

> Tourisme industriel

Quand la péniche

En Belgique, l'écluse de Strepv est un ouvrage d'art hydraulique unique au monde. Et le maître d'œuvre Cegelec utilise la GMAO Carl Master. Visite avec le meilleur des guides : l'équipe de maintenance de ce funiculaire très particulier.

En Belgique, la province de Hainaut regorge de paysages champêtres, riches de forêts et de collines, bordés de chemins de halage invitant aux randonnées le long des nombreux canaux et voies d'eau navigables qui se regroupent au centre de la Belgique, entre Mons et Nivelles. Sillonnée par 264 km de voies d'eau navigables, cette province est traversée par l'historique Canal du Centre ponctué de remarquables ouvrages d'art et, en particulier, des ascenseurs hydrauliques classés en 1981 au titre du Patrimoine mondial par l'UNESCO. A l'époque de leur construction,



Dans le Hainaut, entre Mons et Nivelles.

entre 1882 et 1917, chacun des quatre ascenseurs devait pallier une dénivellation de l'ordre de 17 mètres. Le plan incliné de Ron-

quières et l'ascenseur funiculaire de Strepv-Thieu témoignent bien du génie belge en matières d'ouvrages d'art.

Au pays des génies

La mise en service des voies navigables belges au gabarit de 1 350 tonnes a nécessité la mise en place d'un nouveau tronçon du Canal du Centre et la construction d'un ascenseur à bateaux. On y accède aujourd'hui en empruntant la sortie 21 de l'autoroute E19/E42 et en suivant la flèche « Pays de Génies ». Le Canal du Centre quitte le canal Charleroi-Bruxelles à hauteur de Seneffe et rejoint le canal Limy-Blaton-Péronnes en formant un grand bassin que l'on appelle le Grand-Large de Mons. L'amont de l'ascenseur de Strepv s'intègre dans un large bief de 43 km qui rejoint le plan incliné de Ronquières et l'écluse de Viesville. Ce bief, dit de partage, constitue la charnière entre les bassins de la Meuse et de l'Escaut. La porte de garde dite du Blanc-Pain, à la Louvière, doit empêcher la vidange accidentelle du bief : elle se situe à environ 5 km à l'amont de l'ascenseur de Strepv. Pour réunir le canal de Bruxelles provenant d'Anvers et alimenté par la Senne, et la Sambre, du côté de Charleroi, il fallait franchir une dénivellation de 73,15 mètres. Rachetant cette dénivellation, l'as-



L'ascenseur à Péniche.

prend l'ascenseur



censeur de Strepv-Thieu est le plus grand ouvrage du genre jamais construit dans le monde. On a en outre construit un pont-canal emprunté par les péniches sur une longueur de 580 mètres en enjambant la route.

L'ascenseur est en fait un ensemble de deux bacs totalement indépendants l'un de l'autre, chacun pesant 8000 tonnes. Un bac de 112 mètres de long, sur 12 mètres de large, dont les superstructures pèsent 2600 tonnes : il renferme environ 6 000 tonnes d'eau qui franchissent la dénivellée de 73,15 mètres en 7

minutes, avec une accélération maximale de $0,02 \text{ m/s}^2$, tant en montée qu'en descente... A l'évidence, la transaction complète dure plus de 7 minutes, puisqu'il faut que le bateau pénètre dans le bac. Il y a lieu en effet de soulever la porte du bief de partage, accouplée à celle du bac (deux masses de 78 tonnes

Descente d'une péniche.

chacune), d'amarrer le bateau ou la barge de 2000 tonnes qui pénètre dans le bac, puis de fermer les portes colossales. Ensuite, dès lors que le bac a franchi la dénivellée, il convient de rouvrir les portes : comptez trois quarts d'heure pour faire passer un bateau.

