

TITRE : Procédé et système d'ordonnancement automatique d'alarmes

La présente invention concerne un procédé et un système d'ordonnancement automatique d'alarmes indiquant des dysfonctionnements dans un système supervisé.

L'invention se situe dans le domaine de la supervision de systèmes complexes comportant des équipements connectés à un système de supervision central adapté à générer des alarmes de dysfonctionnement.

L'invention trouve des applications dans divers domaines, par exemple dans le domaine industriel ou dans le domaine des infrastructures de transport.

En particulier dans une infrastructure de transport, par exemple une infrastructure de métro, il est nécessaire de superviser le fonctionnement et de gérer et prendre en charge toutes alarmes de dysfonctionnement. Lorsqu'un système supervisé est une infrastructure de transport, ce système comprend de nombreux équipements, par exemple des escalators, des ascenseurs, des portiques d'accès, des éclairages, des machines automatiques de vente de titres de transport, des rails, des trains, des automates de signalisation, ainsi que de nombreux capteurs associés à des systèmes de calcul pour détecter des conditions de risque, par exemple capteurs de fumées, des caméras de vidéosurveillance...

De manière connue, les divers équipements du système supervisé sont connectés à un système de supervision central, et sont adaptés à transmettre des alarmes à un tel système de supervision central. Dans un mode de fonctionnement classique, un ou plusieurs opérateurs de supervision sont en charge de gérer les alarmes de dysfonctionnement reçues par le système de supervision central, à partir des diverses interfaces homme-machine mises à leur disposition, par exemple des écrans, des hauts-parleurs adaptés à transmettre des alarmes sonores.

Dans un système supervisé complexe, comme par exemple une infrastructure de transport de type réseau de métro urbain, le nombre d'alarmes indiquant des dysfonctionnements des équipements du système s'élève à 20 ou plus d'alarmes par minute. Les opérateurs de supervision ont donc une charge très élevée, et doivent trier les alarmes reçues pour effectuer un traitement le plus optimisé possible pour respecter des règles de sécurité et de bon fonctionnement du système supervisé. Il est connu d'associer une catégorie ou un niveau de criticité aux alarmes de dysfonctionnement émises, ce qui permet d'en déduire un niveau de priorité, mais les catégories, définies statiquement a priori, sont en nombre limité, et permettent de distinguer entre des alarmes de sécurité critiques, qui nécessitent

une intervention immédiate, par exemple la détection d'un début d'incendie émise par des capteurs, par rapport à des alarmes de dysfonctionnement qui ne nécessitent pas une intervention immédiate, par exemple une panne d'escalator.

5 L'opérateur de supervision doit pour chaque alarme effectuer une prise en charge de l'alarme, et une mise en œuvre de mesures correctives, afin de résoudre le problème à l'origine de l'émission d'alarme.

En présence d'un très grand nombre d'alarmes, l'opérateur de supervision se trouve submergé, et a une charge mentale telle que le risque d'erreur dans l'ordonnancement de la prise en charge des alarmes est augmenté.

10 De plus, il a été constaté en pratique que le caractère plus ou moins urgent de la prise en charge des alarmes varie selon le contexte d'émission des alarmes par les équipements du système supervisé. Par exemple, dans un réseau de transport, la priorité de prise en charge d'un dysfonctionnement d'un portique d'accès ou d'un escalator sera différente selon la charge effective du réseau de transport, par exemple selon qu'il s'agit d'une heure de pointe ou pas.

15 Il existe donc un besoin de rendre l'ordonnancement d'alarmes pour des systèmes supervisés de ce type plus automatique et plus dynamique.

