

# PHOTOGRAPHIES NUMÉRIQUES : MANIPULATION DES OPINIONS ET RUPTURE D'ALIGNEMENT SÉMIOTIQUE

Roger Cozien & Dominique Haglon – [www.exomakina.fr](http://www.exomakina.fr) - [roger.cozien@exomakina.fr](mailto:roger.cozien@exomakina.fr)

Serge Mauger – Université de Caen Basse-Normandie & GREYC CNRS UMR 6072

**mots-clés :** ??????????????????????

**L**a photographie est omniprésente. Son récent statut numérique a eu cette triple conséquence d'élargir les possibilités de prise de vue, d'amplifier les moyens et canaux de diffusion et enfin, de multiplier et de vulgariser les outils logiciels de manipulation de l'information portée. Les altérations que peuvent subir les photographies numériques sont devenues multiples, en nature comme en profondeur. Dans tous les cas, il est devenu extrêmement difficile de mesurer la confiance que l'on peut attribuer à une photographie. Or, il s'agit là d'un enjeu majeur dans toute entreprise de veille, de sécurité et de renseignement. C'est également le cas dans les procédures judiciaires où la preuve par l'image est régulièrement la source de débats de fond complexes et où il conviendrait de fournir à la Justice des moyens criminalistiques efficaces apportant des éléments de preuve scientifique. Enfin, il faut savoir compléter la technologie par d'autres approches telles la sémiotique, qui seule peut nous renseigner sur l'intégralité du processus de manipulation par l'image et sur le but poursuivi par le manipulateur.

## 1 Introduction

Dans le domaine de la détection algorithmique des retouches photographiques, il convient d'abandonner tous les lieux communs sur le sujet et de se rendre compte qu'il n'existe pas de définition convergente de la « retouche » et que la doxa sur ce sujet est relativement limitée. En particulier, il n'y a aucun consensus quant à dire à partir de quand elle devient un problème intellectuel, informationnel, moral, etc. C'est pour ces raisons qu'il est préférable d'écarter les stériles référentiels photographiques et visuels pour celui de la linguistique, du discours et de la sémiotique. Une photographie ne se regarde pas, elle s'écoute. Sans langage et sans discours, il n'y a pas d'image. Une photographie ne nous dit que ce que l'on veut bien entendre ou tout simplement, ce que l'on peut entendre.

Détecter, en aveugle, sans référence externe, les photographies sémiotiquement altérées, est un enjeu de sécurité majeur. Une photographie isolée et non légendée ne peut jamais être considérée comme un témoignage de la réalité. Très simplement, la réalité dans laquelle nous baignons est composée à minima de trois dimensions d'espace et d'une dimension de temps. Une photographie ne propose que deux dimensions d'espace, et sur des intervalles fermés et bornés. Par conséquent, influencer les opinions, avec toutes les dérives politiques et anti-démocratiques que cela implique, est relativement aisé. En revanche, la détection technique de ces retouches est particulièrement complexe et source d'erreur. Car, alors que l'on souhaite rétablir le discours vrai, un des risques majeurs de l'exercice serait à notre tour, croyant détecter une altération sémiotique là où il n'y en a pas, proposer un nouveau récit inexact. Détecter une retouche inexistante, c'est indiscutablement produire de la retouche.



Ces considérations sont si riches et complexes qu'elles échapperont encore longtemps à une totale automatiser. Des programmes aptes à rechercher les altérations portées sur une photographie doivent plus être perçus comme des aides pour l'opérateur à (techniquement) détecter les récits (photographiques) reformulés voire mensongers. Dans tous les cas, de tels programmes s'appuieront fortement sur des développements mathématiques et algorithmiques de haut niveau, très peu sur des considérations photographiques.

Analyser scientifiquement une photographie numérique, c'est procéder à une remodelisation de l'image, ou plus exactement de sa structure mathématico-informatique. Il faut savoir qu'une photographie numérique est un empilement de matrices de grandes tailles. Il est illusoire d'imaginer qu'une image numérique n'est qu'une simple et unique matrice de pixels. Le concept même de pixel n'est pas photographique, mais bel et bien à la confluence de considérations mathématiques et informatiques. Les pixels sont des constructions algorithmiques dont la matière première est issue de l'information optique et électronique délivrée par le capteur. Cette quantité d'information, complétée par celle produite par le boîtier photographique, est si grande qu'il est nécessaire d'une part de la stocker dans plusieurs matrices et, d'autre part, d'en relier les « grains » par des macro-lois statistiques. C'est à la fois un lourd inconvénient et un avantage certain. En effet, d'un côté cela impose de mettre en place et d'implémenter des mécanismes calculatoires d'algèbre et d'analyse matricielle, mais d'un autre côté, cela nous donne un angle d'approche formel et explicite dans notre démarche de révélation des traces insolites dans un premier temps, puis des incohérences sémiotiques. C'est d'ailleurs toute la « beauté » de cette démarche qui permet, à partir de formalismes mathématiques, de faire un lien fort avec des structures sémiotiques.

