



(51) Classification internationale des brevets :
H04N 7/18 (2006.01) E04G 23/00 (2006.01)
G06F 17/40 (2006.01) G08B 31/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2009/000661

(22) Date de dépôt international :
5 juin 2009 (05.06.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0803106 5 juin 2008 (05.06.2008) FR

(71) Déposant et

(72) Inventeur (pour tous les États désignés sauf US) :
MESURE ET SUIVI [FR/FR]; 289, avenue F. Benoit,
F-13090 Aix en Provence (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) :
CORNACCHIOLI, Francesco [FR/FR]; 289, avenue F.
Benoit, F-13090 Aix en Provence (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

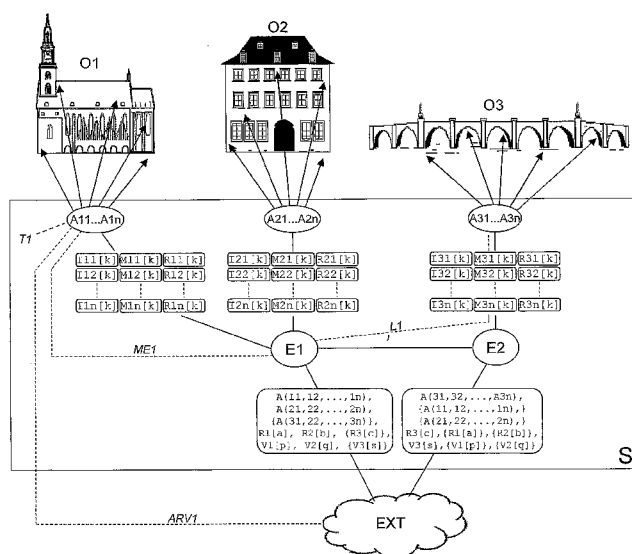
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasienn (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : SELF-CONTAINED AND AUTOMATIC SYSTEM FOR THE MEASUREMENT, MONITORING, DISPLAY, AND ACTIVE SURVEILLANCE OF VARIATIONS, DISPLACEMENTS, AND MOVEMENTS IN BUILDINGS, AND RELATED METHOD

(54) Titre : SYSTÈME AUTONOME ET AUTOMATIQUE DE MESURE, MONITORAGE, VISUALISATION ET SURVEILLANCE ACTIVE D'ÉVOLUTIONS, DÉPLACEMENTS ET MOUVEMENTS D'OUVRAGES ET PROCÉDÉ ASSOCIÉ



(57) Abstract : The invention relates to a system that comprises two types of devices capable of performing a fully automated and real-time active surveillance of the movements of buildings and constructions, in particular in the fields of building and civil engineering, through the digital development of images and, in general, multi-dimensional representations. The system of the invention comprises one or more multiple-technology acquisition devices and one or more centralised control and development devices. During a typical operation, said two types of devices operate together in order to implement all of the functions necessary for the complete and automatic monitoring and surveillance of the occurrence of problems in the building.

(57) Abrégé : L'invention concerne un système composé de deux types de dispositifs capables de réaliser la surveillance active, complètement automatique et en temps réel, des mouvements d'ouvrages et des constructions, en particulier dans le domaine du bâtiment et du génie civil, à travers l'élaboration numérique d'images

[Suite sur la page suivante]

FIGURE 1

et, en général, de représentations multidimensionnelles. Le système objet de l'invention est constitué d'un ou plusieurs dispositifs d'acquisition multi technologies et d'un ou plusieurs dispositifs centralisés de contrôle et d'élaboration. Dans le fonctionnement typique, ces deux types de dispositif opèrent ensemble afin de réaliser toutes les fonctions nécessaires pour assurer le monitoring et la surveillance complets et automatiques de l'ouvrage à partir de l'apparition de désordres.

DESCRIPTION

La présente invention concerne un système autonome et complètement automatique de mesure, monitoring, visualisation et surveillance active d'évolution, déplacements et mouvements, ainsi que le procédé associé.

5 Plus précisément, le système, composé de deux dispositifs opérant ensemble et conçu pour l'acquisition, l'enregistrement, l'élaboration, la visualisation et la transmission à distance et en temps réel des informations, permet la surveillance active et complètement automatique des mouvements d'ouvrages et des constructions, en particulier dans le domaine du bâtiment et du génie civil, grâce à
10 des techniques innovantes exploitant des capteurs d'image.

Le but principal qui a conduit à la mise au point de cette invention est de fournir une solution précise et adaptée au problème de la surveillance des ouvrages à partir du moment de l'apparition des désordres. L'invention peut être utilisée aussi dans les cas où une surveillance préventive et continue des ouvrages est
15 demandée.

Des dispositifs et des procédés sont disponibles aujourd'hui sur le marché mais ils présentent des inconvénients que cette invention surmonte grâce à des solutions innovantes.

Les dispositifs existants sont basés sur des capteurs, typiquement appelées jauges, fissuromètres ou cordes optiques, qui mesurent l'évolution d'une seule quantité, par
20 exemple le niveau d'un signal électrique analogique, qui varie suivant une modification mécanique d'une partie du capteur (le transducteur). De plus, ces capteurs ne sont pas intégrés dans des solutions suffisamment complètes et avancées pour assurer une surveillance en même temps complète, automatique, fiable et économique.
25

Chacune des solutions existantes, en effet, selon la technologie du capteur choisi, présente au moins un mais dans la plupart des cas plusieurs inconvénients liés aux facteurs suivants :

1. l'incapacité de produire une mesure multi dimensionnelle à partir d'un
30 seul capteur
2. capteurs mono technologie
3. la fragilité des capteurs

4. la criticité de la mesure par rapport aux conditions d'humidité, de température et mécaniques
5. la précision atteignable
6. l'absence d'un processus de surveillance complètement automatique
- 5 7. la criticité, la complexité techniques et les coûts élevés pour l'installation et la mise en service
8. la nécessité de réaliser des câblages sur l'ouvrage
9. la nécessité d'entretien sur de longues périodes de surveillance
- 10 10. l'impossibilité de réutiliser les capteurs sur un autre site une fois le besoin terminé ou le coût élevé de leur désinstallation et reconditionnement
11. le coût élevé de réalisation ou d'achat de capteurs
12. l'impossibilité technique ou le coût très élevé pour équiper les capteurs installés sur le site sous surveillance d'une alimentation autonome
- 15 capable de garantir le fonctionnement, sans intervention, sur de longues périodes
13. l'impossibilité de sauvegarder et d'archiver une caractérisation complète et visuelle du sujet surveillé et de son évolution pendant toute la durée de la surveillance, afin de garantir la reproductibilité des
- 20 mesures et des analyses en suite.

