

## La Tour Eiffel haute en couleur

### Comment résiste-t-elle aux outrages du temps ?

La célèbre Dame de fer se refait une beauté dans la perspective des jeux olympiques de 2024. La 20<sup>e</sup> campagne de peinture a débuté en 2019 et devrait s'achever fin 2022. Après avoir arboré depuis 1968 une couleur de robe à son nom, le fameux « Brun Tour Eiffel » (figure 1), elle retrouvera la couleur jaune-brun que Gustave Eiffel avait voulue en 1907. C'est l'occasion de se pencher sur l'origine et la nature du fer dont la Tour est construite, et sur les peintures anticorrosion dont on la recouvre périodiquement. Mais commençons par rappeler les diverses couleurs qui l'ont parée depuis sa construction, il y a plus de 130 ans, en 1887-1888.



Figure 1 - La Tour Eiffel photographiée en 2003. Depuis 1968, sa couleur est le célèbre « Brun Tour Eiffel » mais elle va retrouver la couleur jaune-brun que Gustave Eiffel avait choisie en 1907. Photo David Monniaux/Wikimedia Commons ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour\\_Eiffel\\_DSC00085.JPG?uselang=fr](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour_Eiffel_DSC00085.JPG?uselang=fr)).

### Une succession de sept couleurs au fil du temps

Pour être protégée de la corrosion, la Tour Eiffel est repeinte tous les sept ans en moyenne depuis 1899 [1]. Ce sont sept couleurs différentes qu'elle a arborées depuis sa naissance (figure 2) [2].

- **1887-1888** (lors de la construction) : Gustave Eiffel décide de recouvrir, en atelier, chaque pièce de deux couches de minium avant montage. De couleur **rouge-orangé**, le minium était l'agent anti-rouille de l'époque.

- **1889** : deux mois après l'achèvement de la construction de la Tour, en mai 1889, il est décidé de la recouvrir d'une peinture **brun-rouge** avec toutefois un dégradé de clarté : du bas au sommet la couleur s'éclaircit. Le but : donner un aspect plus

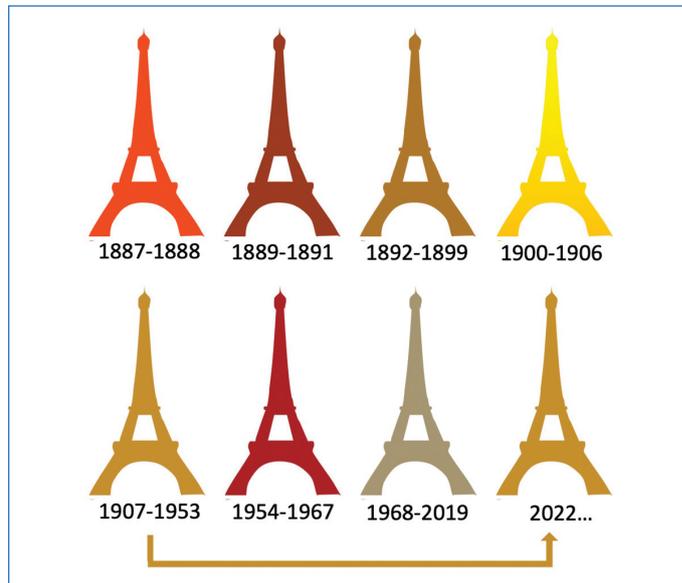


Figure 2 - Les sept couleurs de la Tour Eiffel au fil du temps. © Bernard Valeur.

élancé à la grande Dame. Cette idée de dégradé perdurera jusqu'à nos jours.

- **1892-1899** : le brun rouge fait place à l'**ocre brun**.

- **1900-1906** : pour l'exposition universelle de 1900, la Tour Eiffel revêt une robe élégante avec cinq couleurs selon un dégradé allant du **jaune-orangé** à la base, au **jaune clair** au sommet.

- **1907-1953** : en 1907, Gustave Eiffel décide de repeindre la Tour en **jaune-brun**. Pourquoi ce choix ? Sans doute pour qu'elle soit en harmonie avec le paysage parisien dont les immeubles sont en pierre de taille.

- **1954-1967** : la tour retrouve une couleur proche de sa couleur d'origine mais le rouge tire cette fois vers le brun.