Nous allons dans cet article présenter certaines approches d'expertise d'une photographie numérique ainsi que la nature des résultats potentiellement fournis à l'expert. Soulignons que la démarche doit être strictement scientifique et que la technologie est conçue pour produire des éléments de preuve et d'appréciation formels et déterministes. Il est impératif de se conformer à ce principe, où il est toujours préférable de s'abstenir plutôt que d'avancer des interprétations précipitées.

Mais il faut, à ce stade, d'ores et déjà définir ce qu'est la « sémiotique » et expliquer pourquoi elle est devenue incontournable dans l'étude de la manipulation des opinions adossée aux photographies altérées. Lorsque, enfin, la technologie est pour la première fois en mesure de mettre en évidence les manipulations et altérations subies par une photographie, des questions plus générales se posent naturellement. En particulier, celle liée à l'intentionnalité et au but recherché par l'auteur de la retouche. En la matière, l'informatique ne peut rien pour nous. Il faut donc mobiliser d'autres concepts, à savoir ceux de la linguistique et de la sémiotique. La raison en est simple : une photographie n'est que discours.

La photographie ne montre pas, elle dit, voire elle raconte. Cependant, employée seule, la linguiste serait trop spécifique et trop en aval du processus de production d'altération en vue d'une manipulation. Il faut donc élargir le périmètre conceptuel. La sémiotique est l'étude des signes et de leur signification. Elle étudie donc le processus de signification : la production, la codification et la communication de signes. La sémiotique fournit des outils d'analyse critique des signes, des symboles et des informations dans des domaines divers. Schématiquement, on peut définir deux types de signes ; premièrement, les icônes, qui renvoient à l'objet signifié par le biais d'une ressemblance. Les photographies sont faites d'icônes parce qu'elles renvoient aux objets du monde réel. Deuxièmement, les signes plastiques qui produisent des significations dans ses trois types de manifestation que sont la couleur, la texture et la forme. Autrement dit, et parce qu'il faudra enfin donner une définition formelle et opérative de la « retouche », retoucher une photographie, lui apporter une transformation susceptible de modifier sensiblement le message (non pas qu'elle porte), mais que recevra celui qui la verra, c'est fondamentalement l'acte sémiotique qui consiste à s'emparer des signes iconiques (de l'image) et de les manipuler comme des signes plastiques pour les replaquer sur cette même photographie, mais toujours revêtue de l'apparence de l'icône. L'influence, voire la manipulation par la photographie et l'image, c'est faire tout cela en oubliant juste de préciser que certains signes ont changé de statut.

Dans tout cet article, nous nommerons l'image destinée à être analysée « image source ».

## 2 Analyse Algébrique

La première approche d'expertise d'une photographie numérique est dite algébrique. L'objectif est de révéler un maximum de détails sur la structure sous-jacente de l'image numérique. Il serait contre-productif d'interpréter la moindre anomalie comme une potentialité de « retouche ». En effet, en dehors des cas triviaux, l'anomalie structurelle qui révélera la retouche sera perdue parmi d'autres artefacts. Identifier une retouche inexistante, c'est assurément produire de la retouche. Il est donc fondamental de garder à l'esprit la nécessité « d'alignement sémiotique » : la retouche identifiée doit nécessairement renvoyer à une modification sensible et intelligible du discours, implicite ou explicite, qui accompagne la photographie.

Il y a trois angles d'approche principaux de la photographie : une approche algébrique, une approche optique et une approche « archéarithmique ». Considérons dans un premier temps l'approche dite algébrique.

Une photographie numérique est un objet mathématique construit à partir de l'exécution de lois mathématiques précises, exhaustives et homogènes. Pour notre plus grand avantage, l'image résultat embarque les traces



profondes de ces lois, voire une partie de leurs propres mécaniques internes. Il semble donc que la photographie numérique peut revendiquer le double statut d'algébrique et d'algorithmique.