L'invention objet de ce brevet surmonte les limitations techniques listées ci-dessus :

1. le capteur est multidimensionnel : le capteur, étant un transducteur vidéo, fournit, pour sa nature, une image, c'est-à-dire un ensemble de
- 25 données multidimensionnel du désordre (fissure); cette image est analysée successivement, point par point (pixels), afin de poursuivre la dynamique des contours du désordre dans le temps. La poursuite de la dynamique sur les trois dimensions (les deux axes de l'image + la profondeur) est obtenue en exploitant le principe de la vision
- 30 stéréoscopique, en utilisant deux capteurs vidéo installés à 45° par rapport à l'axe de la surface sous surveillance
2. adoption de capteurs de technologies diversifiées et adaptées aux différentes missions : l'utilisation de capteurs vidéo de type noir/blanc,

couleurs, thermiques, ultraviolets permet d'exploiter les points forts de chaque technologie par rapport au matériau constituant la surface à surveiller (béton, pierre, etc.)

3. robustesse des capteurs : les capteurs vidéo s'intègrent parfaitement dans un boîtier compact et complètement fermé/étanche : l'acquisition des données s'effectuant à travers une paroi transparente, selon le cas, aux radiations visibles, infrarouges ou ultraviolettes.
4. la mesure est beaucoup moins affectée par les variations des conditions d'humidité, de température et mécaniques par rapport aux capteurs de déplacement électromécaniques
5. la précision est plus élevée des fissuromètres ; elle est aussi adaptable, en fonction des dimensions de désordre : par exemple, pour une fissure de 1 cm de largeur, on préfère une optique 3 à 3,5 mm tandis que pour une fissure de largeur inférieure à 1 mm il est nécessaire d'utiliser une optique macro.
6. processus de surveillance complètement automatique : de logiciels complètement automatiques ont été mis au point, permettant la poursuite automatique des mouvements (évolutions) de la fissure (voir point 1)
7. très faible criticité pour l'installation et la mise en service : il suffit de positionner correctement le capteur devant la fissure, d'effectuer la mise au point ; les algorithmes d'autoréglage propres des capteurs vidéos optimisent la qualité des images
8. aucun câblage sur l'ouvrage : l'adoption d'un module d'alimentation autonome spécifiquement conçu et d'un module de transmission à distance exploitant les réseaux télécom commerciaux permet de s'affranchir de toute alimentation secteur, pour plusieurs mois voir ans
9. l'autonomie élevée permet d'éloigner les interventions d'entretien (par exemple pour remplacer les batteries); la communication à distance et en temps réel avec les unités de contrôle et de gestion centralisées permet de détecter immédiatement une éventuelle panne et donc d'envoyer seulement à ce moment une équipe d'intervention

10. les capteurs sont systématiquement retirés à la fin de la mission avec des coûts réduits ; il suffit de les désinstaller (la fixation est au moyen de 4 ensembles vis/chevilles)

11. bien que les capteurs présentent un coût relativement élevé (à cause de la qualité des technologies utilisées), il s'agit de coûts très raisonnables comparés aux prix de marché des fissuromètres et des cordes optiques

12. alimentation autonome native, spécifiquement développée (voir point 8)

13. archivage complet sur une base de données spécifiquement conçue.

In synthèse, l'invention est représentée par l'intégration de plusieurs techniques, solutions technologiques et algorithmes mathématiques, existants et spécifiquement conçus, capables de pallier, complètement ou en partie selon les cas, les limitations des autres solutions existantes dans le domaine de la pathologie de la construction et des ouvrages d'art.

Le système et son fonctionnement sont représentés, à titre d'exemple non limitatif, dans les figures annexées 1, 2 et 3 :

Figure 1 : système en configuration d'exemple d'application

Figure 2 : exemple de visualisation des résultats

Figure 3 : diagramme logique des éléments inclus dans le dispositif d'acquisition

Le système S représenté en figure 1 constitue un exemple de réseau de surveillance de trois sites (ouvrages) : une église (O1), un immeuble (O2) et un pont (O3).

Le système exemplifié en figure 1 est composé des éléments suivants :

1. Une série A1 de dispositifs d'acquisition A11 ... A1n, installés en correspondance des sujets (détails) à surveiller de l'ouvrage O1 :

typiquement aux endroits dans la structures des ouvrages où un désordre est apparu

2. Une série A2 de dispositifs d'acquisition A21 ... A2n, installés en correspondance des sujets (détails) à surveiller de l'ouvrage O2.

3. Une série A3 de dispositifs d'acquisition A31 ... A3n, installés en correspondance des sujets (détails) à surveiller de l'ouvrage O3.

4. Deux dispositifs centralisés de contrôle et d'élaboration E1, E2

Le système dialogue avec le monde externe EXT à travers des interfaces et des protocoles de télécommunications filaires ou radio.

Le dispositif d'acquisition (A_{xy}) est constitué d'un ou plusieurs capteurs/transducteurs vidéo.

Le capteur/transducteur vidéo est un capteur d'images, selon la mission, dans le spectre de fréquences visibles, infrarouges ou ultraviolettes ; l'image résultante est mono ou multi chromatique (blanc et noir, couleurs, etc.), selon les transducteurs et les filtres choisis en fonction des caractéristiques du site et de la nature des sujets à surveiller.

Le capteur d'images est associé à un objectif interchangeable ou zoom, ce qui permet de régler la région (champ de vision) d'acquisition sous surveillance selon les besoins, au cas par cas : de quelques millimètres (macro) à plusieurs mètres.