A cet effet, l'invention propose, selon un aspect, un procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes indiquant des dysfonctionnements dans un système supervisé comportant une pluralité d'équipements connectés à un système de supervision central, l'ordonnancement indiquant un rang de priorité de traitement desdites alarmes, lesdites alarmes étant générées par des équipements du système supervisé et transmises au système de supervision central, le procédé d'ordonnancement étant mis en œuvre par ledit système de supervision central. Ce procédé comporte, dans une phase opérationnelle, les étapes suivantes:

-pour chaque alarme reçue du système supervisé :

- i) obtention de données d'alarme comportant au moins un identifiant d'alarme, une date d'émission d'alarme ;
 - ii) mise en œuvre d'un modèle de prédiction préalablement enregistré, pour calculer un délai de prise en charge prédit en fonction des données d'alarme,
 - 30 iii) calcul d'un rang de priorité de traitement de l'alarme en fonction du délai de prise en charge prédit, et
 - iv) un affichage des alarmes reçues sur une interface homme machine du système de supervision central dans un ordre dépendant du rang de priorité de traitement d'alarme.
- 35

Avantageusement, le procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes selon l'invention met en œuvre un calcul automatique de délai de prise en charge prédit des alarmes, en fonction du contexte, et un calcul automatique de rang de priorité associé. L'ordonnancement effectué est dynamique en fonction du contexte, la charge mentale de l'opérateur est allégée, et par conséquent le risque d'erreur est diminué et la sécurité du système est augmentée.

En particulier, avantageusement, le modèle de prédiction est obtenu par la mise en œuvre d'un algorithme d'apprentissage à partir de décisions de prise en charge d'opérateur de supervision spécialisé.

Le procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes selon l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, prises indépendamment ou selon toutes les combinaisons techniquement envisageables.

Les données d'alarme comportent en outre une indication relative à l'équipement émetteur et/ou à un sous-système du système supervisé auquel l'équipement émetteur appartient, et un descriptif du dysfonctionnement associé à l'alarme.

Le procédé comporte en outre une étape de détermination de paramètres de contexte de l'alarme.

Le calcul d'un rang de priorité de traitement met en œuvre une fonction de calcul qui combine une fonction du délai de prise en charge prédit et des fonctions de paramètres de contexte.

Le modèle de prédiction pour calculer un délai de prise en charge prédit est un premier modèle de prédiction, et le procédé comporte en outre, pour chaque alarme, une mise en œuvre d'un deuxième modèle de prédiction préalablement enregistré, pour calculer un délai de résolution prédit de l'alarme en fonction des données d'alarme.

Le calcul d'un rang de priorité de traitement de l'alarme est en outre fonction du délai de résolution prédit.

Le procédé comporte en outre une phase d'apprentissage, préalable à la phase opérationnelle, comportant des étapes, mises en œuvre pour une pluralité d'alarmes, de :

- pour chaque alarme, réception et mémorisation de données d'alarme comportant un identifiant, une date d'émission et une indication relative à l'équipement émetteur et/ou à un sous-système du système supervisé auquel l'équipement émetteur appartient

-détermination et mémorisation de paramètres de contexte d'alarme dudit système supervisé;

-pour chaque alarme, calcul d'un délai de prise en charge égal au temps écoulé entre la date d'émission et une date de prise en charge par un opérateur de supervision de ladite alarme ;

-mise en œuvre d'un algorithme d'apprentissage supervisé des valeurs de paramètres d'un modèle de prédiction permettant de calculer un délai de prise en charge prédit à partir des données d'alarme mémorisées et des délais de prise en charge calculés.

Le procédé comporte en outre une détermination et une mémorisation de paramètres d'une fonction de calcul d'un rang de priorité de traitement d'alarme, ladite fonction combinant une fonction du délai de prise en charge prédit et des fonctions de paramètres de contexte.

Le procédé comporte en outre, après le calcul d'un délai de prise en charge de chaque alarme, un calcul d'une distribution statistique des délais de prise en charge calculés, puis une classification desdits délais en un nombre prédéterminé de classes.

La mise en œuvre d'un algorithme d'apprentissage comporte une prédiction de la classification de chaque alarme en fonction de données d'alarme préalablement enregistrées.

Le modèle de prédiction permettant de calculer un délai de prise en charge prédit est un premier modèle de prédiction, le procédé comportant en outre, pour chaque alarme, un calcul d'un délai de résolution de l'alarme égal au temps écoulé entre la date d'émission et une date de résolution de l'alarme, et une mise en œuvre d'un algorithme d'apprentissage supervisé des valeurs de paramètres d'un deuxième modèle de prédiction permettant de calculer un délai de résolution prédit à partir des données d'alarme mémorisées, des délais de résolution calculés.