À l'intérieur de ces considérations, il faut signaler et souligner les qualités intrinsèques et singulières des photographies revêtues du format informatique JPEG. Ce format, qui trône aujourd'hui la quasi-totalité des images numériques, est très souvent indûment considéré comme un format « amateur » et dans tous les cas, comme un objet de consommation courante. Or, derrière cette simplicité d'usage et cette diffusion sans égal, se cache de la très haute technologie logicielle. Ainsi, la moindre des images JPEG embarque-t-elle une partie de cette technologie, le reste étant directement composé de traces de cette dernière.

Initialement, les techniques d'analyse des images étaient limitées au format JPEG. Il est maintenant possible de traiter les images de formats de type TIFF ou BMP en s'appuyant sur les subtilités profondes du format JPEG. Ainsi, sauf exception à la marge, les formats TIFF et BMP peuvent se révéler aussi bavards que leur frère JPEG.

L'approche algébrique repose sur un double postulat : premièrement, la photographie est l'ultime étape du processus algorithmique initial (la première chaîne de production de l'image) et de fait, sa structure sous-jacente (tout ce qui n'est pas visuel) en est profondément marquée. Deuxièmement, les processus de post-production, dont la retouche, vont nécessairement perturber voire casser les structures algébriques originelles. Ainsi, détecter les retouches consiste à ne plus regarder la photographie, mais à y rechercher les incohérences de structure algébrique.

## 2.1 La duplication endogène

Traditionnellement, le premier type de retouche que l'on peut rencontrer consiste en la duplication endogène de pixels. Dupliquer un seul pixel n'a aucun sens, la quantité de pixels clonés doit être suffisante pour représenter une modification porteuse d'altération sémiotique. On touche là un des premiers « paradoxes » de la retouche photographique : elle doit être visible. Contrairement

à l'adage courant, une retouche est nécessairement visible puisque elle est incluse dans la photographie. Ce qui doit demeurer imperceptible, c'est le raccord entre la retouche et le fond de l'image. Une retouche n'a donc de portée réelle que si l'œil peut la percevoir sans que le cerveau puisse la discriminer du reste de la photographie. Il est ainsi impératif d'abandonner immédiatement toute relation, même ténue, entre ce que peut faire l'œil humain et la façon dont procède Tungstène. La recherche des pixels clonés ne relève pas de la simple comparaison des pixels entre eux. L'image est mathématiquement cassée puis remodelisée avant d'être algorithmiquement inspectée.

La figure 1 montre dans sa partie gauche une image source, au centre, le premier résultat de l'algorithme, et à droite, le résultat superposé à l'image source.

Le programme a procédé à l'établissement de la liste de toutes les zones semblables par ordre de ressemblance. Cette liste est potentiellement longue de plusieurs milliers d'éléments, qu'il est possible d'afficher autant que besoin. La figure 2 montre les cinq premières zones identifiées comme identiques. Les zones en bleu sont constituées de pixels « excavés » de la liste. Dans notre exemple, on se rend compte que plusieurs duplications étaient cachées dans les zones de haute fréquence de l'image.



Fig. 2 : Les cinq premiers éléments de la liste de similarité

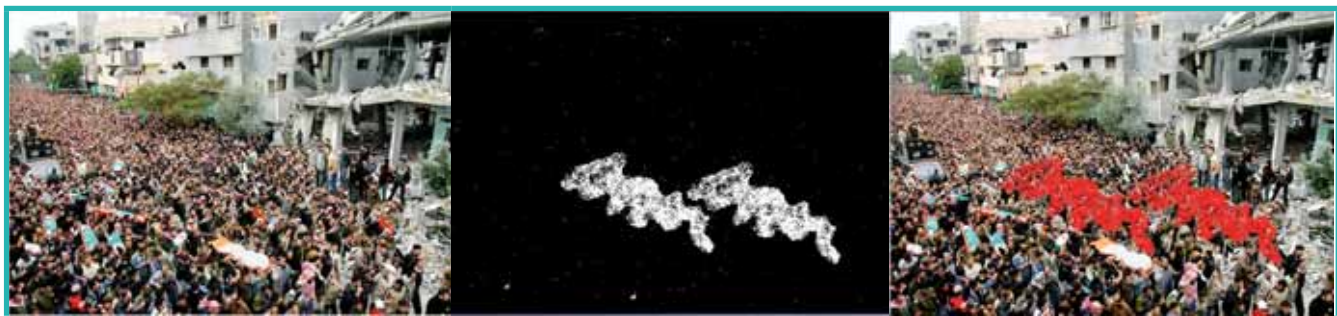


Fig. 1 : Recherche de zones dupliquées



## 2.2 Les modifications exogènes

Le deuxième type de retouche que l'on rencontre consiste en l'importation, sur l'image source, d'une partie, nommée « patch », d'une ou plusieurs images tierces. Plusieurs approches existent pour détecter ces altérations. Tungstène en implémente les principales à tel point que ces techniques peuvent également être utilisées pour rechercher des altérations endogènes autres que la simple duplication. Nous sommes ainsi virtuellement capables de détecter la quasi-totalité des retouches de premier niveau. Considérons la figure 3 où, sur la gauche, nous avons volontairement cloné l'unique personnage. Si l'algorithme de recherche de duplication révélera à coup sûr la supercherie, un autre algorithme (image de droite) nous désignera quel est des deux jumeaux celui qui est le fantôme de l'autre (zone claire).