Grâce à cette flexibilité, le capteur peut être utilisé dans tout les cas de figure connus ; une liste, non exhaustive, d'exemples de monitoring bi ou tridimensionnel est indiquée ci-dessous :

1. une micro ou macro fissure
2. la planéité ou l'inclinaison d'une surface
3. l'espace compris entre deux ou plusieurs éléments structurels
4. les déformations d'un pilier ou d'une poutre ou d'une structure complexe
5. les mouvements – absolus et relatifs - d'une surface, d'une poutre, d'un pilier, d'une structure complexe.

Une autre caractéristique fondamentale de cette solution est le fait que, grâce à ce type de capteur et en appliquant des algorithmes de post-élaboration appropriés, il est toujours possible d'atteindre le degré de précision demandé par le prescripteur, jusqu'au limites de la technologie courante : par exemple, au moment de la rédaction de ce document, la technologie permet d'atteindre sans difficulté une précision de un centième de millimètre, en utilisant un objectif macro permettant un agrandissement suffisant (à un prix très raisonnable). Avec un objectif adapté (prix plus élevé), il est possible d'atteindre une précision de un millièmètre de millimètre.

Le capteur vidéo est aussi équipé d'un module de diffusion d'éclairage opérant, selon les différents cas, dans les fréquences visibles, infrarouges ou ultraviolettes. Cette solution permet de rendre le capteur indépendant des conditions d'éclairage ambiant et d'obtenir une mesure parfaitement reproductible, ce qui en augmente la précision et la fiabilité. Le module d'éclairage, ainsi que le capteur vidéo n/b

couleurs ont été spécifiquement développés pour cette invention, car sur le marché il n'a pas été possible de trouver des modules avec les caractéristiques nécessaires :

- éclairage à leds, 6000 lux, temporisé, durée de l'impulsion contrôlée par microprocesseur et programmable entre 1 microseconde et 1 seconde (au pas de 5 microsecondes), consommation < 25mA ;
- caméra 1280x1024 pixels, allumage temporisé, consommation =0 en stand-by / < 50 mA en modalité capture.

La mesure tridimensionnelle est obtenue en installant deux capteurs d'image à 45° dans le même dispositif d'acquisition afin d'obtenir une vision stéréoscopique du détail sous surveillance. Des algorithmes géométriques (implémentés par voie logicielle) permettent par post élaboration l'analyse du sujet sur les trois dimensions.

Le capteur vidéo est donc la solution idéale et innovante pour obtenir les résultats suivants :

1. mesure tridimensionnelle
2. précisions élevée
3. représentation visuelle (image) de l'évolution du sujet sous surveillance.

Le dispositif d'acquisition peut être spécialisé selon les besoins spécifiques du détail à surveiller à l'intérieur de l'ouvrage sous surveillance. Selon la mission, il sera équipé d'un seul ou de plusieurs capteurs d'image.

Le dispositif d'acquisition A est équipé de plusieurs modules de base et optionnels. Un schéma logique du dispositif est représenté en figure 3, comprenant les différentes unités (modules) et connexions internes : l'exemple comprend deux capteurs d'images.

Unités de base :

1. un boîtier contenant les éléments qui suivent
2. un module d'alimentation mixte (secteur (AS) / autonome (AA))
3. des connecteurs pour les interfaces locales (pour la programmation (IP), la maintenance (IM) et le téléchargement des données en cas d'indisponibilité de la transmission à distance (ITC))
4. un ou plusieurs capteurs d'image (CI) associés à un ou plusieurs module diffuseur d'éclairage (DE)

5. un module de pré élaboration des informations (PE)
6. une mémoire non volatile (MEM)
7. un module de transmission à distance, filaire (TF) ou radio (TR)
8. un afficheur (AFF)
- 5 9. un module de temporisation à programmation numérique, doté d'une horloge de précision suffisante (TPN).

Modules optionnels :

10. un module d'analyse météorologique (AM)
11. un module de positionnement géographique (PG)
- 10 12. un générateur autonome d'énergie (GA).

La modularité des éléments énoncés permet de configurer facilement et rapidement le dispositif d'acquisition au moment de la demande de mise sous surveillance, au moment de l'installation sur le site ou même en cours d'œuvre, selon les besoins du prescripteur et les caractéristiques de l'ouvrage à surveiller.

- 15 Le dispositif d'acquisition est réalisé de façon à pouvoir opérer quelques soient les conditions météorologiques et environnementales (intérieur, extérieur, jour, nuit, brouillard, pluie, etc.) : boîtier étanche, à l'état actuel en matériau ABS afin d'en limiter le poids.

- 20 L'installation s'effectue différemment selon la nature du sujet à surveiller. Dans le cas par exemple d'une microfissure sur une surface, le dispositif d'acquisition sera installé à contact direct avec la surface : les capteurs d'image devront être alignés sur la fissure avec des angles adaptés pour la vision multi-scopique, stéréoscopique ou orthogonale, selon le cahier des charges du prescripteur.

- 25 Dans d'autres cas, par exemple dans les mesures de planéité, d'inclinaison, de déformation ou d'évolution de sujets ayant des dimensions importantes, l'installation du dispositif d'acquisition s'effectuera de préférence à une certaine distance (typiquement sur un poteau solidement enterré), calculée stratégiquement afin d'obtenir les résultats prescrits dans les meilleures conditions techniques et opérationnelles possibles.

- 30 Dans les cas d'installation à distance du détail à surveiller (normalement cette distance ne doit pas excéder les 8 mètres) l'utilisation de repères optiques est à prévoir, afin de faciliter la mise en service, la mesure et la visualisation.

La procédure de fonctionnement du dispositif d'acquisition est la suivante : au moment établi par la programmation initiale, le module TPN (le seul fonctionnant en continu) active l'alimentation des capteurs d'images CI ; après l'initialisation de ces derniers, le TPN active les modules DE et commande la capture d'image. Une fois
5 les images capturées, le TPN désactive les DE, active PE et MEM et commande la pré-élaboration et la mémorisation des données ; une fois les données élaborées et mémorisées, le TPN désactive les CI et active TF ou TR (selon la mission) ; une fois le canal de communication avec l'extérieur établi, le TPN commande la transmission à distance (au dispositif centralisé de contrôle d'élaboration) des données
10 mémorisées dans MEM ; une fois la transmission complétée, le TPN commande la réception des programmation externes, par exemple la reprogrammation de la date et de l'heure de la prochaine transmission et l'exécution des autotests ; à la fin, le TPN désactive tous les modules et se remet en stand-by, en attendant le prochain cycle.

