

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ dispositif et procédé de surveillance d'une infrastructure matérielle.

②② Date de dépôt : 31.05.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : OPSIDIAN SARL — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 01.12.23 Bulletin 23/48.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 09.08.24 Bulletin 24/32.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : OBIGAND Thomas, PELLETIER
Robin et PETITPAS Lilian.

⑦③ Titulaire(s) : OPSIDIAN SARL.

⑦④ Mandataire(s) : RVDB.



Description

Titre de l'invention : dispositif et procédé de surveillance d'une infrastructure matérielle

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine de la vidéo-surveillance d'infrastructures et concerne en particulier un dispositif et un procédé de surveillance d'une infrastructure matérielle. L'invention s'applique notamment, et pas exclusivement, à la surveillance de réseaux ferroviaires ou de mobiliers ferroviaires, tels que par exemple des passages à niveau.

Art antérieur

[0002] La surveillance d'équipements techniques est un élément clé dans divers domaines tels que dans l'industrie, les activités portuaires ou ferroviaires, etc., pour assurer un bon fonctionnement des équipements en question, éviter les pannes et assurer la sécurité des usagers et professionnels. Par exemple, la surveillance et la maintenance des infrastructures dans le domaine des réseaux ferroviaires constitue un enjeu important en raison notamment des ressources nécessaires en termes humain et matériel, mais également au vu des coûts financiers associés et des considérations de sécurité.

[0003] Les réseaux ferroviaires mettent en jeu de nombreux éléments matériels qu'il est nécessaire de surveiller régulièrement afin de prévenir les pannes et réaliser si besoin des opérations de maintenance.

[0004] A titre d'exemple, les passages à niveau sont des infrastructures disposées aux croisements entre au moins une voie de circulation (routière ou piétonne) et au moins une voie ferrée. Ces infrastructures comprennent un certain nombre de composants matériels qui peuvent varier selon le cas. Certains passages à niveau sont par exemple équipés de gardes-barrières (ou barrières) empêchant l'accès à la voie ferrée pendant un intervalle de temps correspondant au passage d'un véhicule ferroviaire, et comprennent également des feux de signalisation et sonnettes pour avertir du passage d'un véhicule ferroviaire, etc. Divers pannes ou incidents peuvent affecter ces composants matériels de sorte qu'une surveillance est nécessaire.

[0005] Il existe aujourd'hui plusieurs manières d'effectuer de la détection d'avarie sur des équipements techniques ferroviaires. Traditionnellement, la méthode manuelle couramment utilisée consiste à confier le soin aux usagers d'avertir le personnel compétent lorsqu'ils constatent une panne ou un dysfonctionnement sur un équipement ferroviaire, tel qu'un passage à niveau par exemple. Typiquement, une fois informé, le responsable de l'équipement fait le nécessaire pour vérifier l'avarie et décide des

actions de maintenance à mener. Cette méthode, largement utilisée encore aujourd'hui, présente toutefois des inconvénients dans la mesure où son efficacité est dépendante de la bonne volonté des utilisateurs. En particulier, il n'est pas garanti que les utilisateurs remontent toujours l'information, en particulier lorsque l'équipement impacté n'est pas essentiel pour les utilisateurs en question. Par ailleurs, le délai entre l'apparition de la panne et la remontée de l'information par un utilisateur peut être relativement longue, ce qui peut causer de nombreux problèmes, notamment des désagréments pour les utilisateurs, des risques en termes de sécurité, voir même entraîner des avaries supplémentaires. Un autre problème réside en ce que les utilisateurs ne sont pas toujours qualifiés pour constater les pannes de certains équipements (en particulier ces équipements sont relativement complexes), ni pour décrire précisément ces pannes auprès des responsables.

[0006] Dans certains cas, la tâche de la surveillance d'équipements techniques, tels que les passages à niveau par exemple, est confiée à des membres du personnel de maintenance qui font des rondes de surveillance pour contrôler l'état des équipements. Les délais pour constater des avaries peuvent toutefois être également relativement longs et sont directement fonction de la fréquence des rondes de surveillance mises en place (sans compter les erreurs d'appréciation, oublis, etc.). En outre, l'intervention régulière d'un personnel qualifié engendre des coûts importants en terme notamment financier et de temps.

[0007] En outre, les méthodes manuelles décrites ci-dessus ne permettent souvent pas de comprendre précisément l'origine des pannes, ce qui empêche de réaliser des actions préventives ou curatives efficaces.

[0008] Plus rarement, la vidéo-surveillance est utilisée sur certains sites techniques pour vérifier l'état d'infrastructures matérielles. Un opérateur peut éventuellement visionner en temps réel une vidéo pour constater une panne, ou visualiser la vidéo après constatation de la panne pour tenter d'en comprendre les causes. Cette technique impose toutefois des ressources importantes, notamment en terme humain et de temps, et ne permet pas de surveiller efficacement certaines infrastructures, en particulier lorsqu'elles sont nombreuses ou complexes.

[0009] De manière générale, il existe un besoin pour une solution permettant de surveiller de façon fiable et efficace des infrastructures matérielles ou équipements techniques, tels que par exemples des équipements ferroviaires, des moyens techniques de production, des infrastructures portuaires, et plus généralement tous équipements comportant des composants matériels susceptibles de rencontrer des événements quelconques, tels que des pannes, dysfonctionnements, incidents, etc.

Exposé de l'invention

- [0010] L'un des objets de la présente invention est de résoudre au moins l'un des problèmes ou déficiences de l'arrière-plan technologique décrits précédemment.
- [0011] Un autre objet de la présente invention est d'offrir une solution permettant de surveiller de façon fiable et efficace des infrastructures matérielles ou équipements techniques, tels que par exemples des équipements ferroviaires, des moyens techniques de production, des infrastructures portuaires, et plus généralement tous équipements comportant des composants matériels susceptibles de rencontrer des pannes, avaries, dysfonctionnements, incidents, passage dans un état prédéfini, ou d'autres types d'évènements.
- [0012] Selon un premier aspect, la présente invention concerne un procédé de surveillance, mis en œuvre par un dispositif de surveillance, pour la surveillance d'une infrastructure matérielle comprenant un premier composant matériel et au moins un second composant matériel, ledit procédé comprenant :
- [0013] - obtention de données vidéo acquises par au moins une caméra surveillant l'infrastructure matérielle ;
- [0014] - génération, par une analyse d'image appliquée aux données vidéo, de données d'état représentatives d'états respectifs des premier et deuxième composants matériels au cours du temps ;
- [0015] - détection, par application d'au moins une deuxième règle décisionnelle prenant en entrée les données d'état du premier composant matériel, d'un évènement associé au premier composant matériel à un instant t_1 ; et
- [0016] - génération d'une alerte représentative de l'évènement, ladite alerte étant associée à des données de contexte comprenant au moins en partie les données d'état, du premier et/ou deuxième composants matériels, définissant en tant que contexte de l'évènement une évolution temporelle des états des premier et/ou deuxième composants matériels.
- [0017] Selon un mode de réalisation particulier, ledit évènement est détecté par application de ladite au moins une deuxième règle décisionnelle prenant en entrée les données d'état du premier composant matériel combinées aux données de contexte.
- [0018] Selon un mode de réalisation particulier, au cours de l'analyse d'image, un premier réseau neuronal préalablement soumis à un apprentissage machine réalise les étapes suivantes :
- [0019] - détection d'objets dans des images définies par les données vidéo ; et
- [0020] - classifications des objets pour détecter des objets correspondant aux premier et deuxième composants matériels dans des états respectifs.
- [0021] Selon un mode de réalisation particulier, au cours de l'analyse d'image, un deuxième réseau neuronal préalablement soumis à un apprentissage machine prend en entrée au moins une première règle décisionnelle et des résultats du premier réseau neuronal pour déterminer en sortie les données d'état.

- [0022] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé comprend en outre :
- réception de données de capteur acquises par au moins un capteur surveillant l'infrastructure matérielle, autre que ladite au moins une caméra, lesdites données de capteur étant représentatives d'au moins une caractéristique des premier et/ou deuxième composant matériel au cours du temps ;
- dans lequel ledit évènement est détectée par application de ladite au moins une deuxième règle décisionnelle sur la base des données d'état du premier composant matériel en combinaison avec les données de capteur.
- [0023] Selon un mode de réalisation particulier, les données de contexte définissent en tant que contexte de l'évènement une évolution temporelle des états respectifs des premier et/ou deuxième composants matériels au cours d'une période de temps précédant l'instant t1.
- [0024] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé comprend en outre :
- envoi de l'alerte en association avec les données de contexte à une unité de contrôle distante pour causer une analyse d'évènement ultérieure.
- [0025] Selon un mode de réalisation particulier, le dispositif de surveillance comprend une mémoire non volatile, le procédé comprenant en outre :
- enregistrement en tant qu'historique d'évènement, dans la mémoire non volatile, de l'alerte en association avec les données de contexte pour permettre une analyse d'évènement ultérieure.
- [0026] Selon un deuxième aspect, les différentes étapes du procédé de surveillance selon le premier aspect de l'invention sont déterminées par des instructions de programmes d'ordinateurs.
- [0027] En conséquence, l'invention vise aussi un programme d'ordinateur sur un support d'informations (ou support d'enregistrement), ce programme étant susceptible d'être mis en œuvre dans un dispositif de surveillance ou plus généralement dans un ordinateur, ce programme comportant des instructions adaptées à la mise en œuvre des étapes d'un procédé de surveillance tel que défini dans le présent document.
- [0028] Ainsi, le procédé de l'invention peut être implémenté au moyen d'une mémoire non volatile stockant des instructions de programmes d'ordinateur et au moyen d'un processeur exécutant ces instructions.
- [0029] Ce programme d'ordinateur peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.
- [0030] Selon un troisième aspect, l'invention vise aussi un support d'informations (ou support d'enregistrement) lisible par un ordinateur (ou par au moins un processeur), et comportant des instructions d'un programme d'ordinateur selon le deuxième aspect et

tel que défini dans le présent document.

- [0031] Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une mémoire non volatile réinscriptible ou ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple un disque dur, clé USB, etc.
- [0032] D'autre part, le support d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.
- [0033] Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.
- [0034] Selon un quatrième aspect, la présente invention vise également un dispositif de surveillance configuré pour mettre en œuvre le procédé de surveillance selon le premier aspect de l'invention et tel que défini dans le présent document. En particulier, l'invention selon le quatrième aspect concerne un dispositif de surveillance pour la surveillance d'une infrastructure matérielle comprenant un premier composant matériel et au moins un second composant matériel, ledit dispositif comprenant une mémoire associée à au moins un processeur configuré pour la mise en œuvre des étapes du procédé de surveillance selon le premier aspect de l'invention.
- [0035] Selon un exemple particulier, l'invention selon le quatrième aspect vise un dispositif de surveillance pour la surveillance d'une infrastructure matérielle comprenant un premier composant matériel et au moins un second composant matériel, ledit dispositif comprenant :
- [0036] - module d'obtention configuré pour obtenir des données vidéo acquises par au moins une caméra surveillant l'infrastructure matérielle ;
- [0037] - module d'analyse configuré pour générer, par une analyse d'image appliquée aux données vidéo, des données d'état représentatives d'états respectifs des premier et deuxième composants matériels au cours du temps ;
- [0038] - module de détection configuré pour détecter, par application d'au moins une deuxième règle décisionnelle prenant en entrée les données d'état du premier composant matériel, d'un événement associé au premier composant matériel à un instant t_1 ; et
- [0039] - module de génération configuré pour générer une alerte représentative de l'évènement, ladite alerte étant associée à des données de contexte comprenant au moins en partie les données d'état, du premier et/ou deuxième composants matériels, définissant en tant que contexte de l'évènement une évolution temporelle des états des

premier et/ou deuxième composants matériels.

