

SCIENCES

Une IA révèle les secrets de deux chefs-d'œuvre de Raphaël

DES CHERCHEURS ONT DÉVELOPPÉ UNE TECHNIQUE INFORMATIQUE CAPABLE D'ANALYSER LA COMPOSITION CHIMIQUE DE PEINTURES PLUS RAPIDEMENT QUE LES MÉTHODES ACTUELLES.

 6 min • Elisa Doré

Nourris par le désir de frôler la perfection, les génies de la Renaissance italienne ont transformé la peinture en introduisant des techniques comme le sfumato et le clair-obscur. Des coups de pinceau qui, grâce à la superposition de couches et le mélange de pigments, créent des effets de lumière alors inédits, capables de saisir l'émotion humaine avec un réalisme poignant. Mais un mystère demeure, au grand dam des spécialistes de l'art : le processus de création picturale caché derrière ces œuvres reste mal connu, car les techniques d'analyse sont souvent trop invasives pour les mener aussi souvent que les experts le voudraient, ou très peu accessibles sans expertise scientifique. L'intelligence artificielle pourrait avoir son mot à dire.

Récemment, des scientifiques italiens ont créé un algorithme d'apprentissage capable de générer une cartographie précise de la composition d'une œuvre. Appliqué à *Dieu le Père* et à *La Vierge Marie*, deux chefs-d'œuvre du peintre Raphaël, l'outil a le potentiel de livrer les secrets des techniques employées par les grands maîtres de la Renaissance. Les résultats ont été publiés dans la revue *Science Advances*.

Parmi les techniques d'analyse les plus sophistiquées utilisées, la spectrométrie de fluorescence des rayons X s'est largement imposée ces cinquante dernières années. En bombardant de rayons X la surface peinte, on peut identifier de manière précise les types et les mélanges de pigments, ce qui donne de précieuses informations sur les « repentirs » (modifications faites par l'auteur) ou encore les restaurations

réalisées a posteriori.

Spectres synthétiques

Le principe est simple : les atomes présents dans les couches de peinture absorbent l'énergie des rayons, et réémettent des rayons X secondaires, appelés fluorescences X, qui se répartissent le long d'un spectre dit « XRF ». *« Chaque élément chimique, tels le cuivre, le fer, le zinc, a une structure atomique unique, ce qui signifie que les pics de fluorescence sont spécifiques à chacun d'entre eux »*, explique Philippe Walter, directeur de recherche au CNRS, spécialiste de la chimie et de l'histoire des techniques de l'art. On peut donc identifier précisément la composition picturale d'une œuvre.

Cette technique a par exemple permis, dans le cadre de travaux de Philippe Walter, de lever le voile sur les chefs-d'œuvre de Léonard de Vinci. Elle nous a appris que le peintre utilisait de multiples mélanges de matières et de pigments, notamment pour les ombres sur les visages. Ou encore que le fameux « sfumato », une technique qui donne une impression vaporeuse des contours, résultait de l'application d'un glacis composé d'une superposition de couches translucides faiblement pigmentées de 1 à 2 micromètres.

Sur une grande surface, l'analyse par rayons X a néanmoins des limites. Elle fournit en effet un volume de données colossal, des millions de spectres XRF qui nécessitent l'application de modèles mathématiques complexes pour faciliter les analyses. *« Si cette approche est très précise, le processus d'analyse reste fastidieux et nécessite un haut niveau d'expertise, tant sur le plan technique que computationnel »*, souligne Zdenek Preisler, principal investigateur de l'étude. L'idée des auteurs était donc de développer une IA capable d'automatiser en partie ce travail. Un défi relevé avec succès.

Ils ont ainsi entraîné un réseau de neurones profonds à associer plus de 500 000 spectres synthétiques XRF à 57 pigments et composés élémentaires (plombs,

cuivre, etc.) couramment rencontrés. « *Les spectres synthétiques peuvent être générés via des logiciels spécifiques en tenant compte de différents paramètres. Nous créons par exemple des simulations basées sur les compositions des peintures médiévales, de la Renaissance et à des époques postérieures pour identifier des traces de restauration* », explique Zdenek Preisler.

Mélanges de pigments

Les chercheurs ont mis l'IA à l'épreuve en lui demandant si elle était capable de décrypter, à partir de scans XRF, la composition de deux fragments intitulés *Dieu le Père* et *La Vierge Marie* du Retable Baronci (Musée de Capodimonte, à Naples), peints par Raphaël en 1500-1501. Résultat : en comparant les résultats obtenus par les modèles mathématiques classiques et ceux de l'IA, les auteurs ont constaté que leur réseau de neurones a su correctement identifier la présence de céruse (un pigment blanc à base de carbonate de plomb utilisé dans les couches préparatoires), le cuivre dans le pigment vert des draperies, ou encore le mercure présent dans le vermillon rouge utilisé pour les tons de peau. Jusque-là, rien que la méthode classique ne permette pas, tant ces éléments sont abondants. « *Le véritable intérêt est que l'IA fournit des analyses aussi précises voire plus précises sur des éléments plus faiblement représentés, mais surtout des analyses beaucoup plus rapides* », souligne Philippe Walter.

Par exemple, l'intelligence artificielle a facilement décomposé les mélanges de pigments à partir de pics de fluorescence qui se chevauchent sur les spectres XRF, ce qui aurait pris plusieurs jours d'analyse avec la technique classique. Ainsi, le cuivre des draperies était associé à des traces de potassium, ce qui indiquerait, selon les chercheurs, que le vert pourrait avoir été obtenu avec des composants contenant du potassium, comme le résinate de cuivre, un pigment vert issu de résines naturelles, ou l'azurite, un pigment bleu, qui a pu être mélangé à un pigment rouge.

« *L'utilisation de ces pigments qui contiennent du potassium, ou encore les mélanges de bleu et de rouge pour produire du violet dans les ombres sous les*

yeux de Dieu le Père, sont des éléments de la pratique artistique de Raphaël dont il a hérité de son maître le Pérugin, explique Philippe Walter. L'IA est capable de révéler des indices extrêmement intéressants pour la compréhension de la pratique et des influences du peintre », ajoute le chercheur.

Autre enseignement : l'intelligence artificielle a repéré des pigments blancs contenant du titane ou du zinc, utilisés par les restaurateurs pendant le XIXe et le XXe siècle et qui n'étaient pas présents à l'époque de Raphaël, fournissant ainsi des indices sur les zones repeintes à des fins de conservation. « Cela a un grand intérêt pour orienter les stratégies de restauration, notamment en retirant les ajouts qui risquent d'endommager la matière originale, car ces pigments ne réagissent pas forcément de la même manière en vieillissant », note le spécialiste français. Ainsi, bien que cet algorithme ait encore des limites, notamment parce qu'il est incapable de détecter des éléments légers (oxygène, carbone), les spécialistes n'ont aucun doute sur la contribution potentiellement immense de l'IA aux travaux de conservation d'œuvres d'art.