15 L'intervalle entre les cycles opérationnels du dispositif A est défini selon la stratégie du projet de surveillance. Par exemple, dans le cas d'un monitoring d'une évolution lente et relativement sans danger immédiat, l'échantillonnage s'effectue sur une cadence temporelle lente. Par contre, dans le cas d'un monitoring d'une évolution rapide et/ou avec un potentiel de mise danger de la sécurité des biens et des
20 personnes, l'échantillonnage s'effectue sur une cadence temporelle élevée. La solution adoptée de reprogrammer à distance l'intervalle permet de le modifier au cours de la mission à n'importe quel moment, en fonction des résultats acquis (par exemple d'augmenter la cadence des échantillonnages quand l'ouvrage montre une dynamique évolutive importante)

25 Le dispositif d'acquisition est équipé d'un module d'analyse météorologique afin de permettre, en phase de post élaboration, la recherche des liens possibles entre les phénomènes météorologiques et les courbes d'évolution de l'ouvrage.

La présence d'un module de positionnement géographique (satellitaire, radio ou autre technologie) est aussi envisagée, afin de faciliter le repérage automatique des
30 dispositifs d'acquisition et de permettre une visualisation cartographiques de la distribution des dispositifs A et donc des sites sous surveillance/monitorage.

Les informations acquises à chaque échantillonnage par le dispositif d'acquisition - images mono et multi-scopiques, mesures ponctuelles, représentations

synthétiques 3D, données météorologiques, positionnement géographique - sont exprimées dans la forme DC1, DC2, ..., DCn (DCx= données du capteur « x »). Elles sont pré élaborées et mémorisées à l'intérieur d'une mémoire non volatile afin d'être élaborées sur place, sauvegardées et rendues localement disponibles à travers l'utilisation de connecteurs et d'interfaces électroniques standards. Cette fonctionnalité est implémentée pour permettre le téléchargement des données (exemple : par dispositifs USB) directement sur le dispositif d'acquisition, dans tous les cas où la liaison avec un dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration n'est pas prévue ou disponible (cas spécifique T1 en figure 1).

Simultanément, ces mêmes informations sont transmises à distance, par voie filaire ou radio, à travers l'utilisation des technologies réseaux disponibles et des protocoles de télécommunication courants. Par exemple, au moment de la rédaction de ce document, sont utilisées les technologies de communication radio de type GSM, GPRS, 3G, UMTS, WIMAX, satellitaire (INMARSAT) et filaire de type ADSL et RNIS (ISDN).

Les informations pré élaborées sont exprimées dans la forme Ix1,...,Ixn (I=image), My1,...,Myn (M=mesure), Rz1,...,Rzn (R=Représentation). Elles sont représentées en figure 1 comme flux entre les dispositifs d'acquisition Axt (« t » varie entre 1 et « n ») et les dispositifs de contrôle et d'élaboration Ez :

- pour l'ouvrage 01 : images I11[0...k]...I1n[0...k], mesures M11[0...k]...M1n[0...k], représentations synthétiques R11[0...k]...R1n[0...k]
- pour l'ouvrage 02 : images I21[0...k]...I2n[0...k], mesures M21[0...k]...M2n[0...k], représentations synthétiques R21[0...k]...R2n[0...k]
- pour l'ouvrage 03 : images I31[0...k]...I3n[0...k], mesures M31[0...k]...M3n[0...k], représentations synthétiques R31[0...k]...R3n[0...k]

A noter, dans l'exemple de figure 1, la valeur constante «k» du nombre de capteurs embarqués dans chaque dispositif d'acquisition présent sur les trois ouvrages surveillés, simplification apportée afin d'éviter de compliquer excessivement la figure. Bien évidemment, dans les cas réels cette valeur k ne sera pas obligatoirement constante mais pourra varier selon les spécifications techniques propres de l'ouvrage et des sujets (détails) à surveiller. Encore pour des raisons de simplicité, les informations provenant des modules d'analyse météo et de positionnement géographique ne sont pas indiquées dans la figure 1.

Le dispositif d'acquisition inclut une double alimentation : externe (secteur) et autonome (batterie, pile ou autre générateur local d'énergie). Afin de permettre le fonctionnement par alimentation autonome, le dispositif d'acquisition est équipé d'un module de temporisation programmable, capable d'activer et de désactiver les fonctions d'acquisition, d'élaboration, de sauvegarde et de transmission de façon périodique afin d'économiser l'énergie disponible et d'en augmenter donc l'autonomie. Le module de temporisation programmable (TPN) est un module RTC (Real Time Clock) qui doit afficher une consommation extrêmement basse (à l'état actuel de la technologie, 3 microAmpères). La présence d'un générateur autonome d'énergie (chargeur) photovoltaïque, en option, contribue à prolonger l'autonomie du dispositif.

La solution d'alimentation électrique autonome est très importante car les ouvrages ne disposent pas toujours de sources d'alimentation disponibles (exemple : ponts) ; il arrive aussi que les sources disponibles soient éloignées de plusieurs dizaines voire de centaines de mètres des endroits prévus pour l'installation des dispositifs d'acquisition. Autre solution technique très avantageuse, de ce point de vue, est la liaison radio pour l'échange des informations avec le reste du système, car elle contribue à éviter toute forme de câblage sur l'ouvrage.

En effet, il faut ne pas oublier que les ouvrages à surveiller peuvent présenter des situations très hétérogènes, aussi bien du point de vue logistique que fonctionnel et que, par conséquent, la réalisation d'un réseau de câblages électriques ou de communications sur l'ouvrage peut facilement entrer en conflit avec des contraintes techniques, de sécurité ou tout simplement esthétiques (exemple : monuments historiques). De plus, un câblage présente des coûts supplémentaires que cette solution permet d'éliminer.

Chaque dispositif d'acquisition est doté d'un code d'identification unique pour qu'il soit facilement repéré et correctement géré par le reste du système.

Le dispositif d'acquisition (A) dialogue automatiquement et en temps réel avec le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration, indiqué comme dispositifs E1 et E2 dans l'exemple en figure 1.