Le poids de chaque bac >>>

« Une péniche de **1350 tonnes** franchit la chute de **73 m** à une vitesse de **20 cm/sec** soit en **7 minutes.** »

>>> emplis d'eau est compensé par 7750 tonnes de contrepoids sur chaque rive. A titre de comparaison, la Tour Eiffel, clouée au sol, possède une charpente métallique qui ne pèse que 7300 tonnes pour un poids total de 10 100 tonnes. La construction de l'ascenseur a duré quelque vingt années, problèmes budgétaires et problèmes techniques ayant retardé le chantier. Au cours d'un congrès international qui eût lieu en 1980, l'inventeur de la pente d'eau mit en doute le choix fait par le ministre des Travaux publics : la reprise des études ne put se faire qu'un an plus tard. Un tremblement de terre est survenu à Liège en 1984, qui a remis en cause la stabilité du bâtiment. Dès lors, le chantier a été stoppé pendant dix-huit mois, le temps de

Le pont-canal emprunté par les péniches enjambe la route.

reprendre les notes de calculs, d'étudier les modifications nécessaires, mettre en place les dispositifs permettant à cet ouvrage d'art (bâtiment et pont) de résister à un séisme de force 6 afin d'éviter que les 8 millions de mètres cubes d'eau contenus en amont, ne s'échappent vers l'aval... Au demeurant, pour éviter toute fuite dans l'ascenseur reliant les 40 km de bief, une autre sécurité est apportée par une porte intermédiaire construite dans le canal, en amont de l'ascenseur. In fine, le projet a coûté à peu près 700 millions d'euros.

Imposante salle des machines

Cet ouvrage au caractère exceptionnel est aujourd'hui accessible au public. La visite est truffée de



A 73,15 mètres en contrebas : le bac s'apprête à remonter.

découvertes, comme les deux imposantes salles des machines, mécaniquement totalement indépendantes. Aucune liaison entre la rive gauche et la rive droite. Qu'un incident survienne sur une rive, et l'autre salle des machines est encore en état de fonctionner. « Ces salles sont conçues de façon à rendre leur indépendance aussi grande que possible : les automates de chaque rive ne dépendent pas de ceux de l'autre rive... C'est-à-dire à plus de 90% », explique Yves Malaise, attaché, délégué du ministère de l'Équipement et des Transports, maître d'ouvrage et responsable à ce titre du site, de la maintenance des équipements : « Nous n'avons qu'une seule alimentation électrique pour l'ensemble de l'ouvrage. De même, il n'y a qu'un seul système de contrôle commande qui crée l'interface homme-machine commune aux deux installations. »

Les mécanismes présents dans la salle des machines ne servent qu'à transvaser la charge du bac vers les contrepoids, donc de vaincre les efforts de frottement et de compenser éventuellement (en plus, ou en moins) la différence susceptible d'exister entre la masse des contrepoids et celle du bac dans lequel le niveau de l'eau n'est pas nécessairement constant. Il peut arriver que les bacs soient plus lourds que les contrepoids, de sorte que, selon le cas, les moteurs fonctionnent en moteurs ou bien en alternateurs renvoyant de l'énergie sur le réseau.

Les bacs sont réunis aux contrepoids par 144 câbles de gros dia-



mètre (85 mm). Ceux-ci sont d'une part attachés aux bacs, et de l'autre ils reviennent dans la salle des machines. Une partie de ces câbles passe sur des poulies libres, d'autres diraient folles (il y en a 7 au total), et redescend vers le contrepoids auquel ils sont attachés. L'autre fraction des câbles passe sur des treuils autour desquels ils s'enroulent ou se déroulent.

La salle des machines renferme également quatre moteurs asynchrones de 550 kW pilotés par des variateurs électroniques de fréquence travaillant par modulation de largeur d'impulsions entre 0 et 5 Hz (au-delà, on retrouve le fonctionnement d'un variateur classique), et permettant de faire évoluer la vitesse de rotation entre 0 et 1000 tr/min. « Un pilotage dans les 4 quadrants, précise Yves Malaise. Lorsqu'ils fonctionnent en freins, c'est-à-dire lorsque le bac qui descend est plus lourd que les contrepoids, ils renvoient de l'énergie au réseau. » Ces variateurs de fréquence ont été installés voici 15 ans : à l'époque la technologie électronique était fondée sur les thyristors, seule alternative performante envisageable, et il fallait bien accepter les limites de fréquences de commutation qui les accompagnaient, alors qu'aujourd'hui, avec les IGBT, on pourrait sans difficulté franchir la barre des 5 Hz et gérer des puissances beaucoup plus importantes.

