

## Les dessous de la Grande Dame

**Que serait Paris sans la Tour Eiffel ? Le nom de la France est toujours associé à celui de la Tour Eiffel, surnommée souvent la Grande Dame. Et pourtant saviez-vous qu'il était prévu lors de sa construction de la démonter vingt ans plus tard ?**

Lorsque l'on parle de la Tour Eiffel, tout le monde sait qu'elle a été construite pour l'exposition universelle de 1889. Une date symbolique pour notre pays qui célébrerait ainsi le premier centenaire de la révolution. Le cahier des charges de l'époque était simple, il fallait concevoir une tour de 1.000 pieds de haut. Même si le système métrique était en place, la notion de pieds était plus parlante.

Plus de cent candidats se sont précipités pour obtenir le fameux sésame, sachant que le premier prix obtiendrait une bourse de 1 million de francs Or, soit environ 20 millions d'euros d'aujourd'hui. Vous connaissez une partie de la suite, Eiffel remporta le concours, emprunta environ 3 millions de Francs OR et en mit autant de son côté. Seulement,

le résultat du concours ne fit pas que des heureux, la Tour gênait tous les riverains, et une lourde bataille s'ensuivit.

C'est ainsi qu'elle ne put être érigée qu'à la condition expresse d'être démontée, vingt ans plus tard. A Eiffel de trouver les moyens de rentabiliser son investissement entre temps. Ce qu'il fit avec beaucoup de clairvoyance, puisqu'il mit moins de 6 mois pour rembourser ses emprunts.

Pour y parvenir, il n'a pas hésité à mettre en place des ascenseurs destinés à desservir les différents étages. Il faut se reprojeter à cette époque, pour comprendre l'audace d'Eiffel. En 1889, Otis était en train de faire breveter ses systèmes parachutes. De plus, la Tour Eiffel

n'étant pas un simple plan incliné mais conçu avec une pente variable de 50° à 10°, il fallait rajouter au système d'ascension un moyen de garder l'horizontalité de la cabine, quelle que soit la pente.

### QUATRE PILIERS AVEC ASCENSEUR

Dès l'origine, chaque pilier a intégré un ascenseur. Dans les piliers Est et Ouest, des ascenseurs qui desservaient le 1er étage furent installés par l'entreprise française Roux, Combaluzier et Lepape. Peu efficaces, ils furent remplacés en 1899 par des ascenseurs hydrauliques construits par Fives-Lille.

L'entreprise américaine Otis a fourni les ascenseurs des piliers Nord et Sud qui desservaient le deuxième étage. Bien inférieurs à ceux fournis par Fives-Lille, ils furent aussi remplacés : celui du pilier Sud en 1900 et celui du Nord peu après 1912 quand son moteur est définitivement tombé en panne. Il faudra attendre 1945 pour voir Schneider Creusot Loire installer au pilier Nord, un nouvel ascenseur, lequel verra l'ajout d'un contrôle automatisé en 1995.

L'ascenseur du pilier Sud est remplacé en 1983 par un ascenseur électrique d'Otis de petite dimension réservé aux clients du restaurant « Jules Verne ». En 1989, un ascenseur de quatre tonnes pour le service est installé par Otis pour soulager les autres ascenseurs principaux.

Restait à atteindre le troisième étage, 160 mètres plus haut que le deuxième. En 1889, il a été conçu une cabine qui portait 110 passagers pour un poids maximum de 8 tonnes. La cabine supérieure était poussée par un piston hydraulique de 81 mètres de course tandis que la cabine inférieure formait le contrepoids. Il fallait changer de cabine à mi-parcours et attendre le cycle inverse.

Techniquement, le résultat était impressionnant, seulement il restait un problème majeur, cet ascenseur était dépendant de réservoirs d'eau qui assuraient la force hydraulique nécessaire. Et, en raison du gel, l'ascenseur ne pouvait fonctionner que de novembre à mars. Il fut remplacé en 1982 par deux cabines électriques, de quoi répondre à la demande de fréquentation toujours

- ◆ La tour Eiffel mesure aujourd'hui 324 mètres, y compris l'antenne de télévision à son sommet, accueille plus de 6.000.000 de visiteurs tous les ans.
- ◆ 5.000 visiteurs maximum en même temps (500 au sommet, 1.500 au deuxième étage et 3.500 au premier).
- ◆ La Tour compte 1665 marches jusqu'à son sommet (1710 à l'origine). La hauteur de la tour augmente de 6 à 7 cm par temps chaud et se rétracte par basses températures. L'oscillation, au sommet et par grands vents, ne dépasse jamais 12 cm.
- ◆ En quelques années, le taux de panne est passé de 1,5 % en hydraulique à 0,5 % en électrique.

plus importante. Hier 65 personnes étaient montées en 4 minutes, aujourd'hui ce sont 4 cabines de 22 personnes qui font l'ascension en 1 minute et 40 secondes.

## PAS DE DÉMONTAGE

Contrairement à ce qui avait été prévu, la Tour Eiffel n'a pas été démontée, bien au contraire. Gustave Eiffel voyant l'échéance arriver, chercha par tous les moyens à reculer l'échéance. Il réussit l'un de ses coups de maître, à savoir mettre en place une installation de radiocommunication tout en haut de l'édifice. Il démontra aux militaires qu'ils pouvaient disposer d'une antenne de 300 mètres de haut en plein cœur de Paris avec la possibilité de communiquer jusqu'à la frontière de l'Est. Le manque de budget spécifique à la démolition, apporta la goutte d'eau nécessaire pour repousser le démontage de la Grande Dame.