Selon un autre aspect, l'invention concerne un système d'ordonnancement automatique d'alarmes indiquant des dysfonctionnements dans un système supervisé, comportant un système de supervision central, le système supervisé comportant une pluralité d'équipements connectés audit système de supervision central, l'ordonnancement indiquant un rang de priorité de traitement desdites alarmes, lesdites alarmes étant générées par des équipements du système supervisé et transmises au système de supervision central. Le système de supervision central comporte des modules configurés pour, dans une phase opérationnelle:

5

pour chaque alarme reçue du système supervisé :

-obtenir des données d'alarme comportant au moins un identifiant d'alarme, une date d'émission d'alarme ;

5 -mettre en œuvre un modèle de prédiction préalablement enregistré, pour calculer un délai de prise en charge prédit en fonction des données d'alarme,

-calculer un rang de priorité de traitement de l'alarme en fonction du délai de prise en charge prédit,

10 -afficher des alarmes reçues sur une interface homme machine du système de supervision central dans un ordre dépendant du rang de priorité de traitement d'alarme.

Selon une caractéristique, le système d'ordonnancement automatique d'alarmes comporte en outre des modules configurés pour, une phase d'apprentissage, préalable à la phase opérationnelle :

15 -pour chaque alarme, recevoir et mémoriser des données d'alarme comportant un identifiant, une date d'émission et une indication relative à l'équipement émetteur et/ou à un sous-système du système supervisé auquel l'équipement émetteur appartient

20 -déterminer et mémoriser des paramètres de contexte d'alarme dudit système supervisé;

-pour chaque alarme, calculer un délai de prise en charge égal au temps écoulé entre la date d'émission et une date de prise en charge par un opérateur de supervision de ladite alarme ;

25 -mettre en œuvre un algorithme d'apprentissage supervisé des valeurs de paramètres d'un modèle de prédiction permettant de calculer un délai de prise en charge prédit à partir des données d'alarme mémorisées et des délais de prise en charge calculés.

Le modèle de prédiction pour calculer un délai de prise en charge prédit est un premier modèle de prédiction, le système comportant en outre,

30 -un module configuré pour, en phase d'apprentissage pour chaque alarme, calculer d'un délai de résolution de l'alarme égal au temps écoulé entre la date d'émission et une date de résolution de l'alarme, et un module configuré pour mettre en œuvre un algorithme d'apprentissage supervisé des valeurs de paramètres d'un deuxième modèle de prédiction permettant de calculer un
35 délai de résolution prédit à partir des données d'alarme mémorisées, des délais de résolution calculés, et

6

-un module configuré pour, pour chaque alarme, en phase opérationnelle, mettre en œuvre un deuxième modèle de prédiction préalablement enregistré, pour calculer un délai de résolution prédit de l'alarme en fonction des données d'alarme.

5

Selon un autre aspect, l'invention concerne un support d'enregistrement d'informations, sur lequel sont mémorisées des instructions logicielles pour l'exécution d'un procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes tel que brièvement décrit ci-dessus, lorsque ces instructions sont exécutées par un dispositif électronique programmable.

10

Selon un autre aspect, l'invention concerne un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont mises en œuvre par un dispositif électronique programmable, mettent en œuvre un procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes tel que brièvement décrit ci-dessus.

15

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées, parmi lesquelles :

[Fig 1] la figure 1 est un exemple schématique de système d'ordonnancement automatique d'alarmes selon un mode de réalisation de l'invention ;

20

[Fig 2] la figure 2 est un bloc-diagramme des principales étapes d'une phase d'apprentissage d'un procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 3] la figure 3 est un exemple schématique d'un tableau d'alarme ;

25

[Fig 4] la figure 4 est un bloc-diagramme des principales étapes d'une phase d'apprentissage d'un procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 5] la figure 5 est un bloc-diagramme des principales étapes d'une phase opérationnelle d'un procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

30

[Fig 6] la figure 6 est un bloc-diagramme des principales étapes d'une phase opérationnelle d'un procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

35

L'invention sera décrite ci-après dans l'exemple particulier d'application à un système supervisé qui est un réseau de transport. Il est néanmoins à noter que

l'invention ne se limite pas à ce cas d'application, et s'applique plus généralement pour d'autres types de systèmes supervisés générant des alarmes de dysfonctionnement à prendre en charge.