Le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration (E) peut être placé à n'importe quelle distance des dispositifs d'acquisition (typiquement dans les locaux de l'entreprise exploitante le système ou auprès d'un hébergeur spécialisé), pourvu

que chaque dispositif d'acquisition soit joignable par un des moyens de transmission prévus, radios ou filaires.

Le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration est capable de dialoguer en temps réel avec un grand nombre de dispositifs d'acquisition (quelques dizaines à
5 plusieurs centaines), installés sur un ou plusieurs sites sous surveillance. Il est aussi prédisposé pour être mis en réseau avec d'autres dispositifs du même type. Grâce à ces fonctionnalités, le dispositif de contrôle et d'élaboration E1 peut par exemple décider, de façon autonome ou pilotée, de prendre le contrôle de tous ou d'une partie des dispositifs d'acquisition A3x de l'ouvrage O3 pour remédier à un
10 disfonctionnement du dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration E2. Cet exemple est illustré dans la figure 1 par la liaison pointillée L1.

Les communications entre le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration et les dispositifs d'acquisition et entre plusieurs dispositifs de contrôle et d'élaboration sont normalement bidirectionnelles, selon le schéma suivant :

- 15 1. du dispositif d'acquisition vers le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration : données d'acquisition (images, mesures ponctuelles, représentations synthétiques 3D, données météorologiques, positionnement géographique), télémétries (conditions de fonctionnement), états de fonctionnement
- 20 2. du dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration vers le dispositif d'acquisition : configurations (par exemple, modification de la programmation de la cadence d'acquisition), commande d'autotest (par exemple dans les cas de disfonctionnement total ou partiel d'un ou plusieurs modules), demande d'envoi d'informations
- 25 3. entre deux ou plusieurs dispositifs centralisés de contrôle et d'élaboration : bases de données de type ARV (Alarmes, Résultats, Visualisations), états de fonctionnement, cessions et prises de contrôle des sites surveillés (ouvrages), événements et informations divers.

Le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration est donc un dispositif dit
30 intelligent, c'est-à-dire qu'il est capable de :

1. prendre de décisions différentes, de façon autonome et à égalité de conditions instantanées, si le contexte opérationnel ou historique a changé, ou s'il considère que certains seuils ont été dépassés ou que

certaines paramètres pourraient entrer en conflit avec les conditions standard de sécurité et de fonctionnement. Par exemple, dans le cas de monitoring lent où la fonction de déclenchement des alarmes de sécurité n'a pas été demandée par le prescripteur, le dispositif peut prendre la décision de déclencher une alarme si un événement imprévu intervient (exemples : changement brusque de la courbe d'évolution sur un ou plusieurs dispositifs d'acquisition, mesures apparemment non conformes ou inattendues entre plusieurs capteurs du même dispositif d'acquisition ou entre plusieurs dispositifs d'acquisition)

2. s'adapter aux variations des conditions opérationnelles et apprendre, à partir des élaborations que lui-même effectue. A titre d'exemple : Il peut prendre en compte les modifications survenues dans la morphologie d'une fissure, durant son évolution dans le temps, afin de garantir que la précision reste constante ; ou encore, il peut décider de commander à un ou plusieurs dispositifs d'acquisition de modifier leur paramètres d'acquisition (par exemple luminosité, niveau d'agrandissement, mise au point des détails, etc.), sur la base des optimisations internes des algorithmes récurrents, afin de garantir au moins la précision demandée, mais aussi dans le but d'atteindre toujours la précision maximale.

Le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration est constitué de tous ou d'une partie des éléments listés ci-dessous ; le texte entre parenthèse indique un exemple concret de réalisation, lié à la technologie disponible au moment de la rédaction de ce document :

1. un boîtier sécurisé contenant les éléments qui suivent
2. une unité d'alimentation, dotée d'un module d'alimentation autonome de secours (onduleur)
3. un élaborateur central (processeur)
4. une ou plusieurs mémoires de masse, non volatiles (disque dur)
5. une série d'émetteurs/récepteurs radios et filaires, compatibles avec ceux qui équipent les dispositifs d'acquisition (GSM, GPRS, 3G, UMTS, WIMAX et satellitaire (par exemple INMARSAT), ADSL et ISDN).
6. des unités d'interface opérateur (clavier, souris, écrans tactiles, synthèse vocale)

7. des unités de visualisation (écrans)
8. des supports de stockage et de sauvegarde (drivers optiques, cartes mémoire)
9. une unité de post élaboration et décisionnelle (unité multiprocesseur et/ou d'intelligence artificielle)
10. une unité de traitement des alarmes et de transmission/réception des informations, équipée d'interfaces radios et filaires pour la communication avec d'autres dispositifs du même type (E) et avec des entités externes EXT, préposées à échanger des informations avec le système (les technologies de communications sont un sous-ensemble de celles listées au point 5 adapté aux conditions opérationnelles).

Le processus de surveillance active s'effectue selon une séquence de fonctions, dont une partie est accomplie par les dispositifs d'acquisition (A) et les autres, sauf cas spécifiques qui seront indiqués par la suite, sont accomplies par les dispositifs centralisés de contrôle et d'élaboration (E).

Les fonctions qui suivent sont accomplies, sauf cas spécifiques, par le dispositif d'acquisition (A) :

- L'acquisition des images visibles, infrarouges et ultraviolettes, des données météorologiques et de positionnement.
- Le filtrage et la normalisation des données d'images, des mesures et des représentations synthétiques 3D
- La transmission des données acquises au dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration (E)

Les fonctions qui suivent sont accomplies, sauf cas spécifiques, par le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration (E).

- L'élaboration numérique des images et des représentations synthétiques 3D par algorithmes mathématiques afin de comparer les dernières données acquises en temps réel avec les données historiques et d'obtenir ainsi les paramètres d'évolution (différences) : il s'agit des algorithmes suivants, typiquement implémentés par voie logicielle : correction et filtrage, binarisation, segmentation, transformation analytique (exemples : transformation de Fourier, sinus et cosinus), corrélation, fonctions centroides et de blobbing, reconnaissance des contours et des formes, reconnaissance des variations vectorielles dans le temps. D'autres

algorithmes spécifiques peuvent être aussi implémentés pour réaliser des fonctions supplémentaires, selon la nature du sujet sous surveillance et les besoins spécifiques du prescripteur.

A noter que le résultat intégral des deux dernières fonctions précédentes est une
5 matrice de valeurs mathématiques (vectorielles) représentant l'ensemble des variations dans l'espace tridimensionnel et dans le temps des paramètres caractérisant les sujets sous surveillance, plus l'ensemble des données visuelles acquises et normalisées (images, mesures). Cet ensemble de données, appelé matrice d'évolution (ME), est sauvegardé sous forme de base de données dans la
10 mémoire de masse du même dispositif (E).

- L'analyse, le calcul et l'optimisation des paramètres de réglage des dispositifs d'acquisition et éventuellement l'envoi à ces derniers des ordres de mise à jour.

- La post élaboration de la matrice d'évolution ME afin de déterminer la nature et le degré de l'évolution de tous les sujets sous surveillance aussi bien que de
15 l'ensemble de l'ouvrage.

- L'analyse de la nature et du degré des évolutions, afin de déterminer si les conditions subsistent (dépassement des seuils) pour l'activation d'une procédure automatique de signalisation et d'enregistrement d'un événement d'anomalie et donc pour le déclenchement d'une alarme automatique ou d'une demande
20 d'intervention vers l'opérateur.

- La visualisation des résultats dans les formes analytique, graphique et visuelle, de façon statique et dynamique. La figure 2 représente un exemple de visualisation intégrée des résultats. La fonction de visualisation est disponible aussi à distance, soit à travers le réseau des dispositifs centralisés de contrôle et d'élaboration (E),
25 soit en rendant disponibles toutes les informations en modalité « serveur » (par exemple sur le réseau Internet).

- La fonction de télésurveillance, dans laquelle le dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration (E) est relié à un poste de contrôle 24h sur 24 et dialogue avec celui-ci à travers des protocoles d'alarme selon les standards internationaux.

30 Toutes les informations acquises et élaborées par le système sont stockées et rendues disponibles sous forme d'une base de données numérique dont la structure a été définie spécifiquement pour cette invention. Cette base de données est appelée ARV (alarmes, résultats, visualisations) et est représentée dans l'exemple

en figure 1 en étant rendue disponible aux interfaces externes, vers des entités EXT, des dispositifs centralisés de contrôle et d'élaboration E1, E2.

A noter dans la figure 1 que l'interface vers EXT du dispositif E1 rend disponible de façon directe les seuls ARV des ouvrages O1 et O2 et que la disponibilité de l'ARV de l'ouvrage O3 (données libellées entre parenthèses « {} » dans le tableau de gauche) est conditionnée à un protocole d'autorisation interactif entre l'entité EXT cliente, E1 et E2.

De la même manière, l'interface vers EXT du dispositif E2 rend disponible de façon directe la seule ARV de l'ouvrage O3 tandis que la disponibilité des ARV des ouvrages O1 et O2 (données libellées entre parenthèses « {} » dans le tableau de droite) est conditionnée à un protocole d'autorisation interactif entre l'entité EXT cliente, E2 et E1.

En plus de la version traitée jusqu'ici, le dispositif d'acquisition (A) peut être configuré dans deux versions optionnelles :

- Une version intégrant aussi un module d'élaboration et d'analyse en temps réel, capable de réaliser directement l'ensemble des algorithmes qui déterminent la matrice d'évolution ME à partir des données acquises par les capteurs, et d'envoyer donc au dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration (E) directement la ME (solution représentée en figure 1 par la liaison pointillée ME1). Cette solution peut être envisagée afin de réduire le débit de l'ensemble des informations sortantes du dispositif d'acquisition et donc pour des raisons budgétaires ou d'indisponibilité sur le site sous surveillance de réseaux de débit suffisant

- Une version intégrant aussi le module précédent, plus, en cascade, un module d'élaboration capable de réaliser directement tous ou une partie des algorithmes qui déterminent la base de données ARV à partir de la matrice d'évolution ME et d'envoyer donc aux entités externes EXT directement les données ARV produites (par exemple : des messages SMS indiquant une situation d'alarme) ; cette solution est représentée en figure 1 par la liaison pointillée ARV1. L'utilisation de cette solution est adaptée à des projets de surveillance réduits ne justifiant pas l'utilisation et/ou la mise en œuvre d'un dispositif centralisé de contrôle et d'élaboration (E).

REVENDEICATIONS

1) Le système (S) réalisant les fonctions automatiques et en temps réel de monitoring, de surveillance active et de télésurveillance des évolutions, déplacements et mouvements d'ouvrages (O), au moyen d'algorithmes mathématiques de reconnaissance des formes et de détection des mouvements / poursuite des désordres (fissures), caractérisé en ce qu'il comporte :

A) Des dispositifs d'acquisition (A) dotés d'alimentation autonome et de capteurs vidéo (noir/blanc, couleurs et thermiques) pour l'acquisition de données numériques et réalisant les fonctions de pré-élaboration (filtrage, optimisations), de sauvegarde locale et de transmission à distance des données acquises dans les formes suivantes :

- i. images bidimensionnelles
- ii. images tridimensionnelles
- iii. mesures de distance monodimensionnelles, bidimensionnelles, tridimensionnelles
- iv. représentations synthétiques de surfaces (bidimensionnelles), de volumes, d'objets (tridimensionnelles).

B) Des dispositifs centralisés de contrôle et d'élaboration (E), réalisant les fonctions suivantes :

- i. réception des données transmises par les dispositifs d'acquisition (A)
- ii. analyse des données, reconnaissance des formes et des contours des désordres (fissures), calcul des déplacements des contours (poursuite)
- iii. sauvegarde des données dans la forme de matrice d'évolution (ME) de l'ouvrage (O)
- iv. post-élaboration de la matrice d'évolution afin de produire et sauvegarder les résultats finaux, représentés par une base de données des alarmes, des résultats (mouvements) et des représentations visuelles (ARV)
- v. visualisation de résultats (ARV)

vi. télésurveillance et alerte

2) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif (A) est équipé de capteurs d'images visibles (n/b, couleurs, infrarouges et ultraviolettes).

3) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) est installé conjointement à des repères optiques ou mécaniques, afin de faciliter la mesure et la visualisation ou d'en améliorer la précision.

4) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) est réalisé dans un boîtier étanche et mécaniquement sécurisé afin d'en permettre l'installation à l'extérieur et en lieux ouverts au public.

5) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) intègre l'ensemble des algorithmes d'élaboration qui déterminent la matrice d'évolution (ME) à partir des données acquises par les capteurs, et envoie la matrice d'évolution (ME) au dispositif (B).

6) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) intègre l'ensemble des algorithmes d'élaboration qui déterminent la base de donnée (ARV) à partir de la matrice d'évolution (ME) et envoie les données (ARV) produites aux entités externes (EXT).

7) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les informations acquises, élaborées et sauvegardées dans le dispositif (A) sont téléchargées directement à travers les interfaces locales présent sur le dispositif.

8) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) comprend une alimentation autonome lui permettant de s'affranchir des sources d'alimentation externes.

9) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) comprend des fonctions de transmission radio lui permettant de s'affranchir des réseaux de communication filaires.

10) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) comprend une fonction de temporisation à programmation numérique, capable d'activer et de désactiver les capteurs de façon programmée, afin de limiter la consommation d'énergie .

5 11) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) comprend des fonctions d'acquisition et d'analyse de données météorologiques afin d'effectuer des élaborations permettant de mettre en relation ces dernières avec les données d'évolution.

10 12) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) comprend une fonction de positionnement géographique.

13) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (A) est installé directement au contact du sujet sous surveillance.

15 14) Système selon l'une quelconque des revendications de 1 à 12, caractérisé en ce que le dispositif (A) est installé à distance du sujet sous surveillance.

15) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (B) dialogue avec plusieurs dispositifs (A).

20 16) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (B) dialogue avec un ou plusieurs dispositifs du même type (B) à travers un système de mise en réseau.

25 17) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (B) réalise en temps réel des algorithmes de confrontation des données acquises par les dispositifs (A) à l'instant T_n avec les données homologues acquises par les mêmes dispositifs (A) aux instants précédents T_{n-1} , T_{n-2} , ... etc., afin d'établir les matrices d'évolution (ME) et les base de données (ARV) de tous les sujets sous surveillance.

18) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (B) est équipé d'une unité de post élaboration capable d'intégrer les informations provenant de tous les dispositifs (A) installés sur le même ouvrage,

afin de calculer et visualiser une représentation dynamique et en trois dimensions de l'évolution globale sur les trois dimensions de l'ouvrage surveillé.

19) Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif (B) est équipé d'une unité de communication avec des unités
5 externes (EXT) pour télésurveillance, télégestion, transfert des données ME et ARV.

20) Procédé de monitoring et surveillance d'ouvrages avec archivage des données, caractérisé en ce qu'il comprend :

- a) l'acquisition des informations (DC1, DC2, ..., DCn)
- b) la production d'informations pré élaborées (Ix1,...,Ixn; My1,...,Myn;
10 Rz1,...,Rzn; ...)
- c) la transmission des informations pré élaborées (Ix1,...,Ixn; My1,...,Myn;
Rz1,...,Rzn; ...)
- d) la production des données matrice d'évolution (ME) au moyen
d'algorithmes mathématiques de reconnaissance des formes / contours
15 et de détection de mouvement / poursuite
- e) la post élaboration pour la génération d'alarmes
- f) la production d'une base de données (ARV)
- g) la visualisation des résultats (ME + ARV)
- h) la transmission des résultats (ME + ARV)
- 20 i) l'archivage des données acquises et élaborées (Ix1,...,Ixn; My1,...,Myn;
Rz1,...,Rzn; ...), (ME), (ARV)
- j) la télésurveillance
- k) la mise à disposition des résultats en modalité « serveur »
- l) le réglage automatique des dispositifs (A) et (B)
- 25 m) l'autotest automatique des dispositifs (A) et (B)

21) Procédé selon la revendication 20 caractérisé en ce que le procédé est répété de façon continue et automatique (sans intervention humaine) dans le temps.

22) Procédé selon les revendications 20 et 21 caractérisé en ce qu'il permet une estimation du comportement futur du sujet surveillé (désordre, élément, etc.) au moyen de courbes de tendances.

5 23) Procédé selon les revendications 20, 21 et 22 caractérisé en ce qu'il permet de ré-effectuer l'élaboration, le traitement et la visualisation des informations archivées après la fin de la période de surveillance.

