

Restauration de la tour Chappe du Trou d'Enfer : entre fidélité et adaptation

François Semichon
Architecte DPLG

L'intervention sur la restauration de la tour du Trou d'Enfer a débuté officiellement en février 2006 grâce à la ténacité conjuguée de quelques personnes et malgré les aléas habituels pour le financement des travaux. Cette station est caractéristique de la remise aux normes de la ligne de Brest vers 1836 telle qu'elle apparaît sur un dessin de Gaillot 1842. Elle est construite sur un plan carré d'une hauteur de 10 m à l'arase des murs. La couverture est de type à pyramide tronquée avec le mât-montant

du mécanisme situé dans la diagonale du carré (figures 1 et 2).

La restauration de cette tour a été l'occasion de la re-découverte d'un bâtiment devenu inaccessible pour des questions de sécurité où seul le rez-de-chaussée était visitable. La tour menaçait de s'écrouler à tout moment. Le matin, chacun était étonné de la voir encore debout. Ce sentiment fut particulièrement accru les jours de tempête. C'est donc un chantier



Photo ECM.

FIG. 1 – Tour du télégraphe du Trou d'Enfer, avant les travaux (avril 2007).



Photo Michel Bertrand.

FIG. 2 – Tour du télégraphe du Trou d'Enfer, après les travaux (avril 2008).

où nous sommes partis à la découverte de nombreux points importants restés obscurs concernant les matériaux utilisés et leur état : la charpente, la croix de Saint-André, les planchers, le conduit de cheminée, la position de la sortie de ce conduit, le type de tuiles, la position des boîtes à lunette, etc. Ce fut un travail à réaliser avec l'intervention minutieuse des entreprises pour ne pas masquer d'éventuelles découvertes, et le partage des choix dut répondre à la fois à une recherche archéologique et à la nécessité d'adapter la tour à sa nouvelle vocation, c'est-à-dire lui faire jouer un rôle pédagogique avec ouverture au public. Cette adaptation étant, bien sûr, liée au problème de sécurité des visiteurs avec des groupes de 15 à 20 personnes.

La façade sud-ouest vers les Clayes-sous-Bois était la plus fragilisée, le conduit de cheminée central dans l'épaisseur du mur créait une véritable saignée dans la maçonnerie. Ses parois externes et internes n'étaient épaisses que de 10 à 12 cm sur une hauteur de 10 mètres. En 1852, le télégraphe cesse de fonctionner. Après 1853, lors de l'aménagement de la tour en poste d'observation pour l'administration forestière, cinq baies sont créées au rez-de-chaussée et au dernier niveau. Le conduit de cheminée est prolongé sur le toit avec la construction d'une souche. La chute de cette souche a laissé un trou béant prédisposant à l'éboulement de l'édifice. Heureusement le faible poids de la couverture en tuiles mécaniques a joué un rôle retardateur au risque d'effondrement.

La première intervention sur le site a donc été de sécuriser le bâtiment par la construction d'un ensemble de butons triangulés formant des appuis sur les trois premiers mètres de hauteur, par la pose d'étrésillons sur chaque baie et, en complément, la pose de cerclages métalliques à mi-hauteur de la tour et à 9 m soit à 1 m sous l'arase des murs. Après la construction des échafaudages extérieurs, la seconde intervention fut la dépose de la couverture et des pierres de corniches de l'arase, en équilibre instable, afin éviter les chutes de matériaux. La mise en œuvre de l'échafaudage intérieur et l'étalement des planchers est intervenu ultérieurement après le dégagement des sols en pavés de terre cuite, partiellement effondrés par des galeries de lapins (figure 3).

Les travaux de restauration purent alors commencer. Il est important de préciser que les



Photo ECM.

FIG. 3 – Installation de l'échafaudage (juillet 2007).

choix comparatifs décrits ci-après sont pris en connaissance de cause. Ce qui est acceptable pour un usage normal avec deux ou trois stationnaires peut-il être maintenu et restauré avec des visites de groupes de 20 à 30 personnes ? La solidité de la tour a été privilégiée et les choix ont porté sur :

- la conservation ou non de l'usage du conduit de cheminée ;
- la réalisation d'une dalle de mortier de chaux sous le pavage du rez-de-chaussée ;
- le maintien à l'identique ou non de la section des solives et du sommier de soutien de la croix de Saint-André ;
- la conservation des baies ouvertes en 1853 ;
- la création d'escaliers, suivant les recommandations du service départemental de secours et d'incendie (SDIS), en remplacement des trappes de 80 x 120 cm et des échelles de meunier inclinées à 60° ;
- la mise en place d'éclairage de sécurité, de détection d'incendie, de téléphone d'alerte, d'extincteur, de poteau d'incendie à moins de 600 m de la tour, la création d'une route d'accès pour les véhicules de secours ;
- l'emploi de matériaux assurant le coupe-feu des structures.