La figure 1 représente schématiquement un système supervisé 2, comportant une pluralité d'équipements 4A, 4B, 4C connectés à un système de supervision central 10 via des interfaces de communication 6A, 6B.

Par exemple, les équipements 4A, 4B font partie d'un même sous-système du système supervisé 2.

Bien entendu en pratique le nombre d'équipements du système supervisé est quelconque, et typiquement de l'ordre de plusieurs dizaines à plusieurs milliers. Par exemple, dans le cas d'application d'un réseau de transport, les équipements du système supervisé sont par exemple : les éclairages, la climatisation, la ventilation des stations, la ventilation des tunnels, les escalators, les ascenseurs, les portillons, les kiosks de vente de ticket, les panneaux d'informations, les systèmes de communication avec le public, les caméras de surveillance, les systèmes informatiques, les systèmes électriques de différents voltages, les portes d'accès, les portes de plateformes, les éléments de signalisations, les éléments de communications avec les trains, ...

Par exemple, les interfaces de communication sont des interfaces de communication radio selon divers protocoles de communication radio, par exemple TETRA (« Terrestrial Trunked Radio ») ou GSM (« Global System for Mobile Communications »).

En variante ou en complément, des communications filaires sont également utilisées.

Les équipements 4A à 4C sont adaptés à émettre des informations de statuts des équipements et des alarmes de dysfonctionnement 8, qui sont transmises, par les interfaces de communication au système de supervision central 10.

Le système de supervision central 10 est également représenté de manière schématique ici, il s'agit par exemple d'un système informatique comportant un ou plusieurs ordinateurs interconnectés.

Le système de supervision central 10 représenté à la figure 1 comprend une interface de communication 12 configurée pour communiquer avec les interfaces de communication 6A, 6B du système supervisé 2.

Selon une variante, le système de supervision central 10 comprend plusieurs interfaces de communication, chaque interface de communication étant adaptée à communiquer selon un protocole de communication, de manière à communiquer

selon tous les protocoles de communication implémentés dans le système supervisé 2.

Dans l'exemple schématique de la figure 1, le système de supervision central 10 est un dispositif électronique de calcul programmable, comprenant une unité électronique de calcul, par exemple un processeur de calcul 14, et une unité électronique de stockage de données 16, par exemple sous forme de fichiers ou de registres, ainsi qu'une ou plusieurs interfaces homme-machine 18. L'interface homme-machine 18 comprend au moins un dispositif d'affichage d'informations, par exemple un écran 20, et un dispositif de saisie des commandes de l'opérateur 22, qui peuvent être réunis en un seul dispositif d'affichage et d'interaction, par exemple un écran tactile.

Le processeur de calcul 14 est apte à exécuter des calculs et des instructions de code de programme d'ordinateur ou instructions logicielles lorsque le dispositif 10 est mis sous tension. Les éléments 12, 14, 16, 18 du système de supervision central 10 sont adaptés à communiquer via des bus de communication.

L'unité électronique de stockage de données 16 est adaptée à mémoriser des paramètres 24 de contexte d'alarmes et/ou de fonctionnement du système supervisé 2, des données d'alarmes 26 relatives aux alarmes reçues du système supervisé 2 ainsi que des paramètres 28 des modèles de prédiction permettant de calculer un délai de prise en charge d'alarme prédit et/ou un délai de résolution d'alarme prédit.

Le processeur de calcul 14 est configuré exécuter pour des modules réalisés sous forme d'instructions logicielles pour mettre en œuvre un procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes selon l'invention.

Ces modules comprennent :

- un module 30 de réception de données d'alarmes et de mémorisation,
- un module 32 de détermination et mémorisation de paramètres de contexte,
- un module 34 de calcul de délai de prise en charge d'alarmes par un opérateur de supervision et, optionnellement de calcul de délai de résolution d'alarmes,
- un module 36 de mise en œuvre d'un algorithme d'apprentissage des valeurs de paramètres de modèle de prédiction,
- un module 38 de calcul, pour chaque nouvelle alarme reçue du système supervisé 2, d'un délai de prise en charge prédit et optionnellement, d'un délai de résolution prédit;
- un module 40 de calcul d'un rang de priorité de traitement de chaque alarme.