- [0040] A noter que les différents modes de réalisation définis ci-avant (ainsi que ceux décrits ci-après) en relation avec le procédé de surveillance selon le premier aspect de l'invention ainsi que les avantages associés s'appliquent de façon analogue au dispositif de surveillance selon le quatrième aspect de l'invention.
- [0041] Pour chaque étape du procédé de surveillance, le dispositif de surveillance de l'invention peut comprendre un module correspondant configuré pour réaliser ladite étape.
- [0042] Selon un mode de réalisation, l'invention est mise en œuvre au moyen de composants logiciels et/ou matériels. Dans cette optique, le terme « module » peut correspondre dans ce document aussi bien à un composant logiciel, qu'à un composant matériel ou à un ensemble de composants matériels et logiciels.
- [0043] Un composant logiciel correspond à un ou plusieurs programmes d'ordinateur, un ou plusieurs sous-programmes d'un programme, ou de manière plus générale à tout élément d'un programme ou d'un logiciel apte à mettre en œuvre une fonction ou un ensemble de fonctions, selon ce qui est décrit dans le présent document pour le module concerné. Un tel composant logiciel peut être exécuté par un processeur de données d'une entité physique (terminal, serveur, passerelle, routeur, etc.) et est susceptible d'accéder aux ressources matérielles de cette entité physique (mémoires, supports d'enregistrement, bus de communication, cartes électroniques d'entrées/sorties, interfaces utilisateur, etc.).
- [0044] De la même manière, un composant matériel (se rapportant à un « module ») correspond à tout élément d'un ensemble matériel (ou hardware) apte à mettre en œuvre une fonction ou un ensemble de fonctions, selon ce qui est décrit dans le présent document pour le module concerné. Il peut s'agir d'un composant matériel programmable ou avec processeur intégré pour l'exécution de logiciel, par exemple un circuit intégré, une carte à puce, une carte à mémoire, une carte électronique pour l'exécution d'un micrologiciel (firmware), etc.
- [0045] La présente invention vise également un système de surveillance comprenant un dispositif de surveillance tel que défini dans le présent document ainsi qu'au moins une caméra avec laquelle coopère le dispositif de surveillance pour réaliser les étapes du procédé de surveillance.
- [0046] La présente invention permet de réaliser une surveillance fiable et efficace d'une infrastructure comprenant de multiples composants matériels susceptibles d'être affectés par des événements, normaux ou anormaux, tels que par exemples des avaries, dysfonctionnement, passage dans un état prédéfini, etc. Cette surveillance peut être réalisée de façon automatisée par un dispositif de surveillance autonome. Cette surveillance efficace est possible sans avoir recours à une intervention humaine comme

précédemment décrit.

[0047] En particulier, grâce aux données de contexte qui sont associées aux alertes produites par le dispositif de surveillance, il est possible non seulement de détecter un évènement particulier affectant un composant matériel de l'infrastructure, mais également d'analyser et comprendre le contexte dans lequel ledit évènement s'est produit. Il est ainsi possible de détecter rapidement (par exemple en temps réel) des évènements affectant un composant matériel et de réaliser des actions de maintenance curatives et/ou préventives afin de garantir que l'infrastructure reste en bon état.

[0048] Le recours à une architecture particulière de réseaux neuronaux permet en particulier de détecter efficacement l'état des différents composants matériels d'une infrastructure à surveiller et d'en déduire des évènements particuliers pouvant nécessiter une action de maintenance.

Description des figures

[0049] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description des exemples de réalisation particuliers et non limitatifs de la présente invention ci-après, en référence aux figures 1 à 7 annexées, sur lesquelles :

[0050] [Fig.1] La [Fig.1] représente schématiquement un dispositif de surveillance pour la surveillance d'une infrastructure matérielle, selon au moins un mode de réalisation de l'invention ;

[0051] [Fig.2] La [Fig.2] représente schématiquement un dispositif de surveillance selon au moins un mode de réalisation de l'invention de l'invention ;

[0052] [Fig.3] La [Fig.3] représente schématiquement des modules mis en œuvre par un dispositif de surveillance selon au moins un mode de réalisation de l'invention de l'invention ;

[0053] [Fig.4] la [Fig.4] représente sous forme d'un diagramme des étapes d'un procédé de surveillance selon au moins un mode de réalisation de l'invention ;

[0054] [Fig.5] la [Fig.5] représente schématiquement une partie d'un procédé de surveillance selon au moins un mode de réalisation de l'invention ;

[0055] [Fig.6] la [Fig.6] représente schématiquement une partie d'un procédé de surveillance selon au moins un mode de réalisation de l'invention ; et

[0056] [Fig.7] la [Fig.7] représente schématiquement une architecture de réseaux neuronaux réalisant une partie d'un procédé de surveillance selon au moins un mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée

[0057] Comme déjà indiqué, l'invention vise notamment un procédé et un dispositif de surveillance pour surveiller des infrastructures matérielles, ainsi qu'un système de surveillance correspondant et un programme d'ordinateur correspondant.

- [0058] Des exemples de mises en œuvre de l'invention vont à présent être décrits dans ce qui va suivre en référence conjointement aux figures 1 à 7. Sauf indications contraires, les éléments communs ou analogues à plusieurs figures portent les mêmes signes de référence et présentent des caractéristiques identiques ou analogues, de sorte que ces éléments communs ne sont généralement pas à nouveau décrits par souci de simplicité.
- [0059] Les termes « premier(s) » (ou première(s)), « deuxième(s) », etc.) sont utilisés dans ce document par convention arbitraire pour permettre d'identifier et de distinguer différents éléments (tels que des opérations, des valeurs seuils, etc.) mis en œuvre dans les modes de réalisation décrits ci-après.
- [0060] Sauf indications contraires, les éléments communs ou analogues à plusieurs figures portent les mêmes signes de référence et présentent des caractéristiques identiques ou analogues, de sorte que ces éléments communs ne sont généralement pas à nouveau décrits par souci de simplicité.
- [0061] L'invention se propose notamment de mettre en œuvre une surveillance d'une infrastructure matérielle par un dispositif de vidéo-surveillance autonome apte à détecter automatiquement des événements affectant un composant matériel de l'infrastructure, cet événement pouvant être une avarie, un dysfonctionnement, un incident, un changement d'état, un état prédéfini ou tout autre événement susceptible d'affecter ledit composant matériel. Cette surveillance vise par exemple à permettre un contrôle de l'infrastructure, une analyse de comportement, établissement de diagnostic, réalisation d'actions de maintenance (préventives et/ou curatives), etc.
- [0062] L'invention, selon ses différents modes de réalisation, vise notamment un procédé de surveillance, mis en œuvre par un dispositif de surveillance, pour la surveillance d'une infrastructure matérielle comprenant un premier composant matériel et au moins un second composant matériel, ledit procédé comprenant : obtention de données vidéo d'une ou d'une pluralité de caméras ; génération, à partir des données vidéo, de données d'état représentatives d'états respectifs des premier et deuxième composants matériels au cours du temps ; détection, à partir des données d'état du premier composant matériel, d'un événement associé au premier composant matériel à un instant t_1 ; et génération d'une alerte représentative de l'événement, ladite alerte étant associée à des données de contexte comprenant au moins en partie les données d'état, du premier et/ou deuxième composants matériels, définissant en tant que contexte de l'événement une évolution temporelle des états des premier et/ou deuxième composants matériels.
- [0063] Comme décrit plus ci-après dans des modes de réalisation particuliers, les données vidéo sont par exemple acquises par au moins une caméra surveillant (ou filmant) l'infrastructure matérielle. Les données d'état peuvent être générées par une analyse d'image appliquée aux données vidéo, la nature de cette analyse pouvant varier selon

le cas. En outre, l'évènement précité peut être détecté, par exemple, par application d'au moins une règle décisionnelle prenant en entrée les données d'état du premier composant matériel.

- [0064] Grâce notamment aux données de contexte qui sont associées aux alertes produites par le dispositif de surveillance 10, il est possible non seulement de détecter un évènement particulier affectant un composant matériel de l'infrastructure, mais également d'analyser et comprendre le contexte dans lequel ledit évènement s'est produit. L'invention offre une solution fiable et efficace pour surveiller de façon automatisée une infrastructure matérielle et ainsi améliorer son état en réalisant par exemple des actions de maintenance curatives et/ou préventives.
- [0065] D'autres aspects et avantages de la présente invention ressortiront des exemples de réalisation décrits ci-dessous en référence aux dessins mentionnés ci-avant.
- [0066] Dans ce document, des exemples de mise en œuvre de l'invention sont décrits dans le cadre de la surveillance d'une infrastructure ferroviaire, par exemple d'un équipement (dit aussi « mobilier ») ferroviaire tel qu'un passage à niveau par exemple. A noter cependant que l'invention ne s'applique pas exclusivement à la surveillance d'infrastructures ferroviaires mais s'applique plus généralement à une quelconque infrastructure matérielle (ou équipement matériel) comprenant des composants matériels (ou pièces matérielles) que l'on souhaite surveiller visuellement à des fins de détection d'évènements et éventuellement de maintenance. A titre d'exemples non limitatifs, l'invention s'applique également à la surveillance d'infrastructures industrielles (telles que des lignes de productions, machines de production, etc.), infrastructures portuaires, infrastructures routières, etc. On comprend par exemple au vu des exemples de réalisation qui suivent que l'invention peut s'appliquer à la surveillance d'une ligne d'assemblage de pièces mécaniques (ligne de production de véhicules automobiles, etc.).
- [0067] Dans ce document, le type des évènements pouvant être détectés au moyen de l'invention peut varier selon le cas et peut concerner par exemple des avaries, pannes, dysfonctionnements, incidents, mais aussi à d'autres types d'évènements tels que des changements d'état, passage dans un état prédéfini, état respectant des critères prédéfinis, etc. Ainsi, l'invention ne se limite pas à la détection d'avarie mais peut s'appliquer également au suivi de comportement d'une infrastructure au cours du temps, ce qui peut permettre par exemple de réaliser de la maintenance préventive pour améliorer l'état d'une infrastructure matérielle avant même qu'une panne ne se déclare.
- [0068] Dans ce document, des caméras peuvent être utilisées pour acquérir des données vidéo de l'infrastructure que l'on souhaite surveiller. A cet effet, une caméra au sens de la présente invention peut être un quelconque dispositif d'acquisition d'image apte à acquérir une séquence d'image (par exemple sous la forme d'un flux vidéo).

- [0069] La [Fig.1] représente schématiquement un environnement comprenant un dispositif de surveillance 10 configuré pour surveiller une infrastructure matérielle 2, selon un mode de réalisation particulier de l'invention. Dans cet exemple, l'infrastructure matérielle 2 est un passage à niveau comprenant un certain nombre de composants matériels décrits ci-après.
- [0070] Comme déjà indiqué, un passage à niveau est une infrastructure ferroviaire disposée à un croisement entre au moins une voie de circulation 6 (une voie routière et/ou piétonne par exemple) et au moins une voie ferrée 4. Par définition, ce croisement est à niveau dans le sens où les voies qui se croisent sont arrangées à la même hauteur. L'infrastructure matérielle 2 (nommée aussi ci-après « infrastructure » ou « passage à niveau ») comprend dans cet exemple deux barrières 8a et 8b (désignées collectivement 8), appelées aussi gardes-barrières, situées de part et d'autre d'une section 5 de la voie ferrée pour contrôler l'accès au passage à niveau depuis la voie de circulation 6. A cette fin, les barrières 8 peuvent se positionner dans deux états différents, à savoir soit dans un état « fermé » dans lequel les barrières 8 bloquent l'accès au passage à niveau, soit dans un état « ouvert » dans lequel les barrières 8 autorisent l'accès au passage à niveau. Des individus 16a et véhicules 17 sont susceptibles de se déplacer sur la voie de circulation 6 et traverser le passage à niveau (en théorie uniquement lorsque les barrières 8 sont levées). Les barrières 8 sont configurées pour empêcher l'accès à la voie ferrée pendant un intervalle de temps correspondant au passage d'un véhicule ferroviaire (non représenté).
- [0071] A noter que l'arrangement d'un passage à niveau peut varier selon le cas. Des variantes de réalisation sont notamment possibles pour surveiller des passages à niveau qui sont dépourvus de barrière.
- [0072] L'infrastructure 2 comprend également des feux de signalisation 14 et des sonnettes 16 pour avertir les usagers (individus 16a, occupants des véhicules 17, etc.) du passage d'un véhicule ferroviaire. Les feux de signalisation 14 sont par exemple configurés pour clignoter à une fréquence prédéfinie pour indiquer le passage des barrières 8 à l'état « fermé ». Les sonnettes 16 sont configurées pour émettre une sonnerie pour accompagner le clignotement des feux de signalisation 14.
- [0073] Un équipement électrique 9, prenant ici la forme d'une armoire électrique, est également installé pour contrôler et assurer l'alimentation électrique des différents composants de l'infrastructure 2 nécessitant une telle alimentation.
- [0074] La section 5 de voie ferrée (comprenant des rails), les barrières 8, l'armoire électrique 9, les feux de signalisation 14 et les sonnettes 16 constituent chacun des composants matériels de l'infrastructure 2 dans l'exemple considéré ici. Chacun de ces composants matériels est susceptible d'être affecté par divers événements et nécessitent donc une surveillance. Comme déjà indiqué, des pannes, incidents, avaries,

dysfonctionnements ou tous autres évènements particuliers peuvent avoir un impact sur le bon fonctionnement d'un composant matériel et donc de l'infrastructure matérielle 2 dans son ensemble.

