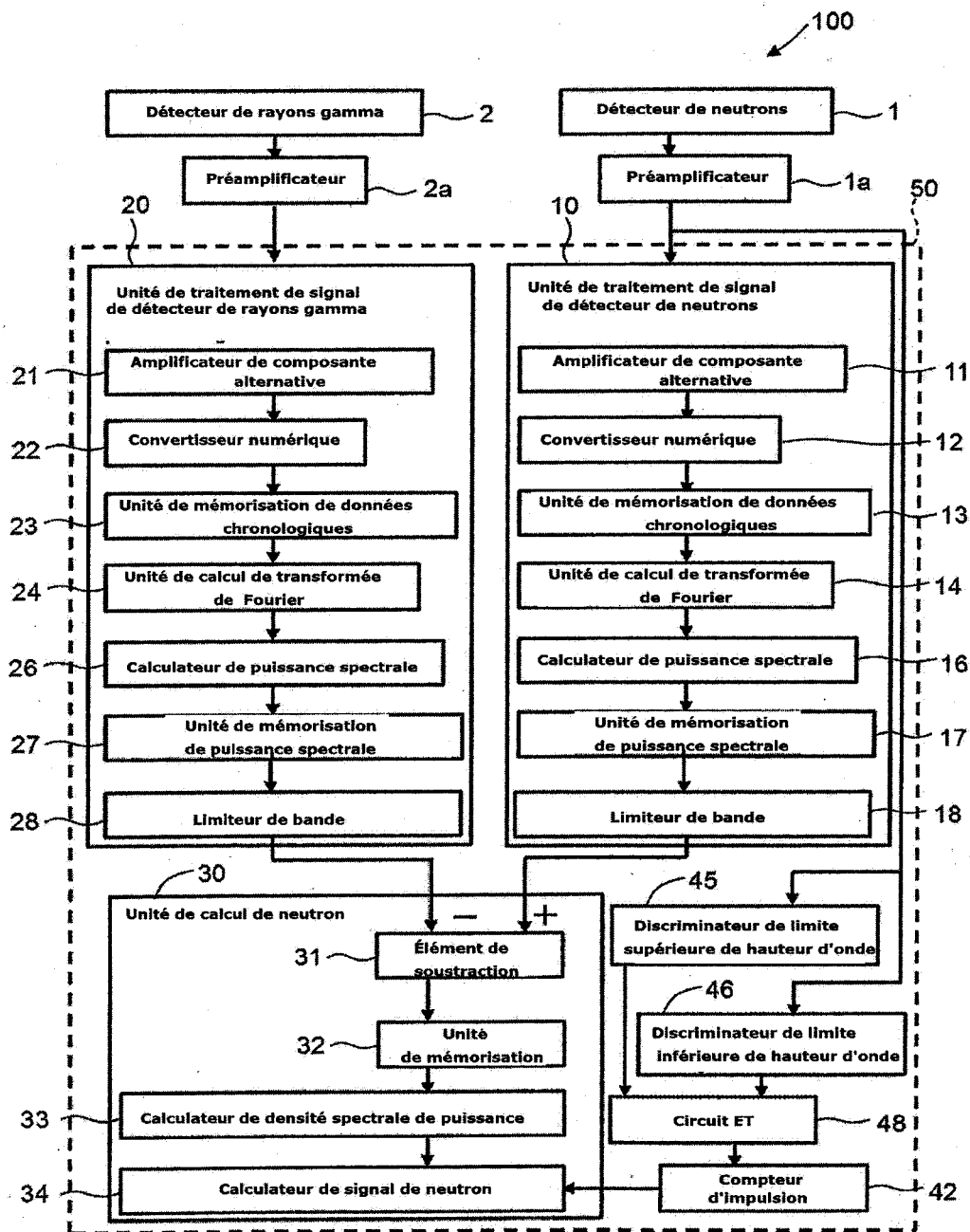


FIGURE 22