Le fonctionnement plus détaillé de ces modules sera décrit ci-après.

Dans un mode de réalisation, les modules 30 à 40 sont réalisés sous forme d'instructions logicielles exécutables, qui sont enregistrées sur un support d'informations non transitoire, lisible par ordinateur. Le support lisible par ordinateur est par exemple, un médium apte à mémoriser des instructions électroniques et à être couplé à un bus d'un système informatique. A titre d'exemple, le support lisible est un disque optique, un disque magnéto-optique, une mémoire ROM, une mémoire RAM, tout type de mémoire non volatile (par exemple EPROM, EEPROM, FLASH, NVRAM), une carte magnétique ou une carte optique.

Dans une variante de mise en œuvre, ces modules 30 à 40 sont réalisés chacun sous forme d'un composant logique programmable, tel qu'un FPGA (de l'anglais *Field Programmable Gate Array*), un GPU (processeur graphique) ou un GPGPU (de l'anglais *General-purpose processing on graphics processing*), ou encore sous forme d'un circuit intégré dédié, tel qu'un ASIC (de l'anglais *Application Specific Integrated Circuit*).

Le système de supervision central 10 comporte en outre un module 42 de commande d'action corrective et de réception d'information de résolution du dysfonctionnement source de l'alarme lorsqu'une alarme est résolue.

La figure 2 est un bloc diagramme des principales étapes d'un procédé d'ordonnancement d'alarmes dans une phase d'apprentissage, qui permet de calculer les paramètres d'un modèle de prédiction d'un délai de prise en charge d'alarmes, et les paramètres d'une fonction de calcul d'un rang de priorité de traitement d'alarmes.

La phase d'apprentissage est effectuée sur une durée d'apprentissage par exemple, ce qui permet de recueillir des informations relatives à un grand nombre d'alarmes, par exemple au minimum un mois d'alarmes traitées.

Le procédé comporte une étape 50 de réception et mémorisation de données relatives à des alarmes émises par des équipements ou des sous-systèmes du système supervisé. Ces données relatives aux alarmes, appelées ci-après données d'alarme, comportent pour chaque alarme, au moins un identifiant d'alarme, une date d'émission, une indication relative à l'équipement émetteur et un descriptif du dysfonctionnement associé à l'alarme, par exemple « à l'arrêt », « hors service », « température dépassant 40°C »...

L'identifiant de l'alarme est un identifiant unique permettant d'identifier l'alarme dans le système.

La date d'émission est une datation temporelle avec un niveau de précision donné, par exemple jour/mois/année/heure/minutes/secondes. Tout autre format de représentation de la date est utilisable.

5 Pour chaque alarme, un état d'alarme est calculé et mis à jour en fonction d'informations de l'interface homme-machine suite à une action (prise en charge de l'alarme) de l'opérateur de supervision et d'informations relatives à la résolution d'une alarme.

10 L'état de l'alarme est par exemple un état parmi : « alarme en cours », « alarme prise en charge », « alarme résolue », où « alarme en cours » indique une nouvelle alarme émise par le système supervisé, « alarme prise en charge » indique que l'alarme a été prise en charge par l'opérateur de supervision, et « alarme résolue » signifie que le problème à l'origine de l'alarme a été résolu.

Chaque état d'alarme a une date associée.

15 Ainsi, l'état « alarme en cours » est associé à la date d'émission de l'alarme ; l'état « alarme prise en charge » est associé à la date de prise en charge de l'alarme par un opérateur de supervision ; l'état « alarme résolue » est associé à la date de résolution du problème à l'origine de l'alarme, par exemple cette date/heure est indiquée par le système supervisé.

20 Par exemple, dans un mode de réalisation, les alarmes sont affichées sur un écran d'affichage de l'interface homme machine du système de supervision central, par exemple sous forme de tableau, pour traitement par un opérateur de supervision.

25 L'opérateur de supervision agit par l'intermédiaire du dispositif de saisie pour indiquer la prise en charge de l'alarme, et la date/heure de la saisie de l'opérateur sont mémorisées en lien avec l'état « alarme prise en charge ».