- [0075] Ainsi, une barrière 8 peut rencontrer un dysfonctionnement qui l'empêche de commuter normalement entre les positions ouverte et fermée. Un évènement autre peut éventuellement affecter une barrière 8, pouvant causer un dysfonctionnement ultérieur (imminent ou potentiel). Selon encore un autre exemple, la section 5 de voie ferrée peut présenter des signes de défaillance ou usure. La présence d'un individu 16a ou encore d'un objet sur ou à proximité de cette section 5 de voie ferrée peut également constituer un évènement affectant ladite section et pouvant avoir une influence sur l'état de l'infrastructure 2.
- [0076] A des fins de surveillance, le dispositif de surveillance 10 est connecté à des caméras 12a et 12b (notées collectivement 12). Le nombre de caméras 12 avec lesquelles coopère le dispositif de surveillance 10 peut être adapté selon le cas et peut varier entre une unique caméra et une pluralité de caméras. Ces caméras 12 sont configurées pour surveiller (filmer, observer) le passage à niveau 2. Chaque caméra 12 est positionnée pour avoir dans son champ de vision au moins une partie des composants matériels de l'infrastructure 12, de sorte que chaque composant matériel soit surveillé par au moins une caméra 12.
- [0077] Le dispositif de surveillance 10 forme avec les caméras 12 un système de surveillance noté SY1.
- [0078] Selon un exemple particulier, les caméras 12 transmettent un flux de données vidéo DT1 au dispositif de surveillance 10 via des moyens de connexion 50 appropriés, tels que des connexions filaires ou connexions sans fil par exemple.
- [0079] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 coopère également avec au moins un capteur 18 pour récupérer des données de capteurs DT2 acquises par ledit capteur. A titre d'exemple, on suppose qu'un capteur sonore 18, disposé dans ou à proximité de l'infrastructure 2, est configuré pour capter des sons dans l'environnement de l'infrastructure 2 et transmettre au dispositif de surveillance 10 des données de capteur DT2 représentatives de ces sons. Ce capteur sonore 18 permet par exemple de capter une sonnerie émise par les sonnettes 16 lors du passage d'un véhicule ferroviaire. Des modes de réalisation sont toutefois possibles sans capteur 18.
- [0080] Selon un exemple particulier, les caméras 12 et/ou les capteurs 18 constituent aussi des composants matériels de l'infrastructure 2 et peuvent donc à ce titre être surveillés par le dispositif de surveillance 10. Chaque caméra 12 peut par exemple être surveillée par au moins une autre caméra 12 de sorte que l'on puisse détecter lorsqu'un évènement affecte ladite caméra 12. Ainsi, le dispositif de surveillance 10 peut être configuré pour détecter lorsque l'objectif d'une caméra est obstrué par un élément

quelconque (en raison par exemple des conditions météorologiques). De même, le capteur sonore 18 par exemple peut être disposé dans le champ de vision d'au moins une caméra 12 à des fins de surveillance.

- [0081] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 lui-même fait partie de l'infrastructure 2 et peut donc également être surveillé conformément au procédé de surveillance. Pour ce faire, le dispositif de surveillance 10 est positionné dans le champ de vision d'au moins une caméra 12 à des fins de surveillance.
- [0082] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 est configuré pour coopérer avec une unité de contrôle 20 distante, appelée aussi « centrale » par la suite. Cette centrale 20 peut comprendre divers équipements d'analyse et de traitement, sous la forme par exemple d'au moins un serveur. Comme décrit par la suite, le dispositif de surveillance 10 peut transmettre à la centrale 20 des alertes associées à des données, en particulier des données de contexte caractérisant le contexte dans lequel s'est produit un évènement à l'origine de l'alerte. A cet effet, le dispositif de surveillance 10 peut être connecté à la centrale 20 par une quelconque liaison de communication appropriée (de type filaire ou sans fil).
- [0083] La [Fig.2] représente schématiquement la structure du dispositif de surveillance 10 selon un mode de réalisation particulier de l'invention. Plus spécifiquement, le dispositif de surveillance 10 comprend dans cet exemple au moins un processeur 30, une mémoire volatile (ou RAM) 32 et une mémoire non volatile 34.
- [0084] Dans cet exemple, la mémoire 34 est une mémoire non volatile réinscriptible (par exemple flash, SSD, SSHD, etc.), cette mémoire constituant un support d'enregistrement (ou support d'informations) conforme à un mode de réalisation particulier, lisible par le processeur 30 (et plus généralement par le dispositif de surveillance 10), et sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur PG1 conforme à un mode de réalisation particulier. Ce programme d'ordinateur PG1 comporte des instructions pour l'exécution des étapes d'un procédé de surveillance selon un mode de réalisation particulier. Les principales étapes de ce procédé sont décrites ci-après, dans un mode particulier de réalisation de l'invention, en référence aux figures 4-7.
- [0085] Comme décrit ci-après, la mémoire non volatile 34 est également apte à stocker certaines données, en particulier des règles décisionnelles RL1 et RL2, des données notées DT1-DT4 ainsi que des alertes AL1, voir également des données d'historique H1, H2. La configuration et l'utilisation de ces données sont décrites ultérieurement. Selon un exemple particulier, le programme d'ordinateur PG1 est enregistré dans une mémoire morte (ROM) du dispositif 10, autre que la mémoire 34.
- [0086] Le processeur 30 est configuré pour exécuter les instructions du programme d'ordinateur PG1 afin de réaliser des étapes du procédé de surveillance. A cet effet, le processeur 30 peut inclure de la mémoire intégrée, une interface d'entrée/sortie, et

différents circuits connus de l'homme du métier. En particulier, le processeur 30 peut utiliser la mémoire volatile 32 pour réaliser les différentes opérations et fonctions nécessaires au fonctionnement du dispositif de surveillance 10, y compris pour exécuter le programme d'ordinateur PG1 lors de la mise en œuvre du procédé de surveillance de l'invention.

[0087] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 comprend une première interface de communication 36 pour recevoir des données vidéo DT1 en provenance des caméras 12, voire le cas échéant pour recevoir des données de capteur DT2 provenant du capteur 18. A cet effet, la première interface de communication 36 permet d'établir une communication avec les caméras, et éventuellement avec le capteur 18, via des canaux de communication au travers de liaisons de communication 50. L'interface de communication 36 correspond par exemple à une interface connectée à un réseau filaire, par exemple une interface opérant selon le protocole « Modbus » ou « Profibus », ou encore des interfaces de type CAN (de l'anglais « Controller Area Network » ou en français « Réseau de contrôleurs »), CAN FD (de l'anglais « Controller Area Network Flexible Data-Rate » ou en français « Réseau de contrôleurs à débit de données flexible »), FlexRay (standardisé par la norme ISO 17458), Ethernet (standardisé par la norme ISO/IEC 802-3) ou LIN (de l'anglais « Local Interconnect Network », ou en français « Réseau interconnecté local »).

[0088] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 comprend une deuxième interface de communication 38 pour envoyer des données à l'unité de contrôle distante 20 (la centrale), notamment des alertes AL1 associées à des données de contexte DT4. Pour ce faire, la deuxième interface de communication 38 assure la connexion avec la centrale 20 via par exemple un réseau cellulaire (liaison de communication 4G, 5G ou équivalent) ou via tout autre réseau de communication approprié (accès Wi-Fi, etc.).

[0089] Les première et deuxième interfaces de communication peuvent éventuellement former une seule et même interface. Selon un exemple particulier, les premier et/ou deuxième interfaces de communication 36, 38 comprennent au moins l'un parmi une interface Wi-Fi, un port série, un port Ethernet ou une interface pour réseau cellulaire.

[0090] Le dispositif de surveillance 10 peut être positionné au sein même ou à proximité de l'infrastructure 2 à surveiller, mais peut également être plus éloigné. En pratique, le dispositif de surveillance 10 peut prendre diverse formes. A titre d'exemple, le dispositif de surveillance 10 peut comprendre un coffret (ou une baie d'ordinateur, par exemple dans un environnement de type salle serveur) dans lequel sont positionnés ses différents composants constitutifs.

[0091] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 comprend les composants 30-38 formant une unité de calcul (dit calculateur) et peut comprendre des

composants supplémentaires coopérant avec cette unité de calcul. A titre d'exemple, le dispositif de surveillance 10 peut comprendre en outre un sous-système d'alimentation électrique 40 pour assurer l'alimentation électrique des composants du dispositif de surveillance 10 ([Fig.2]). Ce sous-système d'alimentation électrique 40 peut comprendre par exemple une connexion avec l'extérieur pour collecter une alimentation électrique. Selon un exemple particulier, le sous-système d'alimentation électrique 40 comprend un composant de protection électrique comprenant au moins un disjoncteur ou fusible pour protéger électriquement le dispositif de surveillance 10, ce qui peut être notamment utile si le dispositif de surveillance 10 est installé dans un environnement électrique instable ou jugé non fiable.

[0092] Selon un exemple particulier, le sous-système d'alimentation électrique 40 comprend un appareil de surveillance électrique qui agit en tant que capteur, apte à commuter entre deux états différents, pour détecter lorsqu'une perte de courant (coupure électrique) survient, ce capteur permettant en outre de déterminer le cas échéant si cette perte de courant survient dans le dispositif de surveillance 10 lui-même ou en amont. Si la coupure électrique survient en amont du dispositif de surveillance 10, l'appareil de surveillance électrique reste dans un premier état dit « normal ». Si, en revanche, la coupure électrique se produit dans le dispositif de surveillance 10, le composant de surveillance électrique se trouve dans un deuxième état dit « non fonctionnel ». Si l'alimentation électrique du dispositif de surveillance 10 est rétablie après une coupure de courant, le dispositif de surveillance 10 peut alors détecter l'état dans lequel se trouve le composant de surveillance électrique et déterminer, à partir de cet état, l'origine de la coupure de courant. Le dispositif de surveillance 10 peut être configuré pour générer des données d'état DT3 et/ou données de contexte DT4 représentatives de l'état du composant de surveillance électrique, ce qui permet par la suite de déterminer l'origine de la panne électrique.

[0093] Selon un exemple particulier, le composant de surveillance électrique mentionné ci-dessus comprend un microcontrôleur, un relais de surveillance de tension et une batterie (ou tout autre source d'énergie électrique appropriée). Si le composant de protection électrique est basé sur un disjoncteur, on peut lui ajouter un contacteur auxiliaire configuré pour indiquer l'état dans lequel se trouve l'interrupteur du disjoncteur, à savoir soit dans un état ouvert soit dans un état fermé. Le relais de surveillance est chargé de détecter la coupure de courant. Enfin, le microcontrôleur est alors configuré pour réaliser une lecture des états du relais de surveillance de tension, de la batterie et, le cas échéant, du contacteur auxiliaire, afin de déterminer l'état du sous-système d'alimentation électrique 40 et d'envoyer ces informations au processeur 30 (ou plus généralement à l'unité de calcul).