Quant à la construction du mécanisme, elle a été réalisée suivant les recommandations de Michel Ollivier à partir des plans qu'il a déposés à la FNARH.

▪ LA MAÇONNERIE

La qualité des fondations, constituées d'un liage homogène de moellons sans fissuration et d'une excellente cohésion, nous a rassurés et la tour repose sur un terrain incompressible de sable argileux. L'ensemble de la maçonnerie est en moellons de pierres de meulière

hourdées par un mortier de pose qui est un mélange de plâtre gros et de chaux. Ce mortier, très répandu en Île-de-France, a l'avantage de sécher rapidement et de permettre la construction rapide de murs sur de grandes hauteurs. Nous avons constaté que la façade nord-ouest ne présentant pas de fissuration, avait pourtant une maçonnerie constituée d'un empilage de moellons avec très peu de mortier d'assemblage. Ceci indique que la surélévation de 1836 avait été réalisée sur une maçonnerie fragile datant du premier télégraphe de 1798.

L'épaisseur à la base des murs est de 50 cm et l'épaisseur en partie haute de 43 cm. Les linteaux en chêne des baies, formés par trois pièces de bois de 150 x 150 mm de section, ont dû être remplacés ainsi que les appuis de baies en pierres de Saint-Pierre-Aigle avec débord extérieur de 5 cm formant goutte d'eau. Le travail lent de reprise des maçonneries s'est effectué en sous-œuvre m² par m² pour maintenir la stabilité de l'édifice.

Le foyer de la cheminée et la légère saillie intérieure du conduit ont été restaurés (figure 4). Seul l'intérieur du conduit a été conforté par un remplissage en moellons de meulières. Les quatre baies de la façade sud-ouest ouvertes en 1853 ont été rebouchées mais celle de la façade nord-est, au dernier niveau et créée aussi en 1853, a été conservée afin de maintenir la vue du paysage vers la ferme du Trou d'Enfer. Après la dépose des planchers à chaque niveau, un chaînage périphérique intérieur a été réalisé pour conforter l'ensemble de la structure et servir d'appuis aux nouvelles solives en chêne.

▪ L'ARASE MAÇONNÉE ET LA CORNICHE

Les murs, au niveau de l'arase, étaient montés avec de larges pierres de meulières plates de 50 à 60 cm de diamètres pour certaines et débordant vers l'extérieur pour former l'ébauche de la corniche. La finition de cette corniche, réalisée en mortier de plâtre et chaux, recouvre ces pierres et permet la protection des murs contre la pluie. De nombreux fragments de braise se retrouvent inclus dans ce mortier. On n'a pas retrouvé, ici, de morceaux de tuiles comme aux stations voisines de la Queue-en-Yvelines et de Bourdonné.

▪ LES BOÎTES À LUNETTES

Une découverte inattendue a été réalisée au cours des travaux. Les traces des deux boîtes



Photo Michel Bertrand.

FIG. 4 – Vue intérieur du rez-de-chaussée, après les travaux (avril 2008).

à lunettes ont été retrouvées mais, contrairement à ce que nous connaissions de la tour de la Queue-en-Yvelines où une boîte à lunette rectangulaire en bois est encore en place, celles de la tour du Trou d'Enfer étaient cylindriques, probablement en métal et d'un diamètre de 160 mm.

Cependant, sur chacune des orientations, il a été constaté deux empreintes distinctes se chevauchant parallèlement à 5 cm d'écart. Ces deux empreintes indiquent une modification ultérieure sur chaque orientation. Pour déterminer la dernière orientation utilisée, il a été déduit que les boîtes à lunettes d'origine, sont celles dont la trace d'enduit conservé correspond à un coulis de plâtre. Ce coulis ne pouvant être réalisé qu'à la construction du mur. La deuxième trace de boîte à 5 cm de décalage est scellée beaucoup plus grossièrement. Elle correspond à un scellement au mortier mis en place alors que le mur est déjà construit. C'est cette correction, que nous avons conservée, laissant supposer que la dernière modification était la bonne.