- **1968-2019** : en 1968, une peinture brune est conçue spécialement pour la grande Dame. Cette couleur qui lui est réservée porte le nom de « **Brun Tour Eiffel** ». Grâce à un dégradé de brun sur trois niveaux, du plus foncé à la base au plus clair au sommet, le rendu dans le ciel de Paris paraît uniforme sur toute la hauteur.

- **2022** : après trois ans de travaux, la tour reprendra la couleur **jaune-brun** que Gustave Eiffel avait choisie en 1907.

Toutes ces couleurs sont obtenues essentiellement à l'aide de mélanges de pigments de la famille des oxydes de fer dont la couleur diffère selon le traitement : rouge, jaune, brun, orange [3]. Ils présentent l'avantage d'une grande robustesse.

### Les chiffres impressionnants d'une rénovation titanesque

Soixante tonnes de peinture sont nécessaires pour recouvrir les 250 000 m<sup>2</sup> de surface que représentent les 18 000 pièces assemblées par 2,5 millions de rivets ! Les peintres (une

cinquantaine de spécialistes) sont équipés de harnais et leur sécurité est assurée par 55 kilomètres de « lignes de vie » (câbles). En sept ans, c'est-à-dire entre deux campagnes de peinture, le poids de peinture érodée est d'environ 15 tonnes. La nouvelle rénovation est chiffrée à 50 millions d'euros ; un coût élevé dû notamment à la nécessité de décaper les dix-neuf couches de peinture précédentes dans les zones les plus corrodées, en particulier l'arc donnant sur le Champ-de-Mars. C'est en effet la partie la plus dégradée parce qu'elle est davantage soumise au rayonnement solaire, à la pluie et au vent. En raison de la toxicité du plomb présent dans les plus anciennes couches, le protocole sanitaire a été renforcé : équipements spécifiques, espaces de décontaminations, prélèvements systématiques en divers endroits (une cinquantaine par semaine).

Après la mise à nu des zones corrodées et les éventuelles réparations structurelles, on procède à l'application d'une première couche de primaire anticorrosion, suivie d'une couche intermédiaire pour renforcer la protection anticorrosion, et enfin d'une couche de peinture de finition.

### Comment la Tour Eiffel est-elle protégée de la corrosion ?

La Tour est construite en fer puddlé, c'est-à-dire en fer contenant peu de carbone. Le puddlage (de l'anglais « to puddle », qui signifie « brasser ») est un ancien procédé d'affinage, à grande échelle, de la fonte issue des hauts fourneaux. Inventé par Henry Cort en 1784 et largement utilisé au XIX<sup>e</sup> siècle, ce procédé consiste à décarburer la fonte dans un four à réverbère à l'aide de scories oxydantes pour obtenir de l'acier, voire du fer (appelé fer puddlé) en poussant la décarburation à l'extrême [4].

Pour quelle raison Eiffel avait-il choisi du fer puddlé ? C'est parce que ce type de fer est plus facile à travailler que l'acier : ses propriétés mécaniques permettent de le façonner en atelier, et surtout d'assembler les pièces par rivetage. En outre, ce matériau résiste bien à la corrosion atmosphérique, à condition toutefois de le peindre : « *La peinture est l'élément essentiel de la conservation d'un ouvrage métallique. Ces soins sont la seule garantie de sa durée* », affirmait en 1887 Gustave Eiffel dont le choix s'est porté sur le minium, dont les propriétés antirouille étaient bien connues à l'époque.

Le minium est de l'oxyde de plomb ( $Pb_3O_4$ ) de couleur rouge-orangé. Précisons toutefois que dans le domaine de la construction mécanique, le terme *minium* a pris le sens de peinture anticorrosion. On emploie désormais les termes de *minium de fer* ou *minium d'aluminium* en référence au métal auquel la peinture est destinée. On parle de *minium de plomb* seulement lorsque la formule contient de l'oxyde de plomb et quand on veut attirer l'attention sur la toxicité [5].

Toutes les peintures contenant du plomb sont toxiques, ce qui a conduit à leur interdiction en France à partir de 1946. L'interdiction absolue de mise sur le marché date de 1993. C'est à partir de 2002 qu'une formulation sans plomb à base de phosphate de zinc, en tant qu'agent anticorrosion, a été employée pour repeindre la Tour Eiffel. Il s'agit d'une inhibition par passivation qui, d'une façon générale, consiste à isoler la surface du métal par création d'un composé lié chimiquement au métal [6]. Avec le phosphate de zinc, il y a formation d'une couche barrière mixte de ce composé et de fer. Plus précisément, cette couche est constituée de phosphate mixte hydraté appelé phosphophyllite ( $Zn_2Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ )

et de phosphate de zinc hydraté dénommé hopéite ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ ).