[0094] Selon un exemple particulier, le sous-système électrique 40 comprend une interface

d'alimentation électrique par câble Ethernet (dite PoE pour « Power Over Ethernet » en anglais) qui permet de fournir une alimentation électrique, en plus de données, au dispositif de surveillance 10.

[0095] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 (ou plus particulièrement son unité de calcul) comprend une unité de type APU (pour « Accelerated Processing Unit » en anglais) ou GPU (pour « Graphic Processing Unit » en anglais) configurée pour implémenter des réseaux neuronaux, comme décrit ci-après dans des exemples particuliers.

[0096] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 est configuré pour surveiller une pluralité d'infrastructures 2 en mettant en œuvre le procédé de l'invention comme décrit dans ce document pour chacune des infrastructures. Dans ce cas, le système de surveillance SY1 comprend des caméras 12 déployées sur la pluralité d'infrastructures à surveiller de sorte que le dispositif de surveillance 10 puisse appliquer le procédé de surveillance à partir des données vidéo provenant de chaque site. Il est ainsi possible de surveiller simultanément de multiples infrastructures.

[0097] On comprendra que certains éléments généralement présents dans un ordinateur, dispositif de surveillance ou équivalent ont été volontairement omis car ils ne sont pas nécessaires à la compréhension de la présente invention. Le dispositif de surveillance 10 représenté en figures 1-2 ne constitue que des exemples de réalisation, d'autres mises en œuvre étant possibles dans le cadre de l'invention. L'homme du métier comprend en particulier que certains éléments du dispositif de surveillance 10 ne sont décrits ici que pour faciliter la compréhension de l'invention, des variantes de réalisation étant possibles sans ces éléments.

[0098] Comme représenté en [Fig.3] selon un mode de réalisation particulier, le processeur 30 piloté par le programme d'ordinateur PG1 met par exemple en œuvre un certain nombre de modules, à savoir : un module d'obtention MD2, un module d'analyse MD4, un module de détection MD6 et un module de génération MD8.

[0099] Le module d'obtention MD2 est configuré pour obtenir des données vidéo DT1 acquise par au moins une caméra 12 surveillant l'infrastructure matérielle 2.

[0100] Le module d'analyse MD4 est configuré pour générer, par une analyse d'image appliquée aux données vidéo DT1, des données d'état DT3 représentatives d'états respectifs des premier et deuxième composants matériels au cours du temps. Comme décrit par la suite, la qualification de « premier » composant matériel et « deuxième » composant matériel peut être adaptée selon le cas. On peut considérer à titre d'exemple que la barrière 8a constitue un premier composant matériel et que les autres composants matériels de l'infrastructure 2 (dont l'autre barrière 8b, la section 5 de voie ferrée, les feux de signalisation 14, les sonnettes 16, etc.) constituent des deuxième

composants matériels au sens de l'invention. Cette qualification de premier/deuxième composant est par exemple adaptée en fonction du composant pour lequel a été détecté un évènement et pour lequel une alerte correspondante est générée comme décrit ci-après.

- [0101] Le module d'analyse MD4 détermine par exemple les données d'état DT3 en appliquant des premières règles décisionnelles RL1 définie dans un modèle décisionnel ML1, comme décrit ultérieurement.
- [0102] Le module de détection MD6 est configuré pour détecter, par application d'au moins une règle décisionnelle RL2 prenant en entrée les données d'état DT3 du premier composant matériel, un évènement EVT1 associé au premier composant matériel, dans cette exemple 8a, à un instant t1.
- [0103] Le module de génération MD8 est configuré pour générer une alerte AL1 représentative de l'évènement EVT1, cette alerte étant associée à des données de contexte DT4 comprenant au moins en partie les données d'état DT3, du premier et/ou deuxième composants matériels, définissant en tant que contexte de l'évènement une évolution temporelle des états des premier et/ou deuxième composants matériels pour permettre une analyse d'évènement ultérieure.
- [0104] Selon un exemple particulier, le processeur 30 contrôlé par le programme PG1 met également en œuvre un module de contrôle MD10 et/ou un module de surveillance électrique MD12.
- [0105] Le module de contrôle MD10 est configuré pour enregistrer en tant qu'historique certaines données obtenues par le dispositif de surveillance 10. Ce module peut en outre déclencher l'envoi d'une alerte AL1 associée à des données de contexte DT4, par exemple vers l'unité de contrôle distante 20 pour causer une analyse d'évènement ultérieur.
- [0106] La configuration et le fonctionnement des modules MD2-MD12 du dispositif de surveillance 10 apparaîtront plus précisément dans les exemples de réalisation décrits ci-après en référence aux figures 4-7.
- [0107] A noter que les modules MD2-MD12 tels que représentés en [Fig.3] ne représentent que des exemple de mise en œuvre non limitatifs de l'invention. De manière générale, pour chaque étape du procédé de surveillance de l'invention, le dispositif de surveillance 10 de l'invention peut comprendre un module correspondant configuré pour réaliser ladite étape.
- [0108] En référence aux figures 4-7, est à présent décrit un procédé de surveillance d'une infrastructure matérielle, à savoir l'infrastructure 2 telle que précédemment décrite, selon des modes de réalisation particuliers. Le procédé de surveillance est par exemple mis en œuvre par le dispositif de surveillance 10 précédemment décrit en référence aux figures 1-3. Pour ce faire, le processeur 30 exécute le programme d'ordinateur PG1

précédemment décrit.

- [0109] De manière générale, le dispositif de surveillance 10 est capable de surveiller les différents composants matériels de l'infrastructure matérielle 2 et de détecter des événements affectant chacun d'eux, à des fins par exemple de diagnostic, surveillance, maintenance, etc. A titre d'exemple, on suppose par la suite que la barrière 8a constitue le premier composant matériel – noté CP1 – au sens de l'invention et que les autres composants matériels – notés CP2 – de l'infrastructure 2 (dont la seconde barrière 8b, la section 5 de voie ferrée, les feux de signalisation 14, les sonnettes 16, etc.) constituent des deuxième composants matériels au sens de l'invention. Comme déjà indiqué, la qualification de « premier » composant matériel CP1 et « deuxième » composant matériel CP2 peut être adaptée selon le cas. En variante, on peut ainsi sélectionner en tant que premier composant matériel CP1 l'un quelconque des composants matériels de l'infrastructure 2, les autres composants matériels correspondant alors aux deuxièmes composants matériels CP2.
- [0110] Au cours d'une étape S2 d'obtention ([Fig.4]), le dispositif de surveillance 10 obtient des données vidéo DT1 acquises par au moins une caméra (à savoir les caméras 12 dans cet exemple) surveillant l'infrastructure matérielle 2.
- [0111] A titre d'exemple, le dispositif de surveillance 10 peut recevoir ces données vidéo DT1 sous forme d'un flux de données vidéo en provenance des caméras 12, ce flux pouvant comprendre une séquence de paquets de données vidéo. Ce flux est par exemple reçu en temps réel, de sorte que le dispositif de surveillance 10 est apte à associer un instant donné avec chaque paquet de données vidéo reçu. Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 implémente une fonction d'horloge indiquant une heure courante, ce qui permet d'attribuer un instant en association avec chaque image (ou paquet de données vidéo) traitée ultérieurement à partir des données vidéo DT1.
- [0112] Le dispositif de surveillance 10 peut éventuellement recevoir les données vidéo DT1 depuis au moins un serveur intermédiaire qui est configuré pour récupérer les données vidéo DT1 depuis les caméras 12 et les retransmettre au dispositif de surveillance 10.
- [0113] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 récupère (S2) les données vidéo DT1 qui sont stockées au préalable dans sa mémoire (mémoire 34 par exemple). Pour ce faire, les données DT1 peuvent être chargées d'une quelconque manière dans la mémoire puis cette dernière est consultée par le processeur 30 pour obtenir les données vidéo DT1. Dans ce cas, les données vidéo DT1 peuvent être enregistrées sous forme de paquets de données associés à des données temporelles indiquant un instant respectif pour chaque paquet. Le dispositif de surveillance 10 peut ainsi déterminer un instant en association à chaque image (ou paquet de données vidéo) traitée ultérieurement à partir des données DT1.

- [0114] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 obtient également en S2 des données de capteur DT2 générées par au moins un capteur 18, à savoir le capteur sonore 18 dans cet exemple. Ces données de capteurs DT2 peuvent être obtenues de façon analogue aux données d'état DT1 comme décrit ci-avant.
- [0115] Selon un exemple particulier, les données vidéo DT1, et éventuellement aussi les données de capteur DT2, sont enregistrées (S3) en tant que données d'historique dans un historique de surveillance H1, par exemple dans la mémoire 34 ([Fig.2]).
- [0116] Au cours d'une étape S4 de génération illustrée notamment en [Fig.6], le dispositif de surveillance 10 génère, par une analyse d'image appliquée aux (ou sur la base des) données vidéo DT1, des données d'état DT3 représentatives d'états respectifs des premier et deuxième composants matériels CP1, CP2 au cours du temps. Pour ce faire, l'analyse réalisée en S4 peut être basée sur un modèle de calcul ML1 configuré pour détecter l'état des composants matériels CP1, CP2. Ces modèles de calcul ML1 peuvent en particulier être basés des premières règles décisionnelles RL1 qui permettent de déterminer l'état de composants matériels CP1, CP2 en fonction de divers éléments détectés dans les images, tels que le nombre, la position et, le cas échéant l'orientation, d'éléments détectés dans les images (voir aussi des facteurs supplémentaires qui dépendent des composants matériels à surveiller). La mise en œuvre de ces règles décisionnelles RL1 fait appel à des fonctions mathématiques et/ou statistiques. Comme décrit par la suite dans des exemples particuliers, ces fonctions peuvent être implémentées par des réseaux neuronaux (intelligence artificielle basée sur l'apprentissage automatique).
- [0117] A titre d'exemple, l'analyse S4 permet de détecter si la barrière 8a constituant le premier composant matériel CP1 est dans un état ouvert, fermé ou transitoire (entre les positions ouvert et fermé). De même, l'on peut détecter dans quel état se trouvent les deuxièmes composants matériels CP2 suivants :
- section 5 de voie ferrée : détection si état d'usure ou non, ou encore détection si présence d'un individu 16a, d'un véhicule 17 ou d'un quelconque autre objet (par exemple, la section 5 de voie ferrée est détectée comme étant dans un état « objet positionné sur la section de voie ferrée ») ;
 - deuxième barrière 8b : détection si dans un état ouvert, fermé ou état transitoire (entre les positions ouvert et fermé) ;
 - feux de signalisation 14 : détection de s'ils clignotent ou non, voir également détection le cas échéant de la fréquence de clignotement des feux ;
 - sonnettes 16 : détection de s'ils émettent une sonnerie ou non, voir également détection le cas échéant de la fréquence de la sonnerie ;
 - armoire 9 : détection si état visuel normal ou anormal ; etc.
- [0118] L'état d'un premier ou deuxième composant détecté en S4 peut caractériser divers

aspects dudit composant à l'instance considéré, notamment la présence ou non d'un objet (individu, véhicule ou autre) occupant, ou se trouvant sur, ledit composant matériel. Par exemple, dans le cas où une caméra 12 constitue un deuxième composant matériel, de l'infrastructure 2, qui est surveillé par le dispositif de surveillance 10, alors l'état de cette caméra détectée en S4 peut être fonction par exemple de la qualité des images acquises par ladite caméra (par exemple, le niveau de la brillance, saturation des couleurs, contraste, etc.). Si par exemple l'objectif de l'une des caméra 12 est obstrué au moins partiellement en raison des conditions météorologiques, la qualité des images acquises par cette caméra peut être détectée comme insuffisante (inférieure à un seuil minimum de qualité).