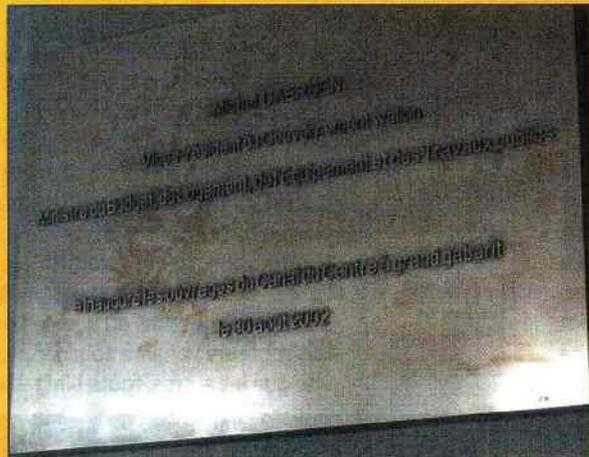
Garantir l'horizontalité

Deux jeux de boîtes de vitesses sont disposés entre les moteurs et les treuils. Directement accouplée au moteur, la première de ces boîtes est le réducteur « grande vitesse » qui transforme la vitesse de rotation du moteur de 1000 tr/min initialement, à un peu moins de 100 tr/min. Tous les moteurs sont couplés à la sortie de ces réducteurs par un arbre de synchronisation. Celui-ci pénètre alors dans le réducteur « petite vitesse » pour sortir à un petit peu moins d'un tour par minute, sur des engrenages de grand diamètre (4,80 m). « A l'évidence, ajoute Yves >>>

UNE AVENTURE INDUSTRIELLE

LA BELLE HISTOIRE DU FUNICULAIRE DE STREPY-THIEU

L'aventure de Strepy a commencé le 22 décembre 1978 par la signature du « contrat-cadre pour l'étude et l'établissement du projet et l'exécution des ouvrages de franchissement de la chute de Strepy-Bracquegnies » entre l'Etat belge et un consortium d'entreprises mené par ACEC. Le premier contrat de travaux est signé en octobre 1981. Pas moins de 87 contrats partiels seront nécessaires pour l'ensemble des travaux. Mais, rappelle Michel Mourue, chef de projet Cegelec, « avant l'inauguration officielle en septembre 2002, le consortium connaît de multiples vicissitudes que ACEC puis Cegelec devront gérer - régionalisation des travaux publics, coups de freins budgétaires, faillite de partenaires puis relance des travaux par la création de la Sofico et la renégociation des contrats en 1985 ». Gérant du consortium, Cegelec a été entrepreneur général et a fourni (avec sous-traitance) tous les équipements électriques, électromécaniques, oléohydrauliques et tous les équipements de contrôle commande et de supervision.



Strepy est le plus grand ascenseur à bateaux du monde tant par la hauteur de rachat que par la taille des bateaux qu'il déplace. Impressionnant, le bâtiment fait 117 m de haut, 140 m de long, 85 m de large pour un poids de 300 000 tonnes (la tour Eiffel pèse 7000 tonnes). La surface au sol des fondations est d'un hectare !

Deux bacs, fonctionnant indépendamment l'un de l'autre, permettent le franchissement de la chute de 73 m à une vitesse de 20 cm/sec soit en 7 minutes. Ils autorisent chacun le passage d'une péniche de 1350 tonnes ou d'une barge de 2000 tonnes avec son pousseur ou encore de deux péniches de 650 tonnes ou de quatre péniches de 350 tonnes. La durée d'un demi-cycle, c'est-à-dire la montée d'un bateau, est d'environ 38 minutes.

Chaque bac - 118,6 m de long, 16,5 m de large et 8 m de haut - pèse 8150 tonnes rempli d'eau : il est équilibré par 8 contrepoids de suspension de 835 tonnes et 8 contrepoids de commande de 178,5 tonnes. Chaque bac est suspendu à 144 câbles d'un diamètre de 85 mm.