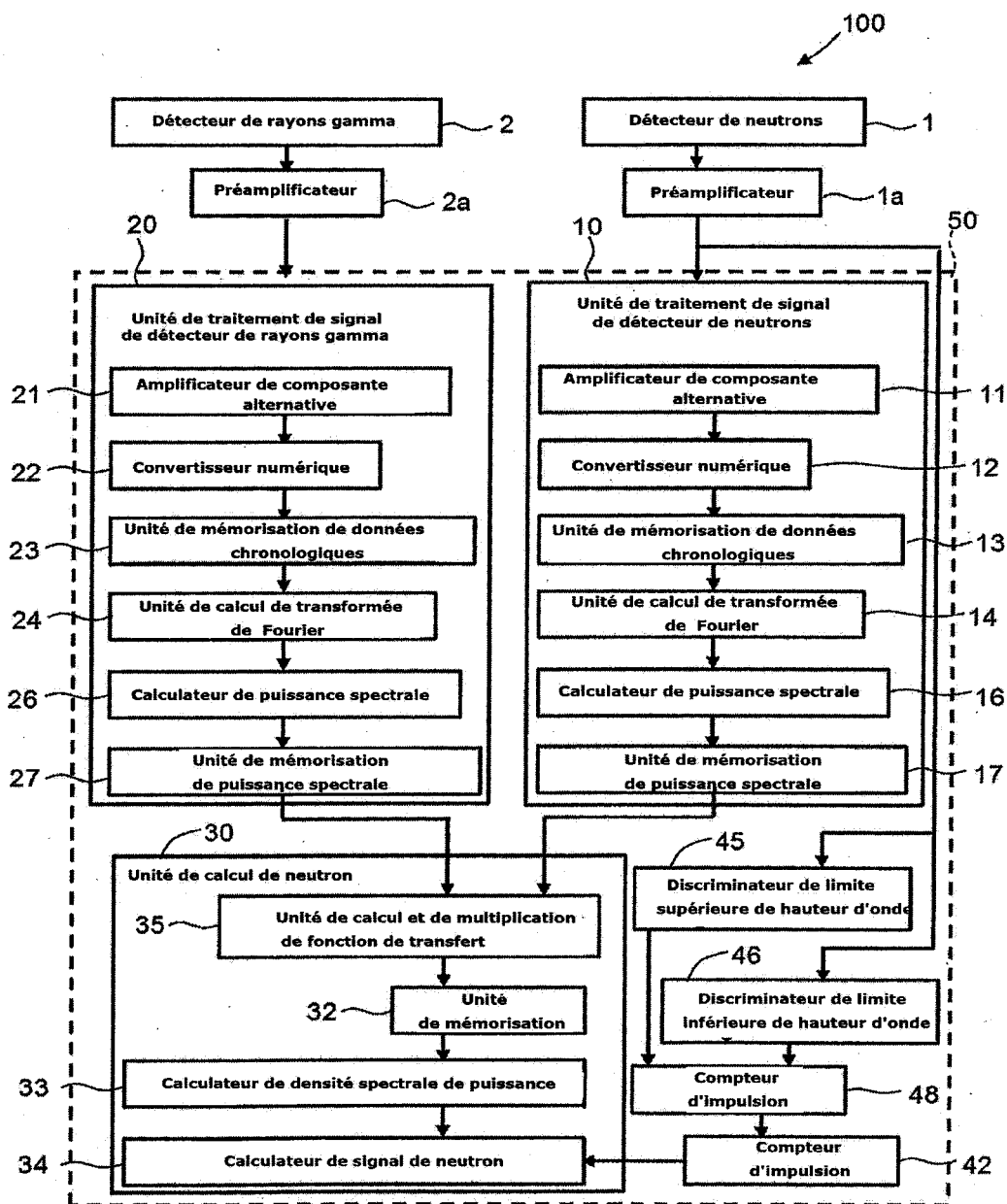


FIGURE 23