- [0119] Selon un exemple particulier, les données d'état DT3 définissent en outre un instant en association avec chaque état d'un composant matériel respectif (CP1 ou CP2). A cette fin, le dispositif de surveillance 10 attribue par exemple, à chaque état d'un composant matériel, une donnée temporelle représentative d'un point dans le temps où ledit état s'est produit. Comme déjà indiqué, ces points dans le temps peuvent être déterminés à partir d'une fonction horloge mise en œuvre par le dispositif de surveillance 10 ou encore au moyen de données temporelles contenues dans les données vidéo DT1. Selon un exemple particulier, les données vidéo DT1 représentent des images comprenant des inscriptions temporelles (de date et/ou heure) et le dispositif de surveillance 10 effectue une reconnaissance de caractère pour déterminer, à partir de ces inscriptions temporelles, la donnée temporelle à associer à chaque état dans les données d'état DT3.
- [0120] L'analyse par traitement d'image réalisée en S4 peut être implémentée de diverses manières. Selon un exemple particulier, le module d'analyse MD4 est un module de traitement d'image configuré pour effectuer une normalisation des données vidéo DT1 récupérées en entrée en une suite d'images encodées dans un format prédéfini. Ainsi, un traitement est appliqué aux données vidéo DT1 pour convertir ces dernières dans le format approprié, à savoir le format d'entrée du ou des modèles de calcul exécutés par la suite au cours de l'analyse S4.
- [0121] Ainsi, selon un exemple particulier, le module d'analyse MD4 réalise un encodage (ou ré-encodage) des séquences d'image reçues dans les données vidéo DT1. Cet encodage consiste notamment à transformer les données vidéo DT1 depuis leur format d'origine tel que fourni par les caméras 12 (ce format d'origine pouvant varier selon les cas) en une séquence d'images dans un format prédéfini.
- [0122] Selon un exemple particulier, la conversion réalisée par le module d'analyse MD4 en S4 comprend au moins l'un parmi un traitement colorimétrique et un redimensionnement.
- [0123] Comme illustré par exemple en [Fig.5], au cours du traitement colorimétrique, la re-

présentation colorimétrique des images est modifiée (ou convertie), notamment la plage des valeurs d'intensité des pixels des images, de sorte à étendre la plage des valeurs (conversion depuis une plage de valeurs entre 0 à n vers une plage de valeurs en 0 et m ; où m et n sont des entiers tels que $m > n$). Le cas échéant, cette conversion permet de réduire certains phénomènes comme l'éblouissement ou un manque de contraste par exemple, de sorte à améliorer les images.

- [0124] Au cours du redimensionnement, la taille des images contenues dans les données vidéo DT1 sont converties dans un format prédéfini adapté pour le ou les modèles de calcul utilisés lors de l'analyse d'image S4. Il est en effet avantageux de redimensionner les images afin qu'elles correspondent au format souhaité, par exemple au format d'entrée du premier réseau neuronal RN1 décrit ci-après. A cette fin, on peut utiliser par exemple une technique de redimensionnement dite de « Letterboxing » ou « Pillarboxing » qui permet de redimensionner les images sans perdre leur ratio d'origine, pour que ces images soient le plus détaillées possible sans être déformées.
- [0125] Selon un exemple particulier, les données d'état DT3 générées en S4 sont enregistrées (S5) en tant que données d'historique dans un historique de surveillance H1, par exemple dans la mémoire 34 ([Fig.2]).
- [0126] Au cours d'une étape S6 de détection, le dispositif de surveillance 10 détecte, par application d'au moins une deuxième règle décisionnelle RL2 prenant en entrée les données d'état DT3 du premier composant matériel CP1, d'un événement EVT1 associé au premier composant matériel CP1 à un instant t1.
- [0127] Chaque règle décisionnelle RL2 peut définir un type d'évènement EVT1 qui est détecté pour un composant matériel donné si l'état de ce dernier remplit un critère prédéfini à l'instant t1. Une règle décisionnelle RL2 peut éventuellement définir qu'un événement EVT1 est détecté si les états détectés pour un composant matériel donné respectent au moins un critère prédéfini au cours du temps.
- [0128] A titre d'exemple, un événement EVT représentatif d'un dysfonctionnement ou d'une panne peut être détecté si la barrière 8a constituant le premier composant CP1 est à l'état ouvert à l'état t1 alors qu'un véhicule ferroviaire est sur le point de s'engager sur le passage à niveau.
- [0129] Selon un exemple particulier, au cours de l'étape S6 de détection, le dispositif de surveillance 10 détecte l'évènement EVT1 par application d'au moins une deuxième règle décisionnelle RL2 prenant en entrée, non seulement les données d'état DT3 du premier composant CP1, mais également les données d'état DT3 d'au moins un deuxième composant matérielle CP2. Autrement dit, ladite au moins une règle décisionnelle RL2 prend en entrée les données DT1 du premier composant CP1 combinées aux données d'état DT1 des deuxièmes composants CP2. A titre d'exemple, un événement EVT1 indiquant une panne de la barrière 8a est détecté si les états des barrières 8a et 8b sont

différents (l'une des barrières est en position ouverte tandis que l'autre est en position fermée). En prenant en compte l'état des deuxièmes composants matériels, on peut ainsi déterminer plus précisément lorsqu'un événement EVT1 affecte le premier composant CP1.

- [0130] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 extrait (S6) des données d'état DT3 parmi les données d'état DT3 précédemment enregistrées (S5) en tant qu'historique de surveillance H1 au fil du temps en S4. Les données d'état DT3 extraites de l'historique H1 peuvent alors être utilisées en tant que données d'entrée au cours de l'application (S8) de ladite au moins une règle décisionnelle RL2 pour détecter l'évènement EVT1, comme décrit ci-après.
- [0131] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 obtient (S2) en outre des données de capteur DT2 acquises par au moins un capteur 18 surveillant l'infrastructure matérielle, autre que les caméras 12, ces données de capteur DT2 étant représentatives d'au moins une caractéristique des premier et/ou deuxième composant matériel CP1, CP2 au cours du temps. Au cours de l'étape S6 de détection, le dispositif de surveillance 10 détecte alors l'évènement EVT1 par application de ladite au moins une règle décisionnelle RL2 prenant en entrée les données d'état DT1 du premier composant CP1 (et éventuellement aussi d'au moins un deuxième composant CP2) en combinaison avec les données de capteur DT2.
- [0132] A titre d'exemple, le dispositif de surveillance 10 prend en compte en S6 des données de capteur DT2 générées par le capteur sonore 18, ces données DT2 étant représentatives d'un environnement sonore de l'infrastructure matérielle 2. Par une analyse de sons extraits des données de capteur DT2, le dispositif de surveillance 10 détermine l'émission ou non d'une sonnerie à l'instant t1 et, éventuellement, détermine si la fréquence de la sonnerie est conforme à une fréquence prédéfinie. En fonction du résultat de cette analyse sonore, le dispositif de surveillance 10 détecte si un événement EVT1, représentatif d'un dysfonctionnement de la barrière 8a (premier composant CP1), survient à l'instant t1. Par exemple, une analyse fréquentielle par transformée de Fourier peut être réalisée sur la base des sons extraits des données de capteur DT2. La fréquence à laquelle les sonnettes 16 sont censées sonner est par exemple définie selon une norme donnée. Ainsi, si les sons détectés ne respectent des critères prédéfinis basée sur cette norme, un événement EVT1 représentatif d'un dysfonctionnement peut être détecté en S6.
- [0133] De manière générale, un ou des capteurs 18 peuvent être installés pour acquérir différentes caractéristiques de l'infrastructure 2 au cours du temps et permettent ainsi d'enrichir les données d'entrée utilisées par les règles décisionnelles RL2 pour détecter l'occurrence d'un événement EVT1. Ces données de capteur DT2 sont des métriques qui dépendent des capteurs utilisés. A titre d'exemple, une sonnerie est détectée dans

l'environnement sonore de l'infrastructure 2 si des sons de sonnerie extraits des données de capteur DT2 atteignent au moins une intensité sonore seuil.

- [0134] Au cours d'une étape S8 de génération, le dispositif de surveillance 10 génère une alerte AL1 (ou au moins une alerte AL1) représentative de l'évènement EVT1 détectée en S6. Cette alerte indique par exemple que la barrière 8a est défectueuse ou présente un état particulier qui nécessite une vérification ou une action de maintenance (préventive ou curative). En outre, cette alerte AL1 est associée (S8) à des données de contexte DT4 comprenant au moins une partie des données d'état DT3 précédemment générées par le dispositif de surveillance 10, à savoir des données d'état DT3 du premier composant matériel CP1 et/ou des données d'état DT3 d'au moins un deuxième composants matériel CP2. Ces données de contexte DT4 définissent, en tant que contexte de l'alerte AL1 (et donc de l'évènement EVT1), une évolution temporelle des états des premier et/ou deuxième composants matériels CP1, CP2. Autrement dit, les données de contexte DT4 définissent une évolution temporelle, soit du premier composant CP1 uniquement, soit d'un ou plusieurs deuxième composants CP2 uniquement, soit du premier composant CP1 et d'au moins un deuxième composant CP2 (voir de tous les composants CP1 et CP2).
- [0135] Ainsi, les données de contexte DT4 utilisées en S8 comprennent par exemple certaines données d'état DT3, des composants CP1 et/ou CP2 au cours du temps, ces données DT4 étant sélectionnées pour contextualiser l'occurrence de l'alerte AL1 (et donc de l'évènement EVT1), notamment dans le temps. Le dispositif de surveillance 10 peut déterminer les données de contexte DT4 avant l'étape S8 de génération d'alerte, voir avant l'étape S6 de détection de l'évènement EVT1.
- [0136] Selon un exemple particulier, les données de contexte DT4 utilisées en S8 définissent en tant que contexte de l'évènement EVT1 une évolution temporelle des états respectifs des premier et/ou deuxième composants matériels CP1, CP2 au cours d'une période de temps précédant l'instant t1. A titre d'exemple, les données de contexte DT4 définissent une évolution de l'état des composants CP1 et/ou CP2 au cours d'une période de 1 heure (3600 secondes) précédant t1, ou se terminant par t1.
- [0137] Dans le cas où les données de contexte DT4 définissent notamment une évolution temporelle de l'état d'au moins un deuxième composant CP2, ces données fournissent un contexte non seulement temporel mais aussi spatial dans la mesure où ces données caractérisent le comportement de composant matériels autre que CP1 dans l'infrastructure 2.
- [0138] Selon un exemple particulier, l'alerte AL1 et les données de contexte DT4 associées sont incorporés ou enregistrés (S8) dans un fichier. Autrement dit, le dispositif de surveillance 10 génère un fichier dans lequel il insère l'alerte AL1 en association avec les données de contexte DT4.

- [0139] Les données de contexte DT4 utilisées en S8 sont destinées par exemple à permettre une analyse d'évènement ultérieure pour mieux comprendre la situation et déclencher si besoin des actions correctives ou préventives sur l'infrastructure matérielle 2. Divers usages des données de contexte DT4 peuvent ainsi être envisagés pour permettre une maintenance efficace de l'infrastructure matérielle 2.
- [0140] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 envoie (S10) l'alerte AL1 en association avec les données de contexte DT4 à l'unité de contrôle distante 20 (la centrale) pour causer une analyse d'évènement ultérieure. Ces données peuvent être envoyées sous la forme de notifications d'alerte selon un quelconque format approprié (par exemple par email, SMS, etc.). La centrale 20 peut comprendre des moyens informatiques adaptées pour analyser l'alerte AL1 à la lumière du contexte représenté par les données de contexte DT4. La centrale 20 peut disposer notamment de ressources de traitement plus importantes que le dispositif de surveillance 10 et peut en outre être configurée pour recevoir et traiter les notifications d'alerte d'une pluralité de dispositifs de surveillance 10 surveillant chacun au moins une infrastructure matérielle.
- [0141] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 enregistre (S12) en tant qu'historique d'alerte H2 l'alerte AL1 en association avec les données de contexte DT4, par exemple dans sa mémoire non volatile 34 ([Fig.2]). Il est ainsi possible de réaliser ultérieurement une analyse d'évènement à partir de AL1 et DT4 consultées dans la mémoire 34.
- [0142] Selon un exemple particulier, si aucune connexion n'est possible avec la centrale 20 à un instant courant, le dispositif de surveillance 10 peut réaliser l'enregistrement S12 des données AL1 et DT4 dans l'historique d'alerte H2 et transmettent ultérieurement ces données à la centrale 20 sur détection que la connexion (liaison de communication) est rétablie.
- [0143] Selon un exemple particulier, au cours de l'étape S6 de détection ([Fig.4]), le dispositif de surveillance 10 détecte l'évènement EVT1 par application d'au moins une règle décisionnelle RL2 sur la base des données d'état DT3 du premier composant CP1 combinées aux données de contexte DT4. Pour ce faire, les données de contexte DT4 doivent être déterminées avant l'état S6 de détection. On peut ainsi avantageusement affiner la détection d'un évènement EVT1 en prenant en compte non seulement l'état du premier composant matériel CP1 (la barrière 8a dans cet exemple) mais aussi le contexte matériel dans lequel survient l'état du premier composant matériel CP1 au sein de l'infrastructure 2, de façon à améliorer encore la détection d'évènements (pour éviter en particulier les fausses détections d'évènements).
- [0144] Selon un exemple particulier, le dispositif de surveillance 10 détecte, au moyen du sous-système électrique 40 ([Fig.2]), une coupure électrique (ou perte de courant) dans l'infrastructure matérielle 2 et/ou dans le dispositif de surveillance 10. Il peut s'agir

d'une coupure électrique de l'infrastructure 2 à l'instant courant t_1 , ou encore d'une coupure électrique qui s'est produite à l'instant t_1 dans le dispositif de surveillance 10 mais qui n'est détectée par ce dernier qu'ultérieurement une fois que son alimentation électrique est rétablie (comme décrit ci-avant, par exemple à partir de l'état fermé ou ouvert du disjoncteur du sous-système électrique 40). Le dispositif de surveillance 10 peut alors insérer dans les données de contexte DT4 des données électriques représentatives de la coupure électrique, afin d'enrichir encore davantage le contexte de l'alerte AL1 et donc de l'évènement EVT1.