Les mécanismes de commande des bacs - moteurs d'entraînement, réducteurs, tambours, poulies - sont installés dans la salle des machines à 80 m au dessus du niveau du bief aval. Quatre moteurs de 550 kW tournant à 994 t/min suffisent pour assurer la translation d'un bac. Ceux-ci entraînent quatre réducteurs « grande » vitesse lesquels entraînent à leur tour 8 treuils constitués chacun d'un réducteurs « petite » vitesse dont l'arbre de sortie tourne à 0,798 t/min. et de deux tambours-moteur de 4,8 m de diamètre. L'ascenseur de Strepy a nécessité le tirage de 750 km de câbles, la pose de 13 km de passerelles, plusieurs dizaines de tableaux électriques qui mis bout à bout mesureraient 200 m, la réalisation de 120 000 connexions, 27 automates de contrôles et 6 automates passerelles.

>>> Malaise, ce rapport de réduction de vitesses correspond au taux de multiplication du couple moteur (aux pertes mécaniques près). »

Quatre moteurs... Une boucle de synchronisation... On ne connaît pas a priori la valeur du couple qui pénètre dans le réducteur de grand diamètre. C'est donc pour limiter le couple reçu, que l'on limite la charge appliquée en dissociant le contrepoids tenu par les 7 poulies libres, du contrepoids tenu par le treuil. La disposition adoptée permet de limiter la charge à la sortie du treuil, et de maîtriser la valeur du couple appliquée sur le réducteur. L'horizontalité de chaque bac est essentielle. Si l'on ne parvenait pas à maîtriser cette horizontalité, l'eau s'accumulerait alors d'un côté avec des conséquences dramatiques. Pour garantir en permanence l'horizontalité du bac, il est fait usage de mesures électroniques : la vitesse de rotation de chacun des moteurs est mesurée en permanence et le moindre écart entraîne l'arrêt du système. La mesure permanente de la vitesse de rotation des tambours permet de s'assurer de la parfaite égalité de ces vitesses. Enfin des mesures



Poulie destinée à être réparée : le cordon de soudure du voile sur le moyeu a cédé.

Dans la salle des machines. Les équipements de couleur bleu foncé sont les moteurs de 550 kW.

de niveaux d'eau sont prises sur chaque bac. « Nous disposons de six sondes de niveau d'eau qui nous permettraient de détecter l'accumulation d'eau d'un bord, et non de l'autre, traduisant l'impérieuse nécessité d'arrêter le bac. »

Pour se prémunir contre un risque de défaillance des composants électroniques, on a prévu une protection mécanique ultime fournie par l'arbre de synchronisation. Les quatre moteurs sont en effet couplés au travers de cet arbre de synchronisation, ce qui garantit l'égalité de vitesses de chacun des treuils donc l'horizontalité du bac. Si l'un des moteurs venait à tourner plus vite que les autres, toute l'installa-