Fig. 3 : Contrefaçon par recopie du personnage et identification du fantôme

La figure 4 montre les résultats sur une image retouchée sensiblement plus complexe. À gauche, nous observons les résultats de la recherche de pixels dupliqués, et à droite, nous avons superposé ces mêmes résultats à l'image source. Sur la figure 5, cette fois-ci, nous superposons les résultats du deuxième algorithme avec l'image source. Outre les recopies endogènes, une autre zone de l'image est détectée comme truquée. Il s'agit de la future verrière de l'avion en construction, où il a été appliqué un effet de flou artificiel.



Fig. 4 : Identification des clones

La figure 6 (à gauche) montre une image où la retouche réside dans l'ajout d'un patch exogène. La même figure à droite montre comment l'algorithme détecte cette contrefaçon. Il est amusant de noter que cette image, contrefaite par nos soins pour les besoins de la démonstration, présentait déjà, au moment où nous l'avons téléchargée, une retouche importante. En effet, le programme nous indique que le dossier noir, porté



Fig. 5 : Résultats avec le deuxième algorithme

par Rachida Dati, a été retouché. Il n'est pas impossible d'imaginer qu'il portait des indications que l'on aura voulu faire disparaître avant de diffuser l'image. La figure 7 et ses trois images montrent, à gauche, l'image source retouchée où l'on a fait disparaître un personnage, et les images du centre et de droite montrent comment l'algorithme désigne parfaitement la zone où se trouvait le personnage manquant. Enfin, la figure 8 montre à gauche une image d'origine satellitaire où l'on a appliqué plusieurs types de retouches grâce à PhotoShop. En particulier, nous avons utilisé le puissant et très usité outil « fluidité » (PhotoShop), qui autorise la modification en profondeur des contours des composants visuels de la photographie. L'image de droite montre que le programme identifie l'intégralité de ces retouches, quelle que soit leur nature. Dans ce cas présent, nous avons également mis en évidence une retouche préexistante. Une des pistes a, en effet, été entièrement « reconstruite » par duplication.