- [0145] Ces données électriques peuvent par exemple définir une évolution dans le temps d'un état d'une alimentation électrique dans l'infrastructure matérielle 2 (en amont du dispositif de surveillance 10) et/ou dans le dispositif de surveillance 10 lui-même, cette évolution comprenant ladite coupure électrique. Il est ainsi possible d'obtenir également un contexte dans le temps de l'état électrique de l'infrastructure 2 et/ou du dispositif de surveillance 10.
- [0146] Le dispositif de surveillance 10 détecte par exemple si une caractéristique électrique (en tension, en courant, etc.) de l'infrastructure 2 ou du dispositif de surveillance 10 lui-même est inférieure ou supérieure à un seuil prédéfinie, et en déduit un état électrique qui sert le cas échéant de contexte à l'alerte AL1.
- [0147] Comme indiqué précédemment, les données d'état DT3 sont générées en S4 en réalisant une analyse d'image appliquées aux données vidéo DT1, et éventuellement aussi aux données de capteur DT2 (si applicable). Cette analyse d'image S4 illustrée notamment en [Fig.6] peut être basée sur un système de réseaux neuronaux utilisant des modèles de calculs obtenus par apprentissage.
- [0148] En référence à la [Fig.7], est à présent décrit l'analyse d'image S4 mise en œuvre par un système 60 de réseau neuronaux, selon un mode de réalisation particulier. Dans cet exemple, le système neuronal 60 implémenté par le dispositif de surveillance 10 comprend au moins deux réseaux neuronaux, à savoir un premier réseau neuronal RN1 et un deuxième réseau neuronal RN2, qui sont configurés en série pour coopérer ensemble de sorte à produire les données d'état DT3 précédemment décrites. Pour ce faire, ces réseaux neuronaux RN1, RN2 peuvent être configurés pour mettre en œuvre des fonctions mathématiques et/ou statistiques à partir de modèles de calcul respectifs.
- [0149] Plus précisément, le premier réseau de neurones RN1, par exemple de type convolutif, réalise une détection d'objets dans des images définies par les données vidéo DT1 obtenues en S2 puis classe ces objets pour détecter des objets correspondants respectivement au premier composant matériel CP1 et aux deuxièmes composants matériels CP2. A cet effet, le premier réseau neuronal prend par exemple en entrée les données d'image DT1, et éventuellement aussi les données de capteur DT2, et réalise à partir de ces données d'entrée les étapes précitées de détection et clas-

sification sur la base d'un modèle de calcul (ou modèle de détection) ML1. Le premier réseau neuronal RN1 classe ainsi dans ses résultats RS1 des objets OB1 en tant qu'un composant matériel donné parmi les composants matériels possibles (à savoir le premier composant CP1 ou un deuxième composant CP2).

- [0150] A titre d'exemple, les résultats RS1 pour une itération *i* définissent des objets OB1 en tant que « n-uplet », à savoir des couplets [classification CP1 ou CP2, instant *t*], voire des triplets [classification CP1 ou CP2, instant *t*, coordonnées spatiales CD1]. La dimension *n* des n-uplets est fonction du nombre de métadonnées que l'on associe à un même objet OB1. Un même objet OB1 peut être défini par plusieurs couplets ou triplets correspondant à plusieurs angles de vue de différentes caméras 12 sur ledit objet.
- [0151] Selon un exemple particulier, chaque n-uplet peut comprendre un identifiant unique associé à l'objet OB1 considéré.
- [0152] La classification CP2 peut éventuellement comprendre des sous-classifications CP2a, CP2b, CP2c, etc. identifiant la sous-classe respective de chaque deuxième composant matériel 5, 8b, 9, 14, 16, etc. Des résultats RS1 peuvent ainsi définir par exemple un objet OB1 comme étant le premier composant CP1 (à savoir la barrière 8a) localisé à des coordonnées CD1 données à l'instant *t*.
- [0153] Selon un exemple particulier, le système neuronal 60 comprend en outre un troisième réseau neuronal RN1a (non illustré) configuré pour prendre en entrée tout ou partie des résultats RS1 du premier réseau neuronal RN1 et pour réaliser à partir de cette entrée une analyse d'image, telle qu'une reconnaissance de caractère. A titre d'exemple, le troisième réseau neuronal RN1a peut effectuer une reconnaissance de caractères sur une plaque d'immatriculation d'un véhicule présent dans les images en tant qu'objet OB1. Il est ainsi possible d'identifier un véhicule 17 traversant le passage à niveau 8 et d'analyser son comportement au cours du temps, notamment pour déterminer si ce véhicule est à l'origine d'un évènement détecté (panne, dysfonctionnement, etc.). Selon un autre exemple, le troisième réseau neuronal RN1a peut effectuer une reconnaissance de caractères pour déterminer un instant dans le temps à partir d'une inscription d'heure et/ou de date présente dans les images définies dans les données vidéo DT1.
- [0154] Selon un exemple particulier, le premier réseau neuronal RN1 est préalablement soumis à une phase d'apprentissage machine au cours de laquelle il génère le modèle de calcul ML1 à partir d'une base d'échantillonnage DS1. Ce modèle ML1 est par exemple généré à partir d'une base d'échantillonnage (ou « dataset » en anglais) DS1 comprenant une pluralité d'échantillons d'image (synthétiques ou non) pour lesquels des objets correspondant à des composants matériels d'infrastructure sont identifiés. Le premier réseau RN1 peut ainsi s'entraîner à détecter et classer des objets correspondant

à des composants matériels d'une infrastructure.

- [0155] A titre d'exemple, pour détecter spécifiquement des barrières de passages à niveau, l'on peut construire une base d'échantillonnage en incrustant des images de barrières (dans de multiples positions et angles) dans des échantillons d'image variés (une plage, une forêt, un supermarché, etc..) afin que le modèle se fit uniquement à la forme spécifique de la barrière.
- [0156] Les résultats RS1 de l'analyse d'image effectuée par le premier réseau neuronal RN1 sont ensuite fournis en entrée au deuxième réseau neuronal RN2. Ces résultats d'analyse RS1 peuvent comprendre les objets OB1 classifiés (par exemple chaque objet est associé à un identifiant d'objet et un identifiant de classe CP1 ou CP2) ainsi que, éventuellement, les données vidéo DT1 (des variantes sont toutefois possibles dans lesquelles les résultats DT1 ne comprennent pas les données vidéo DT1 en tant que telles). Selon un exemple particulier, les résultats d'analyse RS1 du premier réseau neuronal RN1 comprennent en outre des coordonnées spatiales CD1 des objets OB1 pour permettre une localisation de ces objets relativement à l'infrastructure matérielle 2.
- [0157] Toujours en référence à la [Fig.7], le deuxième réseau neuronal RN2 prend en entrée les résultats RS1 du premier réseau neuronal RN1, et éventuellement aussi les données de capteurs DT2 (si applicable). Le deuxième réseau neuronal RN2 réalise à partir des données d'entrée la détermination de l'état respectif des objets OB1 (tels que classifiés dans les résultats d'analyse RS1) sur la base d'un modèle décisionnel ML2 pour produire en sortie des résultats RS2 comprenant les données d'état DT3 représentatives des états respectifs, à un instant courant t1, desdits objets OB1. Ainsi, les données d'état DT3 représentent des états respectifs dans lesquels se trouvent les objets OB1 classés en tant que premier ou deuxième composant matériel dans les résultats d'analyse RS1. Ce modèle décisionnel ML2 reflète notamment la ou les premières règles décisionnelles RL1 mentionnées précédemment, qui sont utilisées pour produire les données d'état DT3.
- [0158] Pour produire ces données d'état DT3, le deuxième réseau neuronal RN2 peut éventuellement aussi prendre en compte les données de capteurs DT2 (si applicable).
- [0159] A titre d'exemple, les résultats RS2 pour une itération i définissent des triplets [classification CP1 ou CP2, instant t, état], voire des quadruplets [classification CP1 ou CP2, instant t, état, coordonnées spatiales CD1]. Des résultats RS2 peuvent ainsi définir par exemple un objet OB1 comme étant le premier composant CP1 (à savoir la barrière 8a) dans l'état soit « ouvert » soit « fermé » soit « transitoire », localisé à des coordonnées CD1 données à l'instant t.
- [0160] Selon un exemple particulier, le deuxième réseau de neurones RN2 est de type récuratif ([Fig.7]). En raison de son caractère récuratif, le deuxième réseau de neurones

RN2 prend également en entrée une partie de ses propres résultats RS2 passés. Autrement dit, le deuxième réseau RN2 prend en compte une partie de son historique de résultat pour produire RS2 en sortie. Plus précisément, le deuxième réseau neuronal RN2 peut comprendre une boucle de régulation qui réinjecte des résultats RS2 passés pour calculer les résultats RS2 d'une itération courante. Par exemple, lors d'une itération courante $i+1$, le deuxième réseau neuronal RN2 produit en sortie un résultat $RS2_{i+1}$ en prenant en entrée les résultats $RS1_{i+1}$ du premier réseau neuronal RN1 pour l'itération courante $i+1$ combinés aux résultats passés $RS2_i$ du deuxième réseau neuronal RN2 pour l'itération précédente i . Le deuxième réseau neuronal RN2 peut ainsi utiliser ses résultats passés comme référence pour calculer ses résultats des itérations suivantes. Pour ce faire, le dispositif de surveillance 10 garde en mémoire ses anciens résultats $RS2_i$ pour une itération i passée afin de pouvoir utiliser ces anciens résultats pour le calcul des résultats RS2 de l'itération suivante $i+1$ et ainsi affiner les paramètres de son modèle décisionnel ML2. Cette récurrence permet par exemple de réduire les faux-positifs sur la base des retours d'étude de maintenance ou encore d'éviter de réentraîner le deuxième réseau neuronal RS2 pour améliorer son modèle.

[0161] Selon un exemple particulier, le deuxième réseau neuronal RN2 est préalablement soumis à une phase d'apprentissage machine au cours de laquelle il génère le modèle décisionnel ML2 à partir d'une base d'échantillonnage (ou « dataset » en anglais) DS2. Ce modèle ML2 est par exemple généré à partir d'une base d'échantillonnage DS2 comprenant une pluralité d'échantillons comprenant des objets classés selon une classe CP1/CP2 donnée (voire une sous-classe parmi la classe CP2).