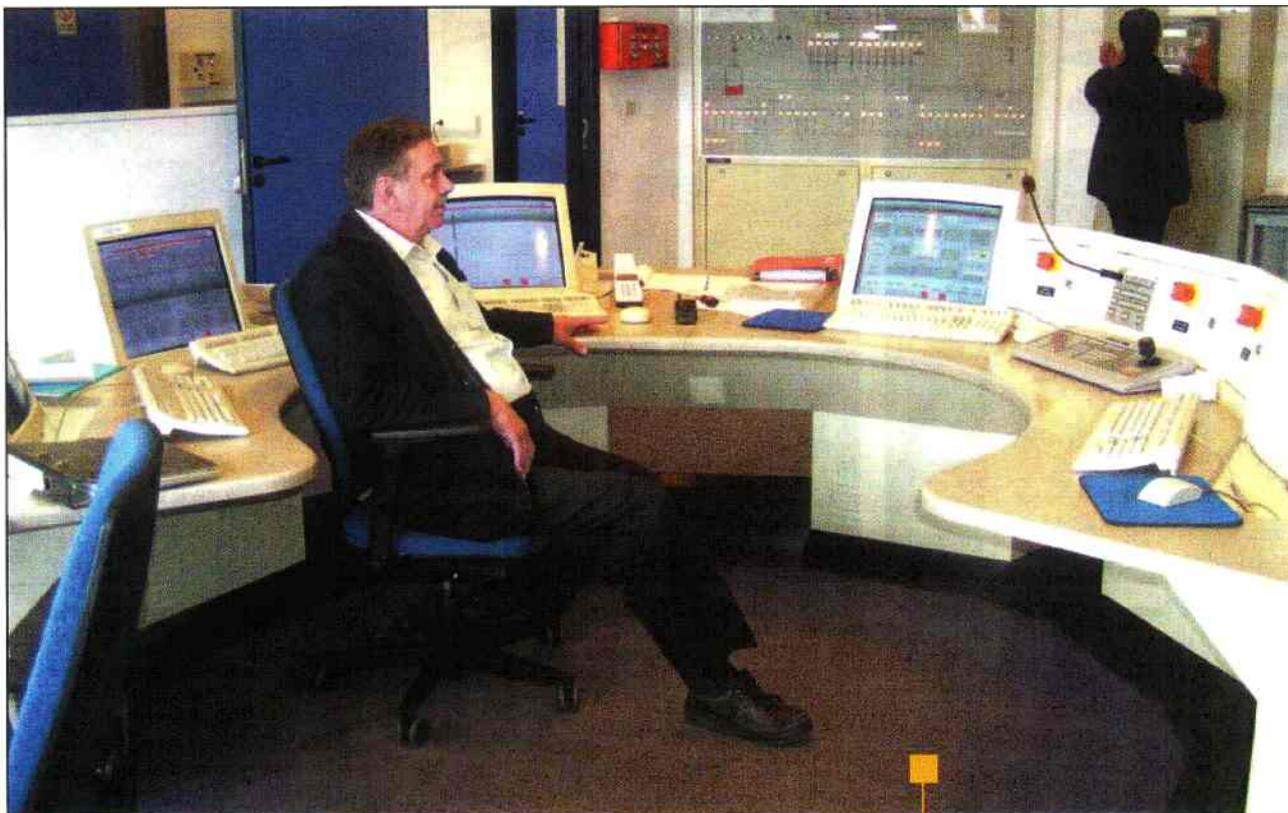
tion s'arrêterait. Le cahier des charges prévoit toutefois la possibilité de fonctionner avec la boucle mécanique de synchronisation ouverte. Démarrer, freiner le bac, voire même l'arrêter, tout est intégralement géré par les moteurs dont on gère la variation de vitesses dans les 4 quadrants. Dans la salle des machines, apparaissent aussi des freins de manœuvre : ce sont de grands freins à tambour que l'on applique en temps normal, toujours à vitesse nulle. Ces freins ont été dimensionnés pour pouvoir intervenir en arrêt d'urgence, par exemple qu'une coupure de courant survienne lorsque le bac est en mouvement et les freins viendraient immédiatement s'appliquer.

Une maintenance exemplaire

Cet impressionnant ouvrage est maintenu par 15 à 20 personnes. Aidé du progiciel de GMAO Carl Master, implanté à Strepny depuis septembre 2002 sur six postes de travail, et toujours en cours de montée en puissance. « Nous utilisons déjà, dans d'autres installations du ministère, un outil de maintenance articulé autour de ce progiciel, admet Yves Malaise, et nous l'avons adopté sur l'ensemble de nos sites, les écluses, les ouvrages d'art qui s'étendent de Liège, jusqu'à Moucron. » Carl Master est en effet exploité par les Ateliers de Mons et de Liège, par un nouvel atelier à Namur, par le plan incliné de Ronquières, par des barrages...