### Les couleurs par illumination

Après les couleurs réelles de la Tour Eiffel, il est incontournable d'évoquer celles que la grande Dame arbore dès la tombée de la nuit [7]. Depuis 1985, elle s'illumine chaque soir en jaune-orangé grâce aux 336 projecteurs équipés de lampes à vapeur de sodium haute pression disposées à l'intérieur de la structure. Superbe éclairage conçu par Pierre Bideau, ingénieur éclairagiste, qui fait rayonner la Tour, devenue elle-même source de lumière.

Depuis l'an 2000, 20 000 ampoules LED 6W clignotant rapidement font scintiller de diamants la robe dorée pendant 5 minutes au début de chaque heure, jusqu'à 1 h du matin. À cet instant, la robe s'évanouit et le phare s'éteint, au profit du seul scintillement pendant 5 minutes ; un moment magique à ne pas manquer. Puis le phare se rallume [8].

Enfin, rappelons que la grande Dame revêt occasionnellement des robes de soirée dont les couleurs diffèrent selon les événements marquants du moment [9]. Par exemple, en 2008 et 2022, sa robe est bleu étoilé pour la présidence française de l'Union européenne (figure 3).

Depuis sa naissance, la Tour Eiffel ne cesse de s'afficher fièrement comme le symbole de la Ville Lumière.

Cet article est inspiré d'un billet du blog de l'auteur, « Questions de couleurs », qui fait partie de la communauté de blogs de science proposée par le magazine Pour la Science (<https://scilogs.fr/questions-de-couleurs>).



Figure 3 - La Tour Eiffel illuminée en bleu avec des étoiles en 2008 et 2022 à l'occasion de la présidence française de l'Union européenne (Photo B. Valeur, 2008, DR).

- [1] La peinture de la Tour Eiffel, [www.tou Eiffel.paris/fr/le-monument/peinture-tour-eiffel](http://www.tou Eiffel.paris/fr/le-monument/peinture-tour-eiffel)
- [2] Les sept couleurs de la tour Eiffel, [www.paris.fr/pages/les-sept-couleurs-de-la-tour-eiffel-16827](http://www.paris.fr/pages/les-sept-couleurs-de-la-tour-eiffel-16827)
- [3] Oxyde de fer, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Oxyde\\_de\\_fer](https://fr.wikipedia.org/wiki/Oxyde_de_fer)
- [4] Puddlage, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Puddlage>
- [5] Minium, [https://fr.wikipedia.org/wiki/Minium#Construction\\_m%C3%A9canique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Minium#Construction_m%C3%A9canique)
- [6] J.-C. Laout, Protection et décoration par peinture – Supports métalliques, *Techniques de l'Ingénieur*, 2009, [www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/peintures-et-colorants-42567210/protection-et-decoration-par-peinture-m1505/](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/peintures-et-colorants-42567210/protection-et-decoration-par-peinture-m1505/)
- [7] Une brève histoire des éclairages de la Tour, [www.tou Eiffel.paris/fr/actualites/histoire-et-culture/une-br%C3%A8ve-histoire-des-%C3%A9clairages-de-la-tour](http://www.tou Eiffel.paris/fr/actualites/histoire-et-culture/une-br%C3%A8ve-histoire-des-%C3%A9clairages-de-la-tour)
- [8] En fait, ce sont quatre projecteurs qui effectuent chacun une rotation de 90° en s'allumant et en s'éteignant de façon synchronisée, créant ainsi l'illusion d'un faisceau tournant à 360°.
- [9] La tour Eiffel en voit de toutes les couleurs grâce à ses illuminations, [www.tou Eiffel.paris/fr/actualites/histoire-et-culture/la-tour-eiffel-en-voit-de-toutes-les-couleurs-grace-ses](http://www.tou Eiffel.paris/fr/actualites/histoire-et-culture/la-tour-eiffel-en-voit-de-toutes-les-couleurs-grace-ses)

**Bernard VALEUR,**  
Professeur honoraire du Conservatoire national des arts et métiers.

\* [valeur.bernard@orange.fr](mailto:valeur.bernard@orange.fr)