[0162] De manière générale, les modèles ML1 et ML2 sont adaptables en fonction de l'infrastructure matérielle 2 que l'on souhaite surveiller ce qui permet d'optimiser les résultats de la surveillance.

[0163] La présente invention permet de réaliser une surveillance fiable et efficace d'une infrastructure comprenant de multiples composants matériels susceptibles d'être affectés par des événements, normaux ou anormaux, tels que par exemples des avaries, dysfonctionnement, passage dans un état prédéfini, etc. Cette surveillance peut être réalisée de façon automatisée par un dispositif de surveillance autonome. Cette surveillance efficace est possible sans avoir recours à une intervention humaine comme précédemment décrit.

[0164] En particulier, grâce aux données de contexte qui sont associées aux alertes produites par le dispositif de surveillance, il est possible non seulement de détecter un événement particulier affectant un composant matériel de l'infrastructure, mais également d'analyser et comprendre le contexte dans lequel ledit événement s'est produit. Il est ainsi possible de détecter rapidement (par exemple en temps réel) des événements affectant un composant matériel et de réaliser des actions de maintenance curatives et/

ou préventives afin de garantir que l'infrastructure reste en bon état.

- [0165] Le recours à une architecture particulière de réseaux neuronaux permet en particulier de détecter efficacement l'état des différents composants matériels d'une infrastructure à surveiller et d'en déduire des événements particuliers pouvant nécessiter une action de maintenance.
- [0166] Une telle action de maintenance peut consister à réparer ou remplacer tout ou partie d'un composant matériel, expulser un individu présent sur le passage à niveau ou encore faire des vérifications pour confirmer ou non l'alerte.
- [0167] Comme déjà indiqué, la présente invention peut s'appliquer à divers types d'infrastructures matérielles dans des contextes très divers (industriels ou non).
- [0168] Comme le comprend l'homme du métier, les modes de réalisation et variantes décrits ci-avant ne constituent que des exemples non limitatifs de mise en œuvre de l'invention. En particulier, l'homme du métier peut envisager une quelconque adaptation ou combinaison des modes de réalisation et variantes décrits ci-avant, afin de répondre à un besoin bien particulier conformément aux revendications présentées ci-après.

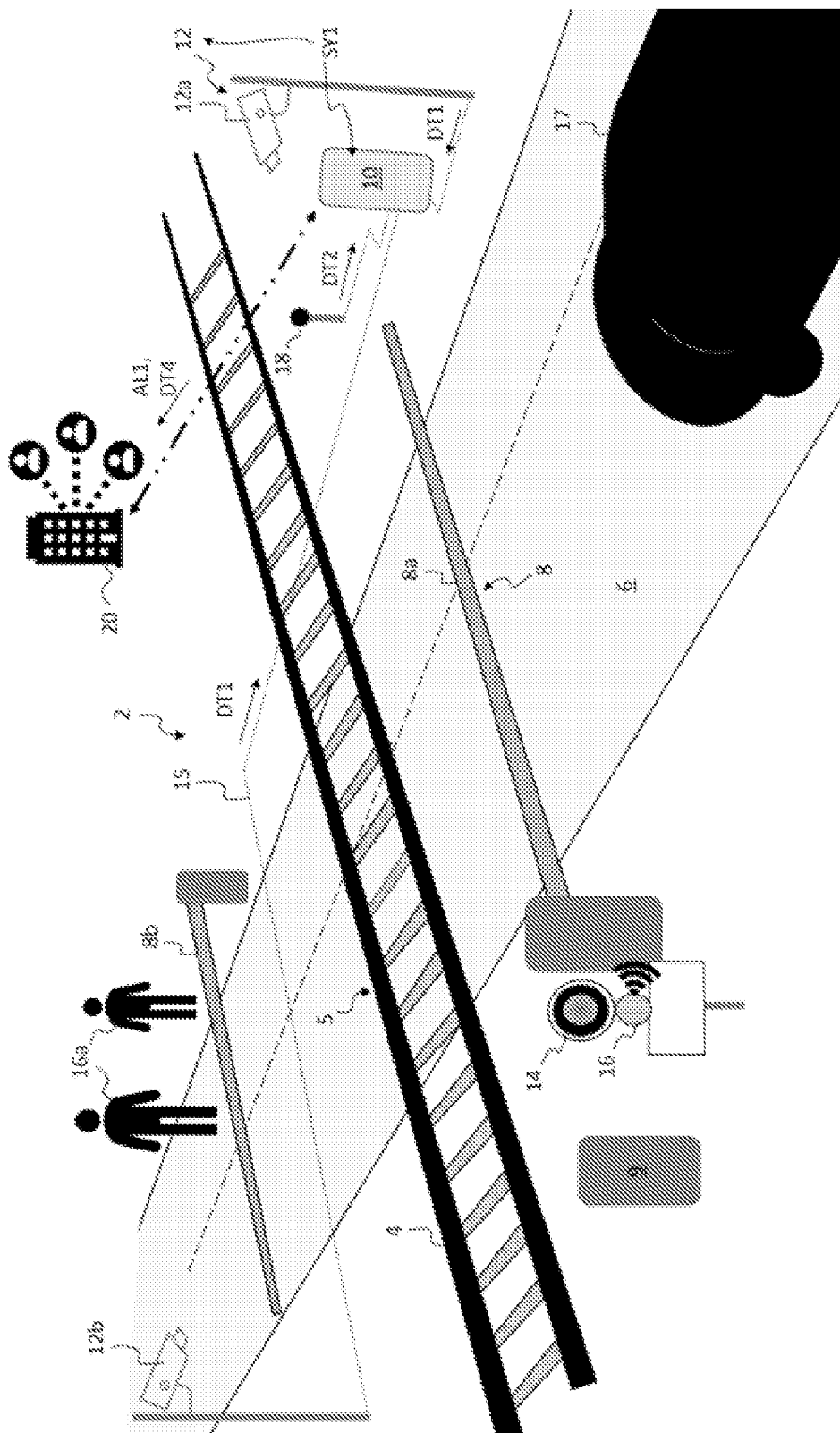
Revendications

- [Revendication 1] Procédé de surveillance, mis en œuvre par un dispositif de surveillance (10), pour la surveillance d'une infrastructure matérielle (2) comprenant un premier composant matériel (8a) et au moins un second composant matériel (8b, 5, 14, 16), ledit procédé comprenant :
- obtention (S2) de données vidéo (DT1) acquises par au moins une caméra (12) surveillant l'infrastructure matérielle ;
 - génération (S4), par une analyse d'image appliquée aux données vidéo, de données d'état (DT3) représentatives d'états respectifs des premier et deuxième composants matériels au cours du temps ;
 - détection (S6), par application d'au moins une deuxième règle décisionnelle (RL2) prenant en entrée les données d'état du premier composant matériel, d'un évènement (EVT1) associé au premier composant matériel à un instant t_1 ; et
 - génération (S8) d'une alerte (AL1) représentative de l'évènement, ladite alerte étant associée à des données de contexte (DT4) comprenant au moins en partie les données d'état, du premier et deuxième composants matériels, définissant en tant que contexte de l'évènement une évolution temporelle des états respectifs des premier et deuxième composants matériels au cours d'une période de temps précédant l'instant t_1 .
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit évènement est détecté par application de ladite au moins une deuxième règle décisionnelle (RL2) prenant en entrée les données d'état (DT3) du premier composant matériel (8a) combinées aux données de contexte (DT4).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel, au cours de l'analyse d'image, un premier réseau neuronal (RN1) préalablement soumis à un apprentissage machine réalise les étapes suivantes :
- détection d'objets (OB1) dans des images définies par les données vidéo ; et
 - classifications des objets pour détecter des objets correspondant aux premier et deuxième composants matériels (8a, 8b, 5, 14, 16) dans des états respectifs.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3 dans lequel, au cours de l'analyse d'image, un deuxième réseau neuronal (RN2) préalablement soumis à un apprentissage machine prend en entrée au moins une première règle décisionnelle (RL1) et des résultats (RS1) du premier réseau neuronal

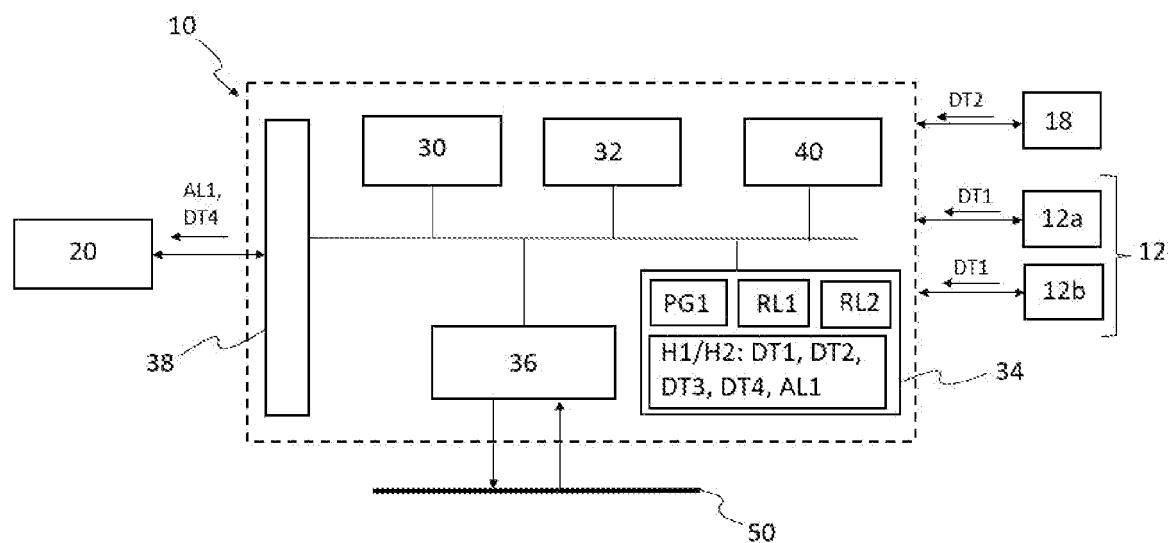
- pour déterminer en sortie les données d'état (DT3).
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre :
- réception de données de capteur (DT2) acquises par au moins un capteur (18) surveillant l'infrastructure matérielle, autre que ladite au moins une caméra, lesdites données de capteur étant représentatives d'au moins une caractéristique des premier et/ou deuxième composant matériel au cours du temps ;
- dans lequel ledit évènement (EVT1) est détectée par application de ladite au moins une deuxième règle décisionnelle (RL2) sur la base des données d'état (DT3) du premier composant matériel en combinaison avec les données de capteur (DT2).
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, le procédé comprenant en outre :
- envoi de l'alerte (AL1) en association avec les données de contexte (DT4) à une unité de contrôle distante (20) pour causer une analyse d'évènement ultérieure.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de surveillance comprend une mémoire non volatile (34), le procédé comprenant en outre :
- enregistrement (S12) en tant qu'historique d'évènement (H2), dans la mémoire non volatile, de l'alerte en association avec les données de contexte pour permettre une analyse d'évènement ultérieure.
- [Revendication 8] Programme d'ordinateur (PG1) comportant des instructions pour l'exécution des étapes d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes lorsque ledit programme est exécuté par un ordinateur.
- [Revendication 9] Dispositif de surveillance (10) pour la surveillance d'une infrastructure matérielle (2) comprenant un premier composant matériel (8a) et au moins un second composant matériel (8b, 5, 14, 16), ledit dispositif comprenant :
- module d'obtention (MD2) configuré pour obtenir des données vidéo (DT1) acquises par au moins une caméra (12) surveillant l'infrastructure matérielle ;
 - module d'analyse (MD4) configuré pour générer, par une analyse d'image appliquée aux données vidéo, des données d'état (DT3) représentatives d'états respectifs des premier et deuxième composants matériels au cours du temps ;

- module de détection (MD6) configuré pour détecter, par application d'au moins une deuxième règle décisionnelle (RL2) prenant en entrée les données d'état du premier composant matériel, d'un événement (EVT1) associé au premier composant matériel à un instant t_1 ; et
- module de génération (MD8) configuré pour générer une alerte (AL1) représentative de l'évènement, ladite alerte étant associée à des données de contexte (DT4) comprenant au moins en partie les données d'état, du premier et deuxième composants matériels, définissant en tant que contexte de l'évènement (EVT1) une évolution temporelle des états respectifs des premier et deuxième composants matériels au cours d'une période de temps précédant l'instant t_1 .