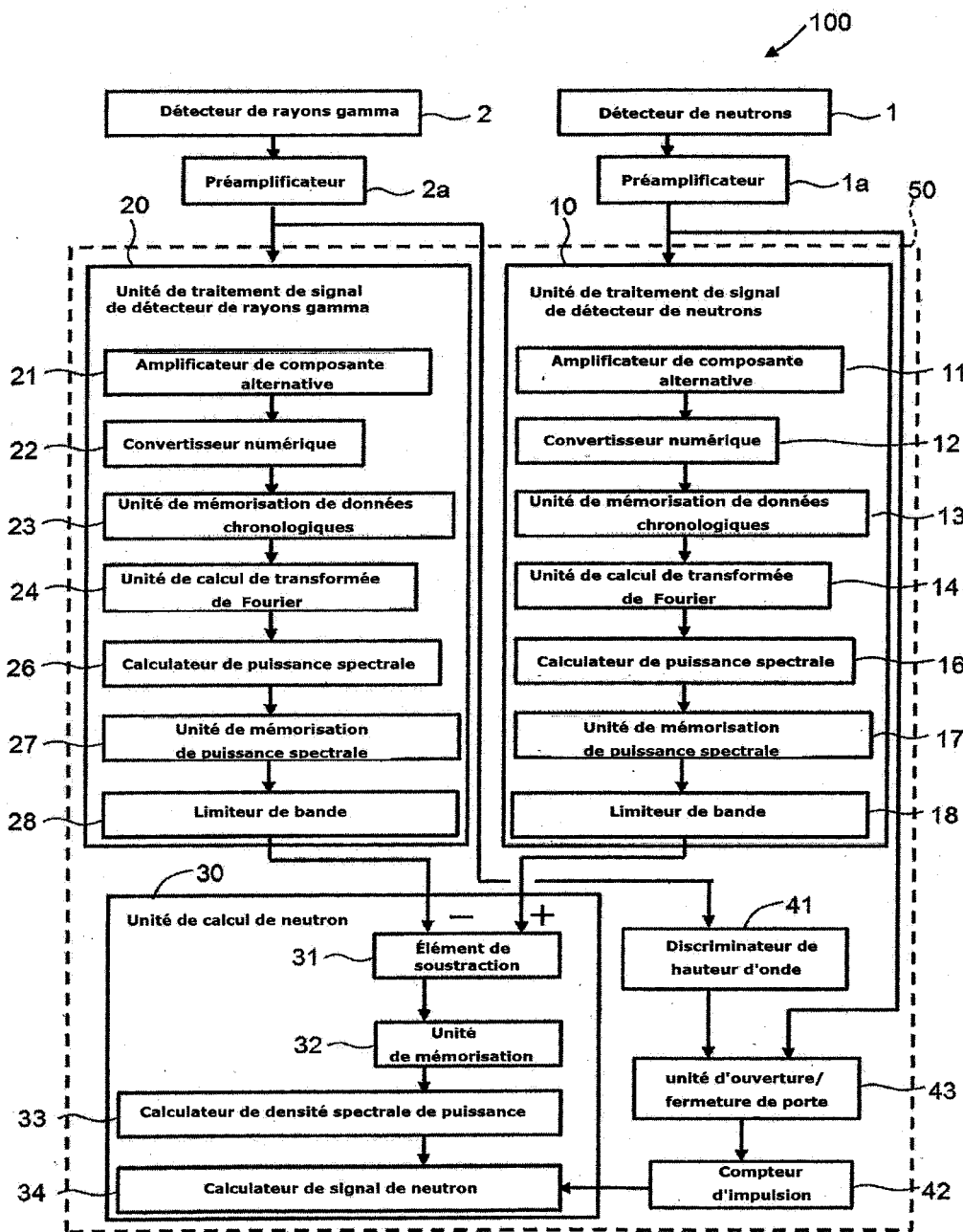


FIGURE 24