Lunette vers les Clayes-sous-Bois : l'empreinte d'origine est à 1,45 m du plancher, la lunette rectifiée est à 1,53 m (figure 5). Lunette vers le Mont-Valérien : l'empreinte d'origine est à 1,55 m et à 1,50 m pour la lunette rectifiée.

▪ LA FABRICATION

ET LA POSE DE LA CHARPENTE

Lors du démontage de la charpente de 1853, il est constaté que les pièces de bois de la charpente du télégraphe n'ont pas été réutilisées. Cependant, trois éléments importants sont encore en place : la poutre formant sommier, la croix de Saint-André et un départ d'arbalétrier



Photo ECM.

FIG. 5 – Empreinte de la boîte à lunette ouest, pendant les travaux (septembre 2007).

avec un moignon coupé à 10 cm de la maçonnerie et à 22 cm du plancher. Une première vérification sur cet arbalétrier nous indique un angle d'inclinaison à 63° et la hauteur d'arase de la maçonnerie depuis le dessus de solive du dernier niveau à 2,15 m. En maintenant l'angle de l'arbalétrier sur la diagonale du croisillon supérieur de 1,30 m de côté, la pente de la couverture obtenue est de 35° par rapport à l'horizontale. Cette pente est la limite à retenir pour une couverture en tuiles plates en site normal avec écran de sous toiture. La vérification du parcours de l'indicateur déployé au maximum donne une sécurité de 22 cm avec un mâ-t-montant de 7,50 m. Toutes ces mesures ont confirmé les options retenues dans le dossier d'appel d'offres.

Après la dépose du parquet sapin de 27 mm d'épaisseur (un pouce) la croix de Saint-André apparaît avec les mortaises du mâ-t-montant. Les dimensions de ces mortaises sont de 110 et 190 mm avec un espace de 360 mm soit un total de 660 mm correspondant exactement à la largeur totale du mâ-t-montant donnée par Michel Ollivier. Il est vite constaté que les bois en place ne peuvent être conservés. Leur dégradation au niveau des scellements de maçonnerie ne permet pas d'envisager leur conservation *in situ*. L'utilisation de résine aurait pu améliorer les caractéristiques mécaniques des bois mais sans assurer la résistance nécessaire pour des groupes de 20 personnes.

Lors de la dépose de la croix de Saint-André et des pieds d'arbalétriers, il est constaté que les liaisons entrants/arbalétriers comportent une cheville bois sur l'assemblage tenon/mortaise. Cet assemblage est situé à chaque

angle dans le cœur de la maçonnerie. Ceci prouve que la charpente et la maçonnerie ont été réalisées dans le même mouvement.

Les solives de planchers en sapin de 55 x 130 mm avec un entraxe de 450 mm sont de section insuffisante malgré la faible portée de 3,20 m. Le choix retenu a été la mise en œuvre de solives chêne de 120 x 120 mm encastrées dans les murs sur une profondeur minimale de 20 cm et reposant sur le chaînage du maçon. L'entraxe de 450 mm a été maintenu. La section des bois des pieds d'arbalétriers encore en place a permis de déterminer la section des bois pour l'ensemble de la charpente d'origine. Les assemblages par tenons et mortaises étant toujours réalisés dans le même plan.

Pour le plancher du dernier niveau, susceptible de recevoir plusieurs visiteurs, la section du sommier de soutien de la croix de Saint-André de 200 x 240 mm à l'origine a été majorée à 250 x 250 mm. La section des bois de la croix est restée la même : 160 x 160 mm. Le descellement des pieds d'arbalétriers et la création d'une ouverture traversante de la maçonnerie à chaque angle a permis la repose de la croix de Saint-André par l'extérieur (figure 6).



Photo ECM.

FIG. 6 – Pose du plancher de la salle de manipulation (juillet 2007).

▪ L'INTERVENTION DU COUVREUR
ET LA POSITION DE LA TRAPPE DE SORTIE

Quelques déchets de tuiles ont été récupérés sur l'arase des murs permettant de connaître le coloris de la couverture de ton ocre jaune à rouge brun. La couverture a été refaite avec des tuiles de formats 160/270 mm avec les quatre arêtiers soulignés par un cordon de mortier de chaux. Le croisillon supérieur, autour du mâ-t-montant, est recouvert de plomb

avec des relevés de 15 cm sur les pieds du mât et 5 cm sur les passages de câbles. La trappe de sortie recouverte de cuivre de couleur brun a été disposée à l'aplomb de l'escalier d'accès à la chambre de manipulation (figure 7).