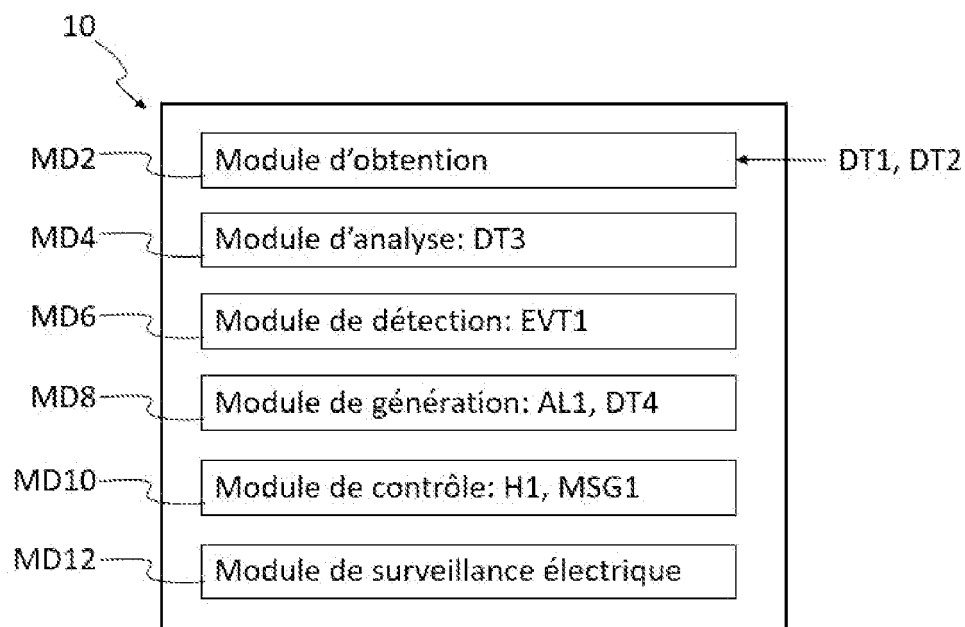
[Fig. 1]



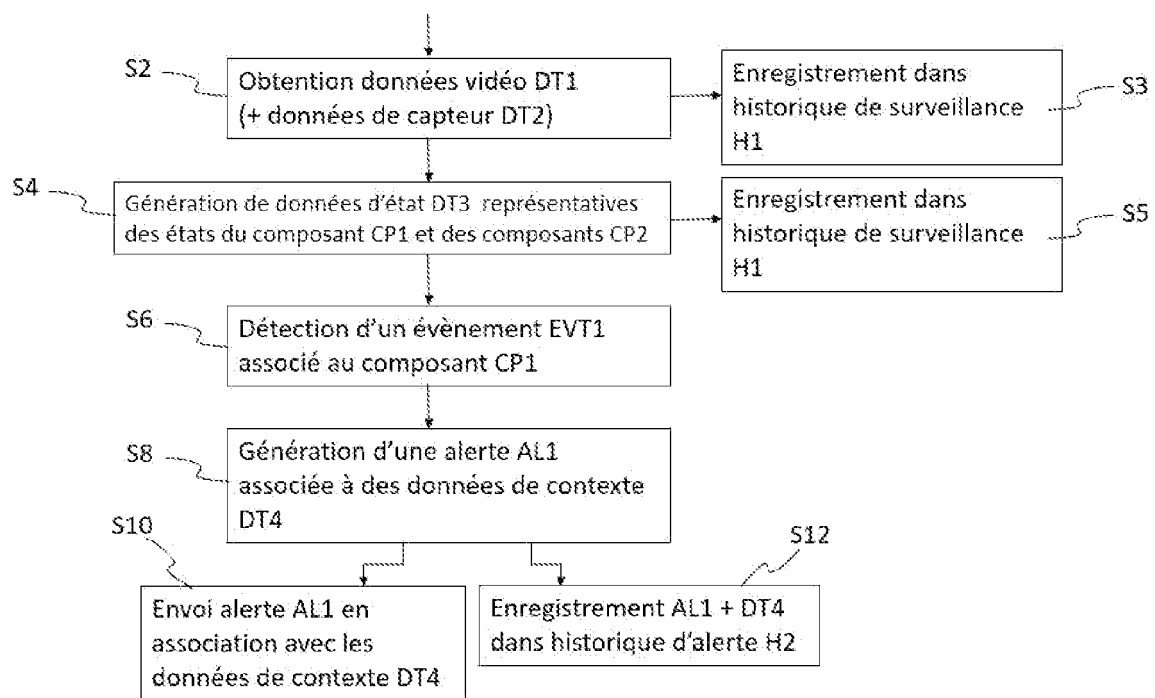
[Fig. 2]



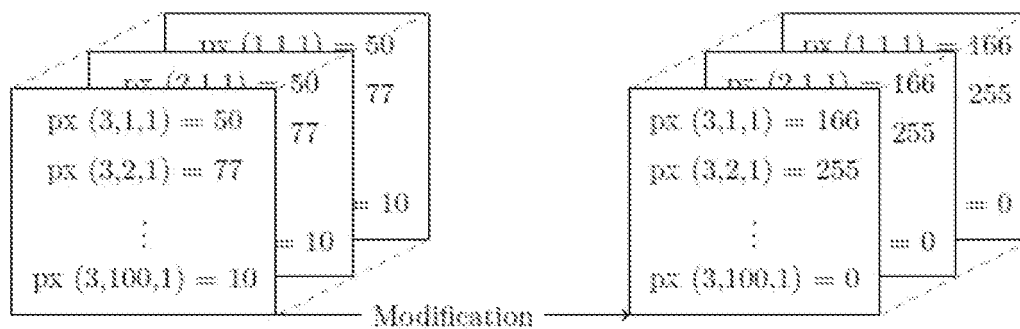
[Fig. 3]



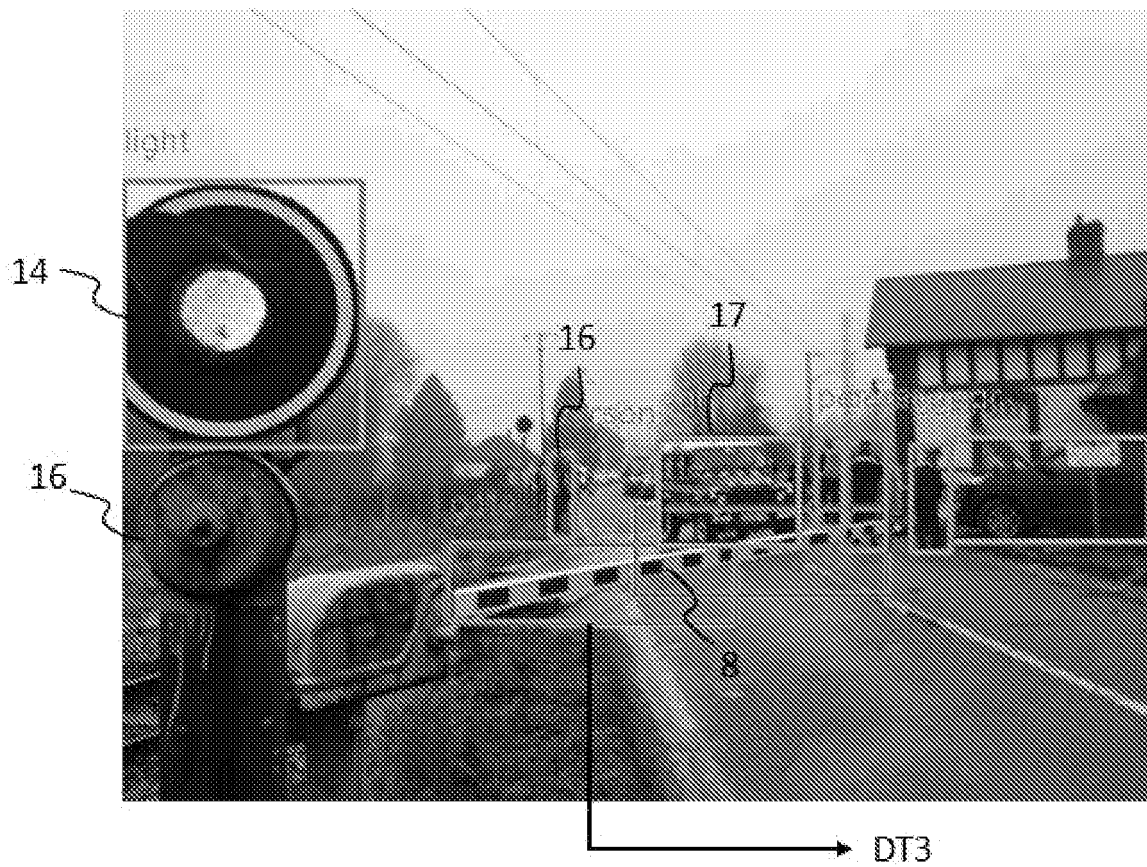
[Fig. 4]



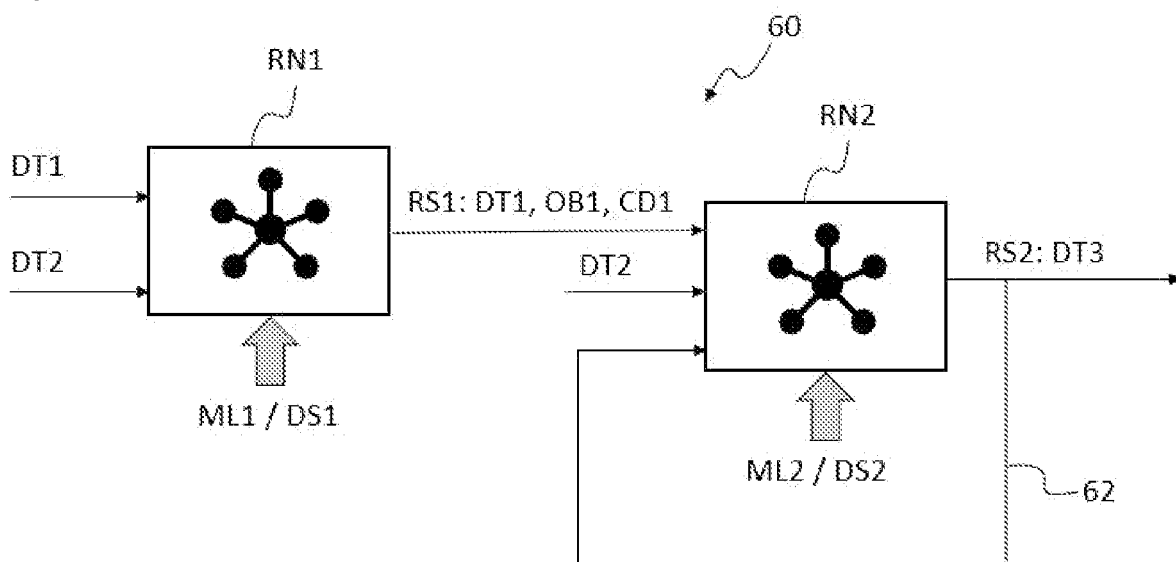
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2016/200334 A1 (HILLEARY THOMAS N [US])
14 juillet 2016 (2016-07-14)

EP 3 753 801 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD
[JP]) 23 décembre 2020 (2020-12-23)

WO 2021/105211 A1 (THALES SA [FR])
3 juin 2021 (2021-06-03)

BHOOPATHI RAPOLU: "Wie Künstliche
Intelligenz (KI) die Bahnindustrie erobert
- Bringing artificial intelligence (AI) to
the rail industry",
SIGNAL UND DRAHT: SIGNALLING &
DATACOMMUNICATION,
vol. 108, no. 5, 10 mai 2016 (2016-05-10),
pages 37-41, XP055271632,
DE
ISSN: 0037-4997

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT