

INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Tramway de Nice : rien n'échappe à la supervision

▼ La municipalité de Nice a inauguré il y a six mois la première ligne de son réseau de tramway. Conçu par Alstom, il s'agit du premier tramway alimenté sur batteries sur certains tronçons de son parcours. La société Ineo a quant à elle développé un système informatique de gestion centralisé. Tous les services nécessaires à l'exploitation sont intégrés à la supervision. Le logiciel Panorama E² de Codra surveille tous les paramètres et équipements pour garantir une bonne gestion du trafic.

Le tramway est redevenu à la mode. Plus de cinquante ans après la fin de l'exploitation du précédent réseau, les Niçois peuvent à nouveau se déplacer en tramway. La ville avait en effet abandonné ce mode de transport en 1953. Fin 2007, la première ligne du tramway est inaugurée. Un chantier qui a été financé par la Communauté d'agglomération Nice-Côte d'Azur (CANCA) et la ville de Nice, et qui a fait appel à de nombreux acteurs : Eiffage pour la partie BTP (bâtiment et travaux publics), Forclum pour la gestion des bâtiments, Alstom pour la fabrication des rails et des rames du tramway, et enfin plusieurs succursales du groupe Ineo. Ces dernières ont été chargées entre autres de la réalisation des LAC (lignes aériennes de contact) et de la construction des sous-stations de distribution électrique. C'est la filiale Ineo Atlantique qui s'est occupée de toute la partie GTC (gestion technique centralisée) qui comprend la supervision de toutes les installations et la transmission des informations (sonorisation, messages voya-

geurs, vidéosurveillance, systèmes d'aide à l'exploitation, etc.).

Plusieurs paris technologiques...

Pour construire cette ligne de tramway, quelques défis ont dû être relevés. Les ingénieurs d'Alstom ont dû par exemple concevoir un système d'alimentation particulier pour les rames. En effet, le tracé de la ligne 1 a été étudié afin de relier un maximum de points stratégiques pour servir au mieux les Niçois ainsi que les touristes. Le tramway devait donc impérativement passer sur quelques-unes des places historiques de la ville. Des places qu'il aurait été impensable de défigurer avec la présence des caténaires.

Les systèmes d'alimentation par le sol (APS) déjà existants n'ont pas convaincu la municipalité. Aussi, Alstom a-t-il mis au point un dispositif d'alimentation par batteries. Ce qui constitue une réelle innovation dans ce domaine. 1,5 tonne de batteries NiMH (Nickel MetalHydru) sont installées dans les plafonds de chacune des rames. Ainsi lorsque la rame

arrive aux abords des places Masséna et Garibaldi, le chauffeur du tramway a juste à descendre les pantographes (bras articulés qui relient le train à la caténaire). Le tramway traverse alors les quelques centaines de mètres de la place en puisant son énergie dans les batteries.

De leur côté, les ingénieurs d'Eiffage qui furent chargés de la conception des bâtiments ont dû mettre en œuvre des moyens importants pour la construction du poste de commande centralisé (PCC). Le sous-sol de cette zone étant particulièrement instable, il a fallu installer les bâtiments sur d'énormes pilotis. Au total, ce sont plus de 34 000 m³ de béton qui ont été nécessaires pour cette infrastructure qui sert désormais de centre de contrôle, d'atelier de maintenance pour les rames du tramway et de parking pour les voyageurs. Ce poste de commande centralisé regroupe donc tous les services de surveillance et de gestion du tramway ainsi que ceux du réseau de bus afin que tous les transports de la ville soient gérés depuis un point unique. Ineo Atlantique y a installé tous les réseaux informatiques et a, par ailleurs, été chargée de sélectionner la solution de supervision. L'entreprise a choisi le logiciel Panorama E² de l'éditeur français Codra.

« Grâce à Panorama E², note Denis Chevrel, chef de projet chez Ineo Atlantique, nous supervisons l'ensemble du réseau et remontons toutes les informations issues des différents capteurs et actionneurs de la ligne. Plus de 9 000 points ou paramètres sont surveillés en permanence. » →

L'essentiel

- ▶ Le tramway de Nice, en service depuis 6 mois, enregistre déjà des records de fréquentation
- ▶ La conception informatique a été confiée à Ineo Atlantique
- ▶ L'application de supervision a été conçue grâce au logiciel Panorama E² de la société Codra
- ▶ Grâce au logiciel, les techniciens du poste de contrôle ont accès aux paramètres de supervision, mais aussi à toutes les applications d'exploitation ainsi qu'à la surveillance de la consommation électrique



L'usage de pantographes a été proscrit pour les tronçons de la ligne qui traversent des lieux touristiques...



... c'est pourquoi Alstom a conçu un système d'alimentation spécifique. Des batteries sont placées sur le toit des rames.



L'arrivée au terminus est entièrement gérée par des automates. L'aiguillage est complexe car il faut gérer le trafic des trains qui entrent et sortent du dépôt, de ceux qui repartent faire un trajet, et de ceux qui se dirigent vers la station de lavage ou vers l'atelier de maintenance.

→ Des communications toujours redondantes

Côté communication, la ligne 1 du tramway de Nice d'environ 8,7 km a été dotée d'un anneau Ethernet redondant de plus de 20 km de longueur. Le choix s'est porté sur la technologie Hiper-Ring du constructeur Hirschmann. L'anneau de fibre optique par-

court toutes les stations via un switch Power Mice pour chaque station voyageurs. Cette boucle assure la transmission des informations, même en cas de rupture d'un des liens. De plus, la technologie Hiper-Ring autorise un temps de cicatrisation très rapide (temps de reconfiguration de l'anneau), condition indispensable à la continuité de transmission des flux de vidéosurveillance. « Les volumes de

données qui transitent sur cette fibre optique sont en effet très importants, commente Frédéric Coué, chef de projet chez Ineo Atlantique. Cet anneau véhicule toutes les données de GTC (informations sur l'éclairage, l'alimentation électrique, etc., qui sont recueillies par des borniers d'Entrées/Sorties déportées Siemens ET200), de sonorisation IP (pour avertir les voyageurs de l'arrivée imminente d'une rame), de téléphonie IP (pour entrer en contact avec le PCC), d'informations voyageurs (affichage dynamique des horaires de passage des rames), de billetterie (données de transactions bancaires) et enfin de vidéosurveillance. Chaque station a son boîtier d'encodage vidéo (VisioBox de VisioWave) qui peut diffuser sur le réseau les flux de trois caméras. » Et ce n'est pas tout. Les sous-stations de distribution électrique sont également connectées à ce réseau. Elles sont toutefois simplement reliées au switch de la station voyageur la plus proche. Dans ce cas, pas de redondance, mais la rupture d'un lien n'affectera que la remontée d'informations de supervision. Pas de risque d'interruption de l'alimentation électrique.

A l'intérieur du PCC, ce sont trois serveurs Hewlett-Packard (Proliant ML350G4) qui sont réservés à l'application de supervision. Deux d'entre eux travaillent en parallèle et assurent le traitement des informations de manière redondante (ils sont équipés de deux alimentations séparées et d'une double connexion au réseau). « Une application telle que

Ineo Atlantique, spécialiste du transport

La société *Ineo Atlantique* est une filiale d'*Ineo-Suez*, groupe comptant plus de 13 000 collaborateurs répartis sur 300 sites en France et à l'étranger, pour un chiffre d'affaires de près de 1,9 milliard d'euros. *Ineo-Suez* est présent dans de nombreux secteurs tels que l'industrie et le tertiaire, les réseaux de communication, les métiers de l'énergie, du multimédia et des transports. Pour ce dernier secteur, les activités sont nombreuses puisqu'*Ineo* prend en charge des projets aussi bien pour les transports aériens et ferroviaires qu'urbains (bus, tramways, etc.).

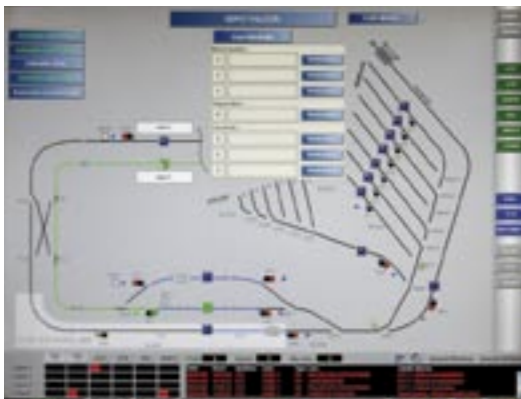
Basée à Nantes, la filiale *Ineo Atlantique* est spécialisée dans ces métiers du transport. Elle a développé des compé-

tences en courants forts (équipements de sous-stations d'alimentation électrique) comme en courants faibles (équipements pour postes de contrôle), auxquelles s'ajoutent des capacités de développement en systèmes informatiques et systèmes automatisés. La société est donc à même de prendre en charge la totalité d'un projet (hors gros œuvre et BTP) afin de créer des infrastructures complètes de gestion du trafic et de supervision. En ce qui concerne les tramways, *Ineo Atlantique* n'en était pas à son coup d'essai à Nice, puisqu'elle compte à son actif de nombreuses réalisations : Bordeaux, Nancy, Nantes, Orléans, Marseille, Mulhouse et Clermont-Ferrand ont déjà fait appel à ses services par le passé.

L'application de supervision



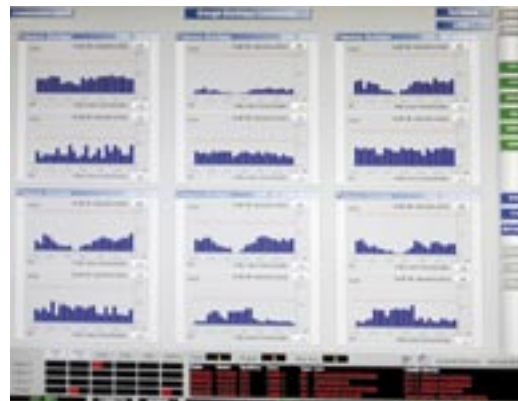
Gestion de l'énergie: Panorama E² intègre de base toutes les fonctions statistiques pour la visualisation de la consommation électrique des différents sites. La page est générée à partir d'une base de données SQL Server. Les seuils d'alerte sont modifiables à volonté.



Signalisation Ferroviaire: il y a des parcours automatiques (en vert) pour le retournement. Une fois le programme lancé par l'exploitant, les automates prennent le relais et assurent l'aiguillage et la signalisation. Les parcours ajoutés par l'exploitant sont mis en attente jusqu'à ce que les voies nécessaires soient toutes libérées.

Vidéosurveillance: l'application de vidéosurveillance a été développée par les ingénieurs d'Ineo et s'ouvre directement depuis Panorama, de telle sorte que le passage de la supervision à la vidéosurveillance soit absolument transparent. Grâce à cette application, l'opérateur clique sur une caméra, puis désigne l'endroit de l'écran principal sur lequel il veut qu'elle soit affichée. Toutes les caméras mobiles sont pilotables depuis le poste de supervision.

GTC: Toutes les données ont été synthétisées pour que l'opérateur n'ait sous les yeux qu'une seule fenêtre. Un gros travail de programmation objet: si un objet est vert, cela indique que tous les composants à l'intérieur fonctionnent correctement. Pour chaque station voyageurs, on surveille: la distribution basse tension, l'armoire informatique, l'éclairage, le réseau Ethernet, la vidéosurveillance, les interphones, la sonorisation, le distributeur de titres de transport, les modules E/S déportées, les pompes de refoulement (quand les locaux techniques sont enterrés), la détection d'incendie, les informations voyageurs, l'état de la sous-station électrique raccordée (s'il y en a une) et la communication avec la signalisation ferroviaire.



celle-ci est réellement critique, dans le sens où elle touche à la sécurité des concitoyens, explique Denis Chevrel. C'est pourquoi nous nous efforçons de garantir un maximum de disponibilité. Installer des serveurs redondants est une chose. Pour le PCC de Nice, nous avons mis un point d'honneur à ce que les opérateurs soient informés au plus tôt du passage

d'un serveur à un autre. Car lorsque les incidents surviennent, c'est toujours en raison d'un enchaînement de plusieurs circonstances défavorables, jamais d'une seule défaillance isolée. Il nous faut donc faire très attention aux doubles pannes, d'autant que les responsables informatiques du site n'ont pas de postes de supervision sur lesquels prendre le relais en cas

de panne ». Enfin, le troisième serveur est réservé à l'archivage de toutes ces informations. Des informations qui sont conservées pour établir des statistiques de fonctionnement du tramway, et qui seront réutilisées pour étudier les possibilités d'amélioration et l'aménagement des futures lignes. →

Codra et sa solution de supervision Panorama

Codra propose depuis plus de vingt ans des progiciels de supervision. Cette société française a développé la première version de sa solution Panorama à l'occasion d'un projet pour le CEA, puis a continué à maintenir à niveau le logiciel pour offrir de nouvelles fonctionnalités. On compte aujourd'hui plus de 13 000 licences en France et à l'étranger.

Codra est à la fois éditeur de logiciels et développeur de solutions spécifiques, car une équipe de techniciens est mise à disposition des industriels ayant des besoins particuliers. L'offre logicielle comprend aujourd'hui Panorama P², version "historique" du produit proposant les fonctions de supervision et de création d'IHM (Interfaces Hommes-Machines), et Panorama E². Ce dernier, qui a été utilisé pour la supervision du tramway de Nice, utilise des technologies récentes (langages .net et Java, programmation orientée objet et gestion de bases de données), pour la création d'interfaces de supervision ouvertes, simples à concevoir et à déployer.

Codra a fusionné l'an dernier avec Europ Supervision, en charge de la commercialisation des logiciels sur le territoire français. Elle a créé également une filiale, Codra Software Limited, pour la diffusion de Panorama à l'étranger.

→ SAE, pour systèmes d'aide à l'exploitation

Les serveurs de supervision sont placés "au-dessus" de toutes les autres applications, car ils doivent pouvoir avertir de la moindre défaillance matérielle ou logicielle. Ainsi, parallèlement aux nombreux paramètres des stations voyageurs, ils surveillent les serveurs dédiés à l'application de SAE (systèmes d'aide à l'exploitation), situés eux aussi dans les locaux techniques du PCC. Physiquement, les systèmes SAE reprennent le même principe que l'application de supervision (deux serveurs redondants pour les tâches dites "temps réel" et un serveur pour le stockage des données, aussi appelé serveur "temps différé"). Grâce à ces serveurs, les opérateurs du PCC peuvent modifier les horaires de passage des tramways suivant l'heure de la journée et la réalité du trafic. « Cela sert à éviter les "creux" et assurer la continuité du service, explique Laurent Chauvin, responsable du service informatique au PCC de Nice pour la ST2N. Si pour les bus, cet ajustement s'effectue

uniquement en modifiant les horaires de départ des véhicules, pour le tram, la gestion est plus fine. On gère les intervalles entre les trains tout au long de la ligne. De plus, chaque chauffeur est informé des positions de la rame qui le précède et de celle qui le suit. Cela autorise une autorégulation de la part de ces chauffeurs, et en faisant confiance à leur expérience nous pouvons nous concentrer sur la gestion des problèmes plus critiques. »

Notamment lorsque les techniciens du PCC doivent gérer les accidents qui peuvent survenir. « Dès qu'une rame est immobilisée suite à un choc avec un piéton ou un autre véhicule, nous changeons de mode de fonctionnement et raisonnons non plus en terme de ligne entière, mais de tronçons de ligne, poursuit Laurent Chauvin. Ainsi les parties de la ligne qui ne sont pas impactées par l'incident continuent de fonctionner. S'il y a un blessé, nous mettons immédiatement en place un service de bus pour assurer la liaison, car la rame sera arrêtée pendant tout le temps d'intervention des pompiers et des services de police. Il en va de même lorsqu'une rue est bloquée par les pompiers, ou lorsqu'un véhicule est arrêté sur la voie. En revanche, lorsqu'il s'agit uniquement d'un choc matériel, si le trafic n'est pas rétabli au bout de 15 minutes, un service de bus exceptionnels est mis en place. A

l'échelle d'une ville, ces incidents ne sont pas rares, même si nous ne disposons que d'une ligne pour l'instant. Tout est donc prévu pour minimiser les conséquences, car lorsque le service est immobilisé ou interrompu, ce sont plus de 2 000 voyageurs qu'il nous faut gérer en temps réel ».

Mieux vaut être en retard qu'en avance...

La gestion des horaires fait partie intégrante du service que le PCC doit assurer pour la ST2N, la société niçoise d'exploitation du réseau de transport en commun. Étonnamment, l'attention des opérateurs porte plutôt sur les trains en avance que sur les trains en retard. « Un train qui a quelques minutes de retard, ce n'est pas très grave pour les voyageurs, explique Laurent Chauvin. Ils pourront toujours monter dedans dès qu'il se présentera en station. En revanche, faire arriver une rame en avance sur l'horaire prévu ou affiché constitue pour nos services une faute grave, au même titre qu'un arrêt au milieu d'une voie. Les voyageurs qui comptent prendre un train précis et qui arrivent à l'heure juste ne doivent en aucun cas manquer le passage du tramway. » Cela est d'autant plus vrai qu'avec les nouveaux systèmes dynamiques de gestion des horaires, comme il en existe dans la plupart des grandes villes, les usagers peuvent consulter sur Internet l'heure exacte du passage d'un tramway. On comprend donc toute l'importance que revêtent les systèmes d'information aux voyageurs. C'est pourquoi un opérateur du PCC est mobilisé en permanence pour assurer ce service.

L'affichage centralisé est l'une des pièces maîtresse du PCC. Un grand écran trône au milieu de la salle de contrôle pour la surveillance du tramway : le tableau de contrôle optique ou TCO. De 3 mètres sur 1,5 mètre et d'une résolution de 3 840 x 2 048 pixels, il monopolise un serveur uniquement pour l'affichage. D'un simple coup d'œil, les opérateurs peuvent visualiser l'état du trafic. Toutes les rames en circulation y figurent,



Les employés du PCC (poste de commande centralisé) assurent le contrôle du trafic bus et tramway, et surveillent tous les équipements et infrastructures techniques. Tous les postes sont équipés du progiciel de supervision Panorama E² de Codra.



qu'elles soient sur les voies principales ou sur des circuits secondaires réservés aux manœuvres. Les rames à l'heure sont signalées en blanc, celles en retard en vert et celles qui sont en avance en rouge.

Toutes les applications utilisent Panorama E²

Le PCC centralise dans une même salle toutes les applications de supervision et d'aide à l'exploitation (SAE). Ces dernières sont exploitées par Panorama E² qu'elles aient été développées ou non pour cette solution. « C'est l'une des forces de notre logiciel, assure Gilles Nguyen, responsable marketing chez Codra. Il s'agit d'un système ouvert pour lequel les utilisateurs peuvent développer toutes les applications additionnelles qu'ils souhaitent. L'intégration est très simple, et n'importe quel exécutable peut devenir partie intégrante de l'application de supervision. » De plus, grâce aux capacités d'ouverture de Panorama E², les applications de supervision et les applications d'exploitation ont pu être regroupées sur les mêmes postes : signalisation, entrées et sorties du dépôt et gestion du trafic en temps réel.

A Nice, le système SAE et l'application de vidéosurveillance, qui ont fait l'objet de développements spécifiques, profitent tous deux d'une gestion avancée des droits utilisateurs (un même login peut gérer des applications différentes) et du fonctionnement en fenêtres multiples offerts par Panorama. « A ce propos, commente Frédéric Coué, nous avons volontairement choisi ne pas trop restreindre la gestion des droits pour la visualisation des données de supervision. Seules les actions exigent des droits d'accès spécifiques. Tous les opérateurs peuvent parcourir les différentes fenêtres et surveiller les indicateurs. Cela est utile lorsque l'on utilise des systèmes multiécran : un opérateur peut effectuer une action qui entre dans le cadre de ses attributions, tout en surveillant sur une autre fenêtre de son poste les conséquences de ses actions sur les autres paramètres. » Bien entendu, une certaine souplesse dans la visualisation n'empêche pas un suivi des actions très rigoureux. Toujours grâce aux capacités d'ouverture de Panorama E², les développeurs d'Ineo ont conçu le PNuser, une application spécifique pour la gestion des utilisateurs. Elle permet de créer une surveillance multiclient, multiposte et multisite. Grâce à ses fonctionnalités avancées, il est possible de savoir qui est connecté et sur quel poste. Les droits sont modifiables à tout moment, et à distance. Enfin, pour chacune des fonctions de supervision, PNuser autorise la configuration d'une fonction impérativement mono utilisateur (la sonorisation, par exemple) ou multiutilisateur (comme

Le tramway de Nice en chiffres

Le tramway de Nice, c'est :

- ▶ Un projet de près de 560 millions d'euros, financés principalement par la Communauté d'agglomérations Nice-Côte d'Azur (CANCA) et la ville de Nice
- ▶ 8,7 km de voies pour la ligne 1
- ▶ 20 rames Citadis 302 d'Alstom (18 en service actuellement)
- ▶ 21 stations voyageurs
- ▶ Plus de 200 voyageurs par rame
- ▶ 1,5 tonne de batteries NiMH dans le plafond des rames, pour le franchissement des places touristiques de la ville

L'application de supervision, c'est :

- ▶ 8 serveurs : 3 pour la supervision, 3 pour l'aide à l'exploitation ou SAE, 2 pour l'affichage sur les postes et sur l'écran principal de contrôle
- ▶ Plus de 9 000 points de contrôle : 800 points de données pour la gestion des carrefours, 800 paramètres de GTC (gestion technique centralisée), 1 200 paramètres de gestion de l'énergie, 600 points de surveillance pour la commande de la signalisation ferroviaire, 1 000 paramètres à gérer pour l'application d'aide à l'exploitation, 500 équipements réseau managés par le protocole SNMP, 250 équipements réseau utilisant une communication TCP/IP
- ▶ 11 postes opérateurs, avec des systèmes allant de 1 à 3 écrans
- ▶ Près de 100 synoptiques de supervision

l'éclairage des stations voyageurs). Le logiciel de supervision a également été sélectionné pour sa programmation orientée objet. Il permet une duplication rapide des objets, de telle sorte qu'il n'est pas nécessaire de caractériser chaque capteur comme étant un nouveau dispositif. Il suffit de dupliquer un capteur de même nature et de le renommer. De la même manière, pour un objet complexe qui correspond à toute une arborescence d'objets, le changement d'un paramètre sur l'objet père entraîne automatiquement la prise en compte des changements dans les

objets fils. Enfin, l'outil de création de fenêtres de synthèse a séduit les techniciens d'Ineo Atlantique. Il s'agit d'un système de création de tableaux à entrées multiples. « Ce que nous apprécions, poursuit Denis Chevrel, c'est le fait qu'il s'agisse d'un outil qui facilite la prise de décision. Il donne accès à toutes les informations archivées pour créer des documents de synthèse. » Les différents experts s'accordent néanmoins sur le fait que ceci demeure un outil informatique, et non un outil d'automatisme. Il faut donc passer du temps à concevoir les tableaux et documents finaux, et bien réfléchir à son besoin avant de commencer à programmer.

Quoi qu'il en soit, le choix de Panorama E² comme outil de supervision, mais aussi de création d'applications, ne saurait être remis en cause. « Nous sommes très satisfaits de notre choix, affirme Denis Chevrel, et cela va au-delà de la seule application du tramway de Nice. En effet, nous avons décidé de réutiliser au maximum le logiciel et les développements spécifiques que nous avons effectués, pour d'autres projets. »

Des résultats dépassant toutes les prévisions

La gestion du tramway a nécessité l'usage de technologies innovantes car il s'agit d'une ligne relativement complexe de par son tracé. « La ligne 1 du tramway de Nice est un véritable challenge pour un exploitant de transports urbains, affirme Laurent Chauvin. Elle comprend un très grand nombre de carrefours (plus de 60), des passages avec fonctionnement sur batteries (qui nécessitent un arrêt complet de la rame pour replier les pantographes) et des passages très pentus pour des tramways qui approchent les 60 tonnes (pentes à près de 8 % aux abords du terminus). En raison de ces contraintes, nous avons dû revoir à la baisse nos objectifs en termes de vitesse commerciale d'exploitation : 18 km/h de moyenne, contre 21 km/h d'ordinaire dans les autres villes. Mais cette moyenne reste tout de même supérieure au service de bus (11 km/h en moyenne). »

Malgré ces difficultés, grâce à la mise en place d'une infrastructure informatique réalisée par les ingénieurs d'Ineo, les Niçois bénéficient d'un service de tramway sécurisé qui démarre à partir de 5 heures du matin pour se terminer à 2 heures du matin. La grande fréquentation du tramway témoigne d'ailleurs de la satisfaction des habitants de la ville. En effet, les statistiques d'affluence dépassent toutes les prévisions : ce sont 60 000 voyageurs qui empruntent chaque jour la ligne 1 du tramway, un chiffre atteint en 6 mois d'exploitation seulement au lieu de 5 ans prévus !

Frédéric Parisot