Bien entendu tout format approprié de représentation de la date est acceptable.

30 La figure 3 est un exemple schématique de tableau d'affichage T contenant des informations relatives à une même alarme dans plusieurs états. Le tableau T comporte des colonnes T_1 à T_5 , la colonne T_1 comportant l'identifiant unique d'alarme, la colonne T_2 une valeur binaire représentant le fait que l'alarme est active (valeur 1) ou non active (valeur 0), la colonne T_3 indique si une prise en charge est requise (valeur 1) ou non requise (valeur 0), la colonne T_4 comprend la date associée et la colonne T_5 comprend des informations relatives à l'opérateur de supervision qui prend en charge l'alarme.

35

11

Les valeurs des colonnes T_2 et T_3 prises conjointement indiquent l'état de l'alarme parmi les états mentionnés ci-dessus :

- pour « alarme en cours », $T_2=1$, $T_3=1$;
- pour « alarme prise en charge », $T_2=1$, $T_3=0$;
- pour « alarme résolue », $T_2=0$, $T_3=0$.

Pour chaque état, la colonne T_4 indique la date associée.

De plus, les données relatives aux alarmes comportent en complément une catégorie statique attribuée à l'alarme, parmi un nombre restreint N de catégories statiques, représentatif d'un niveau de criticité de l'alarme. Par exemple, N est compris entre 1 et 3 correspondant aux criticités basse, moyenne, haute.

Le procédé comporte également une étape 52 détermination et de mémorisation de paramètres de contexte des alarmes enregistrées, par exemple :

- la densité d'alarmes par intervalle temporel sur des intervalles prédéterminés,

- le ratio d'alarmes d'un même groupe (les groupes étant calculés par un algorithme de regroupement) à court terme, par exemple de l'ordre de 5 à 10 minutes avant la date/heure d'émission de l'alarme considérée ;

- l'entropie du sous-système auquel appartient l'équipement émetteur de l'alarme considérée. C'est une mesure qui correspond à la quantité d'information contenue ou délivrée par une source d'information.

- l'entropie du lieu de l'équipement émetteur de l'alarme.

Le procédé comporte également une étape 54 de calcul, pour chaque alarme, d'un délai de prise en charge, qui est l'écart temporel entre la date de l'émission de l'alarme et la date de la prise en charge de l'alarme.

Ce délai de prise en charge est également mémorisé en lien avec l'alarme considérée à l'étape 54.

Lors d'une étape 56 une distribution statistique des délais de prise en charge des alarmes mémorisées est calculée, puis une classification en un nombre C de classes est effectuée à l'étape de classification 58.

Le nombre C de groupes est prédéterminé, par exemple $C=10$, et la classification est effectuée en fonction des caractéristiques des alarmes en utilisant un GMM (de l'anglais « Gaussian Mixture Model »).

Un modèle de prédiction du délai de prise en charge est calculé à l'étape de calcul de modèle de prédiction 60, à partir de la classification en fonction des données d'alarmes mémorisées de l'étape 56 et de la classification effectuée à l'étape de classification 58.

De préférence, une méthode d'apprentissage telle que « Voting Classifier » est utilisée pour calculer une prédiction de la classification de chaque alarme en fonction des données d'alarme mémorisées. Un délai de prise en charge, appelé délai de prise en charge prédit, est associé à chaque classe des C classes de la classification. Ainsi, suite à la prédiction de classification de chaque alarme, un délai de prise en charge prédit est obtenu.

Le modèle de prédiction calculé, ainsi que tous les paramètres associés, sont mémorisés à l'étape de mémorisation 62.

Ensuite, une étape 65 de calcul de paramètres d'un modèle permettant de déterminer un rang de priorité de traitement pour chaque alarme est mise en œuvre.

Dans un mode de réalisation, un modèle linéaire généralisé est appliqué pour calculer le rang de priorité d'une alarme A_i , selon la formule suivante :

$$[MATH1] \quad Rang(A_i) = \alpha_1 \cdot f_1(d_{1,i}) + \alpha_2 \cdot f_2(C_1(A_i)) + \alpha_3 \cdot f_3(C_2(A_i)) + \alpha_4 \cdot f_4(C_3(A_i)) + \alpha_5 \cdot f_5(C_4(A_i))$$

Où $\alpha_1, \dots, \alpha_5$ sont des coefficients de pondération dont la somme est égale à 1, les fonctions $f_1()$ à $f_5()$ sont des fonctions de normalisation d'échelle, également appelées fonctions de normalisation min-max : pour X compris entre $\min_n$ et $\max_n$, la fonction $f_n(X)$ transpose X sur une échelle prédéterminée, par exemple [0,100].

De plus :

- $d_{1,i}$ est le délai de prise en charge prédit pour l'alarme A_i

- $C_1(A_i)$ est un premier paramètre de contexte de l'alarme A_i , qui est la densité d'alarmes sur un intervalle temporel auquel appartient la date d'émission de l'alarme ;

- $C_2(A_i)$ est un deuxième paramètre de contexte de l'alarme A_i , qui est le ratio d'alarmes d'un même groupe, à court terme;

- $C_3(A_i)$ est un troisième paramètre de contexte de l'alarme A_i , qui est l'entropie du sous-système auquel appartient l'équipement émetteur de l'alarme A_i ;

- $C_4(A_i)$ est un quatrième paramètre de contexte de l'alarme A_i , qui est l'entropie du lieu de l'équipement émetteur de l'alarme A_i .

Dans un mode de réalisation, les valeurs des coefficients de pondération $\alpha_1, \dots, \alpha_5$ sont prédéterminées.

Dans un autre mode de réalisation, les valeurs de pondération des coefficients $\alpha_1, \dots, \alpha_5$ sont calculées par un algorithme d'apprentissage supervisé, en fonction d'un

niveau de criticité attribué à l'alarme. Cette étape prend en cible la prédiction des niveaux de criticité uniquement dans le but d'obtenir les valeurs $\alpha_1, \dots, \alpha_5$.

Pour ce faire les rangs seront temporairement adaptés pour une échelle par exemple de 1 à 3 par adaptation des fonctions $f_1()$ à $f_5()$, afin d'obtenir grâce à un modèle de régression linéaire les valeurs $\alpha_1, \dots, \alpha_5$, qui donnent la meilleure prédiction de la criticité. Une fois les valeurs $\alpha_1, \dots, \alpha_5$, obtenues, les fonctions $f_1()$ à $f_5()$ initiales sont utilisées pour le modèle final.

Selon des variantes de mise en œuvre, plus ou moins de paramètres de contexte sont utilisés dans la formule de calcul d'un rang de priorité prédit. Par exemple, on peut ajouter des informations de flux de passager, ou météorologiques, ou le délai de résolution d'alarme décrit ci-dessous

Dans un deuxième mode de réalisation décrit en référence à la figure 4, outre les étapes 50 à 62 précédemment décrites, le procédé comporte en plus des étapes 64 à 72 de calcul par apprentissage d'un modèle de prédiction de délais de résolution d'alarmes.

Les étapes 64 à 72 sont analogues aux étapes 54 à 62 précédemment décrites, mais appliquées au délai de résolution d'alarmes.

Ainsi, l'étape 64 effectue un calcul, pour chaque alarme, d'un délai de résolution, qui est l'écart temporel entre la date de l'émission de l'alarme et la date de résolution de l'alarme. Les étapes 66 à 72 sont analogues aux étapes 56 à 62 précédemment décrites, mais elles sont appliquées pour le délai de résolution d'alarme à la place du délai de prise en charge d'alarme.

Dans un mode de réalisation, les étapes 64 à 72 sont effectuées après les étapes 54 à 62. En variante, les étapes 64 à 2 sont effectuées en parallèle des étapes 54 à 62.