Ici, à Strepny, le progiciel gère les stocks, les travaux, la comptabilité, les ressources humaines, ainsi que les achats auprès des fournisseurs. « Nous sommes encore loin d'exploiter la totalité des possibilités offertes par le progiciel. » Certes, il est des modules qui ne seront guère utilisés, notamment celui de la comptabilité, puisque le service idoine a son propre système de gestion. La génération des bons de commande aux fournisseurs n'est guère exploitée pour le moment, car il est nécessaire d'encoder au préalable tous les articles, ce qui n'est pas encore le cas : cette fonc-





tion est néanmoins d'ores et déjà mise en œuvre sur d'autres sites fonctionnant déjà depuis de nombreuses années.

« *Essentiel ! L'arborescence des installations*, insiste pour sa part Eric Dekoninck, contract manager chez Cegelec à qui revient la charge de maintenir l'installation. *Les matériels ont été répartis entre la rive droite et la rive gauche, le bâtiment de service, les communs, les matériels mobiles (ceux qui ne sont pas attachés au site : un camion, une nacelle)...* ». Les articles maintenus ont été définis en priorité dans Carl Master, ainsi que des liens pouvant les rattacher aux fournisseurs...

La première urgence se trouvait être la gestion des stocks renfermant plus de 2150 références d'articles aujourd'hui encodées dans la GMAO, sachant qu'à terme, on se dirige vers les 10 000 références.

Leurs caractéristiques viennent compléter la base d'articles où peuvent figurer des liens vers une documentation technique contenue dans un fichier PDF. Certaines références correspondent par ailleurs à des pièces mécaniques lourdes qui ne bougent quasiment pas : elles restent en réserve et sont stockées à des étages intermédiaires de façon à pouvoir, le cas échéant, être soulevées par des grues. Il en est bien d'autres (les interrupteurs, les bobines de câbles...) dont le taux de rotation est plus élevé et qui ont été introduites en priorité dans le logiciel.

Plan de maintenance évolutif

Des règles de réapprovisionnement de chaque article ont été introduites de façon à ce qu'un seuil minimal

Salle de contrôle : c'est le système ACEC (aujourd'hui Cegelec) qui assure la supervision de l'ensemble des installations et la maintenance du site. Les alarmes de tous les coffrets électriques sont renvoyées ici. Les organes de sécurité ont été triplés de sorte que le système de contrôle effectue un vote majoritaire de 2 de 3 avant d'exécuter une tâche.

soit maintenu en permanence dans le stock. « *Une fois par semaine, développe Yves Malaise, nous scrutons les demandes de réapprovisionnement établies par Carl Master de façon à lancer effectivement les achats auprès de quelque 150 fournisseurs... Là encore, ce nombre évolue chaque jour : les fournisseurs sont encodés au fur et à mesure que les pièces sont elles-mêmes encodées.* » La gestion des OT/BT (Ordres de Travail et Bons de Travail) est au cœur du second module de Carl Master. Cette gestion concerne tant les travaux de maintenance préventive qui donne lieu à des OTP (Ordres de Travail Préventif), que la maintenance corrective.

Les OTP ont d'ores et déjà été pré-encodés dans la GMAO, à l'issue d'une étude menée par l'Association de Maintenance sous la responsabilité de Cegelec, de manière à dégager les opérations de maintenance préventive à exécuter sur chacun des organes de l'installation, et la fréquence correspondante. « *Nous avons dénombré 6000 points de maintenance préventive systématique qui ont été >>>*

« La gestion des stocks et pièces compte **plus de 2150 références** encodées dans la GMAO, et à terme **10 000 articles.** »



Eric Dekoninck, contact manager chez Cegelec.



Jean-Charles Dallaturca, project manager chez Cegelec, responsable de l'association (Cegelec, CMI et VCI) chargée de la maintenance de l'ascenseur à péniches.



Yves Malaise, représentant le maître d'ouvrage.