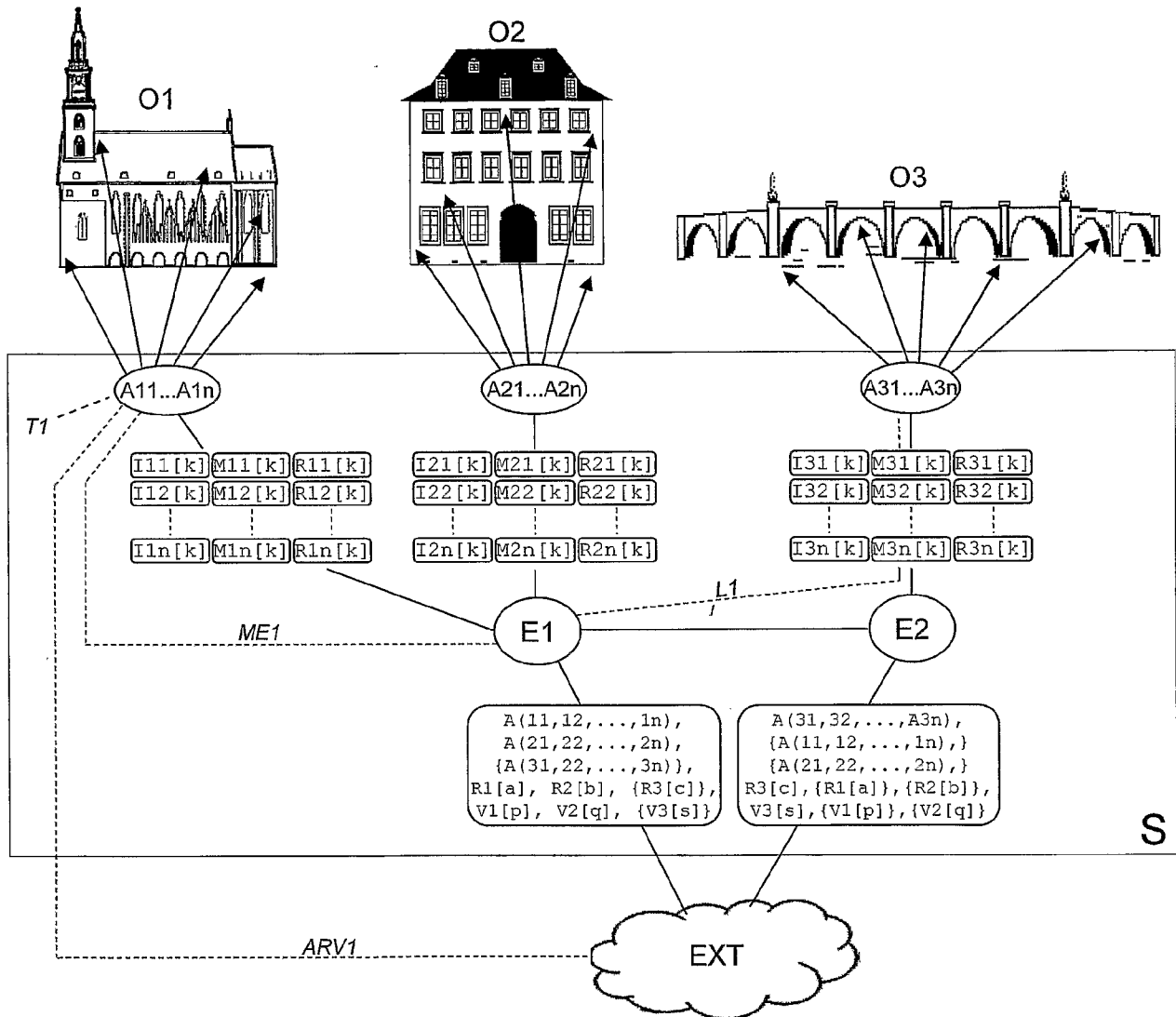


FIGURE 1

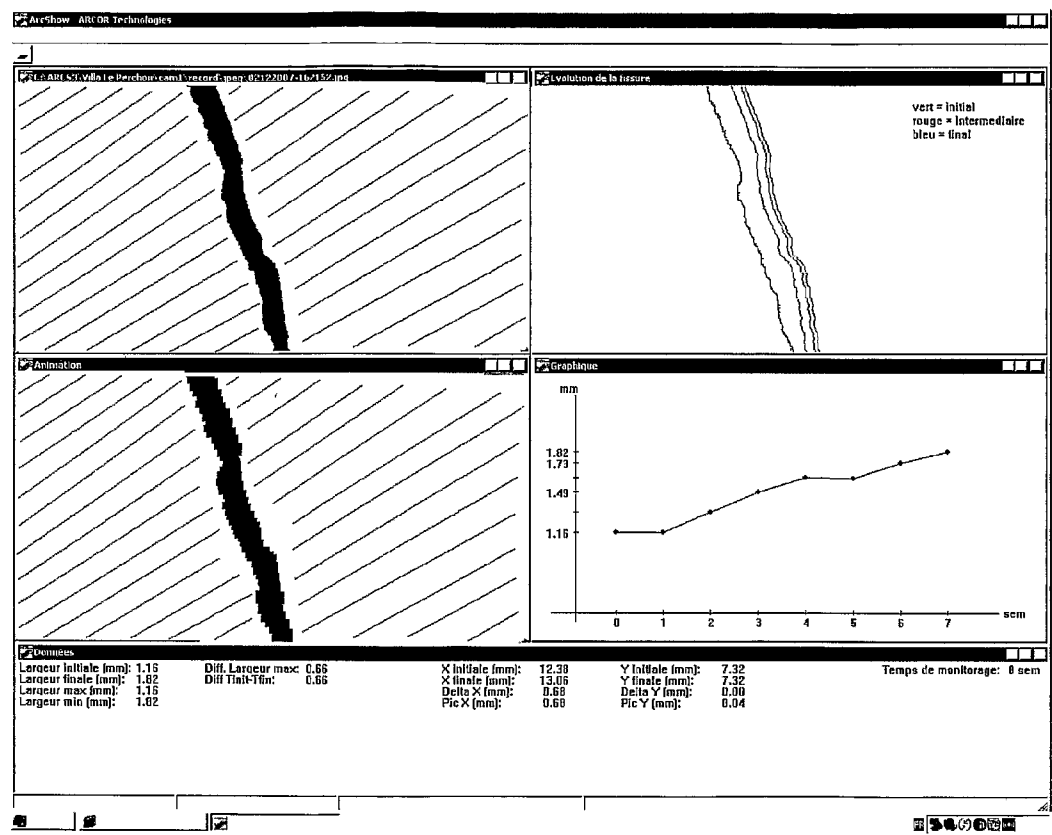


FIGURE 2

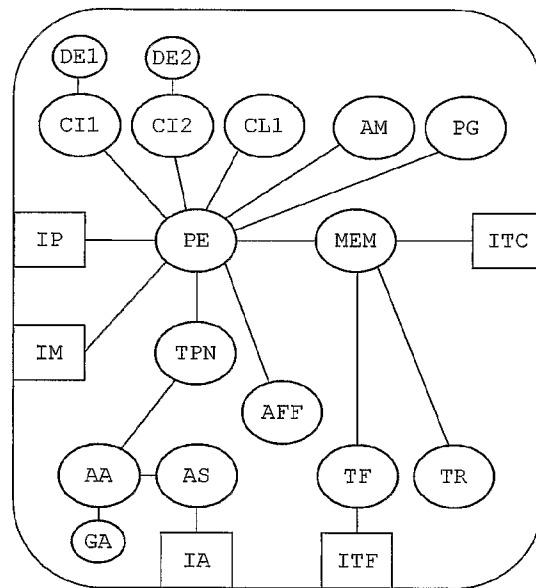


FIGURE 3