Après l'obtention d'un délai de prise en charge prédit par alarme (étape 62), et l'obtention d'un délai de résolution prédit par alarme (étape 72), une étape 75 de calcul de paramètres d'un modèle permettant de déterminer un rang de priorité de chaque alarme est mise en œuvre. L'étape 75 est analogue à l'étape 65, mais en plus, le délai de résolution de chaque alarme A_i considérée est pris en compte dans la formule de calcul, qui devient :

$$[MATH \quad 2] \quad Rang(A_i) = \alpha_1 \cdot f_1(d_{1,i}) + \alpha_2 \cdot f_2(C_1(A_i)) + \alpha_3 \cdot f_3(C_2(A_i)) + \alpha_4 \cdot f_4(C_3(A_i)) + \alpha_5 \cdot f_5(C_4(A_i)) + \alpha_6 \cdot f_6(d_{2,i})$$

Où $d_{2,t}$ est le délai de résolution prédit pour l'alarme A_i , et $\alpha_1, \dots, \alpha_5$ sont des coefficients de pondération de somme égale à 1.

De manière analogue au mode de réalisation décrit en référence à la figure 2, les coefficients de pondération sont soit prédéterminés, soit calculés par mise en œuvre d'un algorithme d'apprentissage.

Le procédé d'ordonnancement automatique d'alarmes comporte une deuxième phase opérationnelle dans laquelle les modèles de prédiction et les paramètres calculés dans la phase d'apprentissage sont utilisés pour effectuer l'ordonnancement effectif des nouvelles alarmes émises par le système supervisé, permettant ainsi de faciliter le travail de l'opérateur de supervision. La phase opérationnelle est effectuée postérieurement à la phase d'apprentissage.

Un premier mode de réalisation des étapes de la phase opérationnelle du procédé d'ordonnancement d'alarmes est décrit en référence à la figure 5.

Dans ce premier mode de réalisation, la phase opérationnelle comprend une étape 80 de réception d'alarme et des données d'alarme comportant au moins un identifiant d'alarme, une date d'émission de l'alarme. A sa réception, chaque alarme est dans un état « alarme en cours », en attente de prise en charge. De plus des informations relatives à l'équipement émetteur et/ou au sous-système du système supervisé auquel appartient l'équipement émetteur sont également reçues.

Le procédé comprend également une étape 82 de détermination de paramètres de contexte, qui consiste à calculer, pour chaque alarme reçue, en fonction de données préalablement mémorisées, les valeurs des paramètres de contexte associés. Ces paramètres de contexte sont par exemple les premier à quatrième paramètres de contexte mentionnés ci-dessus.

Le procédé comprend ensuite une étape 84 de calcul d'un délai de prise en charge prédit de l'alarme considérée, basé sur la mise en œuvre du modèle de prédiction et des paramètres associés mémorisés, et une étape 86 de calcul d'un rang de priorité en fonction du délai de prise en charge prédit et des paramètres de contexte, en appliquant la formule [MATH 1].

Le rang de priorité est mémorisé et l'affichage d'alarmes à destination de l'opérateur de supervision est effectué (étape d'affichage 92) en fonction du rang de priorité calculé.

De préférence, les alarmes sont affichées dans l'ordre donné par le rang de priorité calculé, en partant de la plus prioritaire jusqu'à la moins prioritaire.

Dans un mode de réalisation, seulement les P alarmes de rang de priorité le plus élevé sont affichées dans un bandeau d'alarme, de manière à toujours afficher les dernières alarmes prioritaires lorsque l'opérateur est sur d'autres écrans, avec P de l'ordre de 3.

5 Si plusieurs alarmes ont le même rang de priorité, elles sont par exemple ordonnancées en fonction de leur date d'émission, de manière à favoriser le traitement des alarmes les plus anciennes parmi les alarmes de même rang de priorité.

10 Un deuxième mode de réalisation des étapes de la phase opérationnelle du procédé d'ordonnancement d'alarmes sont décrites en référence à la figure 6.

En plus des étapes 80 à 84 précédemment décrites, le procédé comporte une étape 88 de calcul d'un délai de résolution prédit en utilisant le modèle de prédiction et les paramètres associés mémorisés.

15 L'étape de calcul d'un rang de priorité 90 en fonction du délai de prise en charge prédit et des paramètres de contexte met en œuvre la formule [MATH 2].

Le rang de priorité calculé est mémorisé et utilisé pour l'affichage à destination de l'opérateur de supervision (étape 92), de manière analogue à ce qui a été décrit précédemment.

20 Avantageusement, l'invention permet d'obtenir un ordonnancement automatique et dynamique, en fonction du contexte des alarmes dans le système supervisé.