Photo de l'auteur.

FIG. 7 – Toiture de la tour en cours de travaux (décembre 2007).

▪ LES MENUISERIES INTÉRIEURES ET EXTÉRIEURES

Les menuiseries extérieures, partiellement conservées, étaient composées de châssis avec dormant et volet intérieur (au dernier étage uniquement) à un seul vantail renforcé à chaque angle par une équerre métallique. Les vitrages étaient recoupés par des petits bois formant quatre volumes de verre. Ces menuiseries de 1836, en mauvais état, ont servi de modèle pour leur reconstitution à l'identique.

La suppression des échelles de meuniers au profit d'escaliers avec mains courantes, hauteur de marche de moins de 17 cm et giron réglementaire de 28 cm minimum est la grande modification de l'aménagement intérieur. Cette solution était rendue obligatoire pour l'accueil du public. L'accès à la chambre de manipulation, au dernier niveau, a été réalisé avec un escalier hélicoïdal de 60 cm de largeur de passage. Il passe entre les deux bras de la croix de Saint-André et est légèrement encastré dans l'épaisseur de l'ancien conduit de fumée. Cette faible largeur d'escalier a été acceptée par dérogation par le service départemental d'incendie et de secours (SDIS) pour permettre le fonctionnement et les démonstrations de manipulations (figure 8).

▪ LES PLÂTRES INTÉRIEURS

L'ensemble des plâtres intérieurs est réalisé en deux passes : un dégrossi et un enduit de

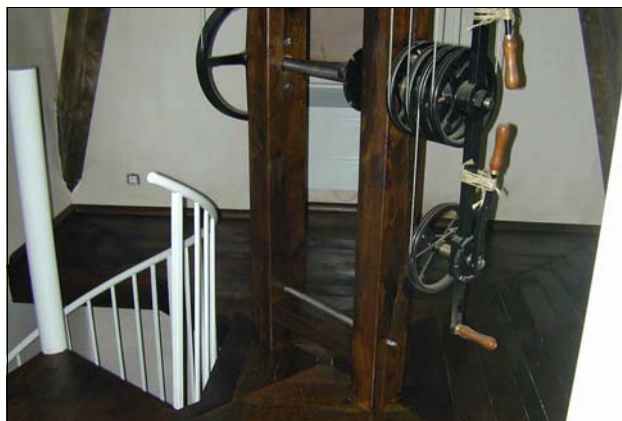


Photo ECM.

FIG. 8 – Escalier (avant peinture) et appareil en cours d'installation (février 2008).

finition de 5 à 8 mm d'épaisseur. Aucune trace de reprise n'a été décelée. La datation de 1836 est donc probable car si des plâtres avaient été refaits en 1853, la sous-couche aurait été rayée et griffée pour faire tenir l'enduit. Des griffures de ce type n'apparaissent qu'au dernier niveau sous l'arase des murs sur une bande périphérique de 25 cm de hauteur et en périphérie des baies créées. Ces reprises coïncident avec la modification de la charpente et les raccords nécessaires à la réalisation du plafond au dernier niveau et autour des nouvelles baies.

Les enduits d'origine en bon état ont été conservés et, compte tenu de ce travail important de plâtrerie datant de 1836, il a été déduit que le rampant sous chevrons de couverture devait, également, être revêtu de plâtre.

▪ LES ENDUITS EXTÉRIEURS

Les enduits extérieurs sont constitués de plâtre et chaux avec des agrégats de sable clair de 0,2 à 3 mm et de petits morceaux de charbon de bois. La façade principale de l'entrée et l'entourage des baies sont soulignés par un liseré taloché lissé de 15 cm de large. La corniche en plâtre et chaux recouvre les grandes pierres de meulière plates formant l'arase des murs. Elle est bien conservée sur les façades nord-est et sud-est.

▪ LE PAVAGE

La moitié des pavés hexagonaux de terre cuite de 16 cm était encore en place. Ces pavés étaient posés sur la terre sablonneuse avec un mortier de chaux de 4 cm d'épaisseur. Pour la restauration de ce pavage, une chape de mortier de chaux de 10 cm d'épaisseur a été réali-

sée en utilisant des pavés identiques à l'existant (figure 9). Dans l'axe de la porte, une pierre calcaire conservée de 33 x 33 cm repose à 1 m du seuil : elle servait probablement à la coupe des bûches. De même le sol du foyer de la cheminée qui était fait de briques 5/11/22 posé à plat et en alignement avec les jambages a aussi été refait en employant les éléments d'origine.