Et aujourd'hui les ascenseurs imaginés par Eiffel sont devenus les « tiroirs-caisses » de l'édifice. Mais près de 120 ans plus tard, il faut maintenir le tout et si possible introduire le maximum de nouvelles technologies, sachant qu'il faut respecter un certain nombre de contraintes qui ont failli, dans le passé, coûter la vie à la Tour.

Par exemple, le poids de base était de 10.000 tonnes, et Eiffel avait prévu une marge de 2.000 tonnes en raison du givre qui lors d'un fort hiver aurait pesé sur les structures. Une précaution oubliée dans les années 30 ou l'on a décidé de remplacer le sol en acier par du béton, alourdissant la Tour de 1.500 tonnes supplémentaires. Lors du grand froid de 1979, les 2.000 tonnes de givre vinrent se rajouter, et une première poutre commença à flamber.

Ce fut le signal de la mise à plat de tous les éléments. L'acier revint et remplaça le béton, on vit arriver des systèmes de mesure par fibre optique permettant de suivre le déformation de la tour en temps réel. De quoi remarquer les changements lors d'un fort soleil sur l'une des faces, mais surtout de valider que d'une année sur l'autre les résultats sont similaires. Un appel d'offres est actuellement en cours de finalisation pour assurer un suivi global du monument, avec une modélisation permettant de suivre les plus fortes contraintes, avec la mise en place de jauges de contraintes.

Car bien qu'ayant réduit le poids au maximum, il faut tous les sept ans rajouter une couche de peinture, soit 10 tonnes supplémentaires. Aujourd'hui, la peinture représente près de 200 tonnes. Cette épaisseur de peinture reste un moyen de préserver l'ensemble de la Tour, mais aujourd'hui les responsables souhaitent également trouver les moyens de valider les contraintes au cœur même du métal.

## UNE ÉQUIPE DE PLUS DE 40 PERSONNES

Le passage de l'énergie toute hydraulique à l'électrique a poussé les techniciens à mettre en place une véritable station électrique, avec 20.000 volts disponibles, secourue par trois groupes électrogènes se mettant en route automatiquement en cas de coupure électrique. En dehors des ascenseurs, l'électricité va servir à l'éclairage mais aussi à monter l'eau à 300 mètres de haut.

Sur place ce sont 40 techniciens et 5 cadres qui gèrent tous les aspects automatisés et maintenance avec des lo-

giciels InTouch pour la partie supervision de la Tour, une licence Carl International pour la maintenance et principalement du matériel Schneider Electric pour les automatismes de terrain, la GTB étant confiée à Siemens. « *Au total ce sont 1.200 entrées-sorties, 200 entrées de sécurité et 350 capteurs qui sont utilisés uniquement pour la partie ascenseurs* » précise Yves Camaret, directeur technique de la société d'exploitation de la Tour Eiffel.

Les automatismes ont permis de gagner du temps, par exemple les ascenseurs originels utilisaient un système de poulies avec trois câbles qui maintenaient la cabine. Seulement ces câbles étaient liés au sol, et il fallait mettre la cabine à niveau en fonction du nombre de personnes et de la tension des câbles, c'était l'un des rôles du liftier qui était à bord de l'ascenseur. Aujourd'hui, ce travail a été remplacé par trois vérins hydrauliques qui stabilisent la cabine à la bonne hauteur de façon plus rapide qu'auparavant. Un automate programmable Schneider étant embarqué dans chacune des cabines pour réaliser l'opération, Modbus TCP/IP servant de réseau de communication.

« *Nos automatismes sont toujours doublés pour des raisons de sécurité* » explique Fabrice Fevai, chef du service moyen d'ascension de la société d'exploitation de la Tour Eiffel. Les algorithmes prévoient qu'en cas d'informations discordantes entre les deux systèmes de contrôle/commande, trois types d'arrêt peuvent se produire. Soit aucun incident ne peut arriver avant la prochaine étape et une fois arrivé à cette étape l'ascenseur sera arrêté. Soit aucun incident n'est à prévoir mais la cabine doit être arrêtée

en plein milieu du cycle, en attendant de valider les éléments, bien entendu les passagers restant à bord il sera impératif de faire vite. Soit un freinage d'urgence est diagnostiqué et il est appliqué immédiatement. Une dernière solution qui n'a été utilisée, jusqu'à maintenant, qu'en phase de test.

## ET DEMAIN, LE SANS-FIL

Et les techniciens n'ont pas froid aux yeux, ils sont en phase de validation d'une solution d'automatisme embarquée qui ne ferait plus appel à du filaire, mais utiliserait les technologies sans-fil, de quoi faire des gains de câbles, mais également de poids transporté. Les premiers tests, malgré un environnement tout en métal, ont montré que la solution était tout à fait viable, cela malgré la pente non linéaire de la tour empêchant d'avoir des antennes correctement positionnées en permanence.

La sécurité sera assurée au travers d'un réseau SafeEthernet. Quant aux câbles, ils seront de technologie rayonnante comme pour les applications dans les tunnels (le champ rayonné par une antenne subit une atténuation qui croît suivant une loi exponentielle, en fonction de la distance et supporte de multiples réflexions. Les câbles rayonnants permettent d'obtenir un champ homogène, réparti sur toute la longueur et constituent ainsi une antenne de grande dimension).

Et si les automatismes ont apporté de la fiabilité, il reste encore des parties en sous-sol dont l'étanchéité est assurée par un mélange de chanvre et de suif. Certaines vannes ont encore des joints en cuir qu'il faut changer tous les deux ans.