>>> regroupés en 575 fiches de maintenance », commente notre guide. Chaque fiche de maintenance décrit les opérations à réaliser sur plusieurs points de maintenance préventive susceptibles d'être mis ensemble. A titre d'exemple, il a été possible d'as-

surer le regroupement des différents points de graissage, plutôt que d'établir une fiche par point de graissage. On bénéficie ainsi d'une vision à court, moyen ou long terme des travaux à effectuer. La GMAO édite automatiquement les opérations à réaliser et mentionnées dans

les fiches. Ultérieurement, il y aura lieu d'adapter la maintenance préventive aux besoins, à l'évolution des installations. Le plan de maintenance ne peut rester figé : le nombre de points de maintenance préventive sera adapté aux réalités du terrain. Les travaux de maintenance corrective concernent des dysfonctionnements constatés suite à des maintenances préventives ou bien des pannes découvertes lors des rondes d'inspection. « Il revient au technicien des méthodes d'écrire chacun des bons de travaux, développe Yves Malaise. Chaque jour, il établit 3, 4 ou 5 demandes d'intervention ». « Un troisième type de bon de travail correspond aux interventions exigées par des pannes imprévues, et pour lesquelles il y a lieu de réagir sans tarder », dit enfin Jean-Charles Dallaturca, « project manager » chez Cegelec. « On a dénombré au cours des neufs mois de 2003 pendant lesquels la GMAO a été opérationnelle, quelque 170 bons de dépannage, contre 1400 bons préventifs. » L'efficacité de la maintenance est évidente : en 2002-2003, le site a enregistré 22 heures d'arrêt de navigation. Une année après, ce chiffre tombait à 6 heures...

Marc Ferretti

FOCUS

CEGELEC ET ASSOCIÉS

L'Association de Maintenance regroupe Cegelec, VCI (Van Cleemput Industries, aujourd'hui au sein du groupe Fabricom) et Cockerill Mechanical Industries, un consortium créé pour la durée du contrat (signé pour 3 ans). « Cegelec est le gérant administratif de la société momentanée », avance Eric Dekoninck, Contract Manager, Jean-Charles Dallaturca étant responsable de la maintenance pour l'ensemble. Aujourd'hui, Cegelec assure la maintenance des appareillages électriques et hydrauliques ainsi que des automatismes et de la supervision, tandis que les deux sociétés avec lesquelles Cegelec s'est associé s'occupent de la partie mécanique. Au total, 10 personnes opèrent ici en permanence : 6 électriciens, hydrauliciens et automatismes pour Cegelec, et 4 autres pour la mécanique. « Nous nous devons d'être disponibles 24 heures sur 24 en cas de panne de nuit. »

« Un contrat de service est indispensable, car le ministère ne fait pas appel à son personnel pour assurer la maintenance du site, explique Yves Malaise, la durée de 3 ans correspond aux règles des marchés publics belges pour lesquelles l'Etat ne s'engage jamais pour plus de trois années. » De son côté, Eric Dekoninck gère les contrats de maintenance de Strepy mais aussi des installations d'automatisme et de systèmes de contrôle commande dans le domaine des bandes transporteuses pour la métallurgie et de l'industrie « Au total, ces activités de maintenance mobilisent environ 50 personnes. »

Logiciel de GMAO CARL Source

Profitez d'une GMAO adaptée à votre secteur d'activité

Industrie

Logiciel de GMAO pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique, aéronautique, automobile...

[CARL Source Factory](#)

Immobilier

Logiciel de Gestion technique du patrimoine immobilier, des infrastructures et réseaux des entreprises du secteur tertiaire.

[CARL Source Facility](#)

Santé

Logiciel de GMAO pour le secteur de la santé et la gestion des équipements biomédicaux.

[CARL Source Santé](#)

Transport

Logiciel de GMAO pour le Transport et les flottes de véhicules : métros, bus, tramways, engins, camions...

[CARL Source Transport](#)

Collectivités et Administrations

GMAO et GTP pour les collectivités territoriales et administrations.

[CARL Source City](#)

Paroles d'experts
en GMAO

FAQ
Nos réponses à vos questions
les plus fréquentes sur la GMAO

Success Stories

Découvrez les témoignages des utilisateurs de nos logiciels de GMAO

Renault Trucks



[Découvrir la Success Story](#)

Les îles Paul Ricard



[Découvrir la Success Story](#)

ArcelorMittal SSC



[Découvrir la Success Story](#)

Vous souhaitez plus de renseignements sur nos solutions de GMAO ?

[Demander une documentation](#)



www.carl-berger-levrault.fr