Photo ECM.

FIG. 9 – Sol du rez-de-chaussée en cours de travaux (novembre 2007).

▪ LA FABRICATION ET LA MISE EN PLACE DU MÉCANISME

La date de 1836 correspond à la dernière mise aux normes de la station, c'est donc le système Milan primitif à poulies métalliques qui devait être remis en place. Dès le début du chantier, les choix et la méthode d'installation du système ont été discutés. Les deux options étaient : soit un montage sur le site par éléments séparés, soit le montage par grutage de l'ensemble pré-assemblé. Cette dernière solution, plus spectaculaire, à finalement été retenue. C'est une démarche actuelle de plus en plus répandue pour les interventions en hauteur. Elle permet la réduction des coûts, une mise en œuvre rapide avec un minimum de contraintes liées aux normes actuelles de sécurité.

Le mécanisme a donc été préparé et construit en ateliers (figure 10). Le mât-montant de 7,50 m, le régulateur et les indicateurs ont été fabriqués par le charpentier pendant que le métallier façonnait les pièces métalliques. Les deux entreprises concernées avaient déjà l'expérience de ce travail si particulier pour avoir réalisé le mécanisme de Saint-Marcen en Ille-et-Vilaine. Cependant l'intervention de Michel Ollivier, avec la fourniture de compléments

d'information aux plans du modèle à poulies métalliques, a été primordial dans les choix des matériaux employés, des détails de fabrication et les réglages et passages des cordes. Seule la nature du métal des poulies restait inconnue. La proposition d'E. Allizy, métallier, de les réaliser en fonte d'aluminium a été acceptée pour ses qualités de solidité et d'esthétisme (figure 11).



Photo de l'auteur.

FIG. 10 – Montage du télégraphe (décembre 2007).



Photo ECM.

FIG. 11 – Fabrication des pièces métalliques (octobre 2007).

La station du Trou d'Enfer fonctionne depuis avril 2008. Elle reste la seule dans la région Île-de-France. Le risque de disparition de la tour du Trou d'Enfer a donc été conjuré. Certains puristes regretteront probablement les échelles de meunier mais l'accessibilité à la chambre de manipulation est maintenant offerte pratiquement à tous.

LES INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage :

Office National des Forêts : Georges Dutruc-Rosset, Commissaire à l'aménagement des domaines présidentiels de Marly-le-Roi et de Rambouillet ; Jacques Petitfils, responsable des domaines présidentiels à l'ONF

Maître d'ouvrage délégué :

Bruno Bentz, archéologue et directeur de L'école de la campagne.

Conseiller :

Michel Ollivier.

Financement :

Ministère de la Culture et ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

Maître d'œuvre :

François Semichon, architecte DPLG.

LE CHOIX DES ENTREPRISES ET LE COÛT DES TRAVAUX

Les travaux de restauration du télégraphe ont fait l'objet d'une consultation d'entreprises suivant les procédures du code des marchés publics. Une annonce légale a été passée dans le Bulletin Officiel d'Annonces des Marchés Publics (BOAMP). Les entreprises ont répondu suivant le dossier de consultation des entreprises établi par le maître d'œuvre.

Entreprise Quélin

(11, Allée de La Voie Croix, 28630 MIGNIERES – Tél. 02 37 21 24 60)

Lot 1 – Maçonnerie – Taille de pierres :

115 191,37

Lot 3 – Couverture :

13 346,00

Entreprise DLB

(18, Bd Lippmann, ZI Kergaradec, 29850 GOUESNOU – Tél. 02 98 46 47 39)

Lot 2 – Charpente :

18 586,86

Lot 4 – Menuiseries :

24 555,00

Entreprise DLB et Atelier ALLIZY Emmanuel

(14 bis, Rue Babœuf, 94800 VILLEJUIF – Tél. 01 49 60 95 96)

Lot 6 – Mécanisme Milan :

54 860,00

Entreprise Redon Dalmon

(43, rue Louis Blanc, BP67, 78512 RAMBOUILLET CEDEX – Tél. 01 30 46 27 00)

Lot 5 – Électricité (courant fort) : 23 015,90