Fig. 6 : Détection des patches exogènes



Fig. 7 : Disparition d'un personnage

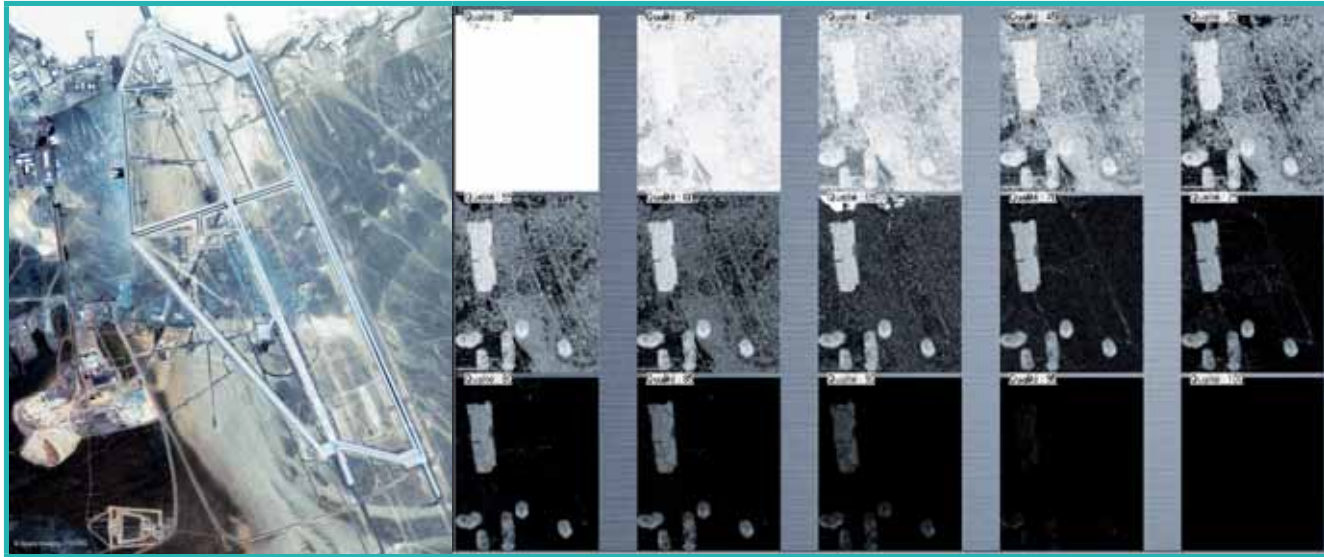


Fig. 8 : Plusieurs types de retouches détectées par Tungstène

### 2.3 La scrutation profonde

Au sein de l'approche algébrique, il existe un algorithme sensiblement plus puissant que les autres. Le prix de cette puissance est une plus grande difficulté à interpréter les résultats multiples renvoyés. En effet, cet algorithme permet de remonter haut dans l'histoire de l'image (processus archéarithmique) : il met en évidence les lois mathématiques utilisées par l'appareil photographique ou le logiciel utilisé dans ce processus. Il s'agit toujours d'opérations mathématiques complexes dont dépend directement la qualité visuelle du cliché final. Il existe de nombreuses méthodes et chaque constructeur ou éditeur cherche la plus performante en particulier, relativement aux composants optroniques. Une retouche va localement perturber la structure mathématique construite dès la création de l'image. Il faut donc chercher à identifier ces ruptures locales et vérifier qu'elles sont compatibles avec une action de retouche.

Cette approche procède par la comparaison entre la structure statistique du fond de l'image et des mesures réalisées localement. Il est assez fréquent que les retouches soient si (mathématiquement) violentes qu'elles apparaissent sans que l'on ait besoin de faire des mesures locales et de les comparer entre elles. La figure 9 montre, à gauche, une image retouchée, et à droite, les deux retouches détectées par les algorithmes précédents. La figure 10, page suivante, expose les résultats de la scrutation profonde sur cette même image source. Sur le côté gauche, nous observons la mise en évidence de certaines lois mobilisées dès la création de la photographie. Sur le côté droit, on observe le signal général renvoyé par la photographie dans son ensemble. Sur l'image de droite, on voit clairement apparaître des zones où le motif générique est perturbé et modifié (flèches rouges). Ces déformations sont clairement synonymes de retouches locales.

Pour confirmer ce premier diagnostique, on procédera par comparaison entre zones et on calculera les signaux

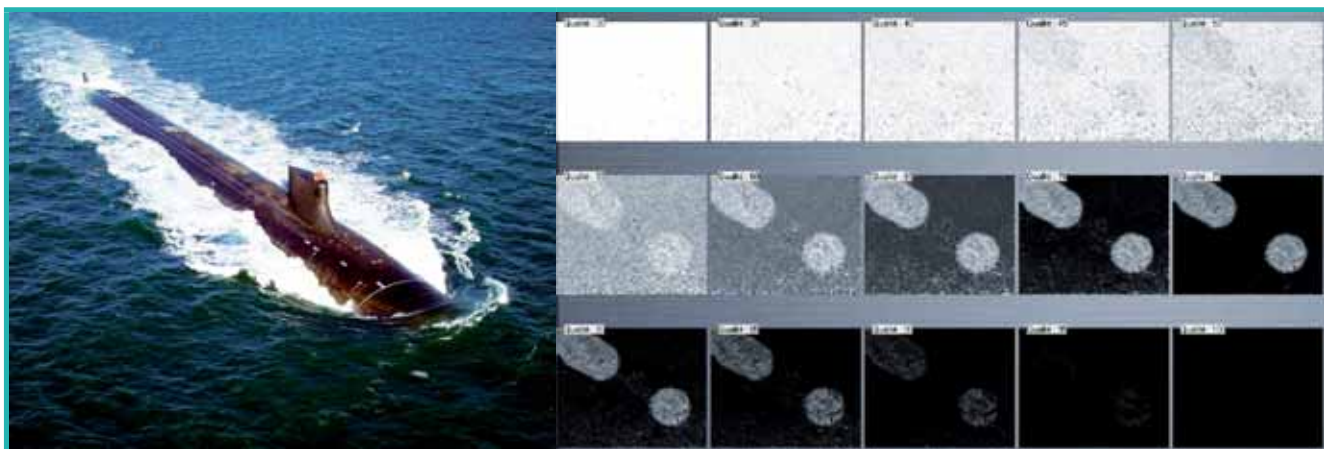


Fig. 9 : Image source et révélation des retouches

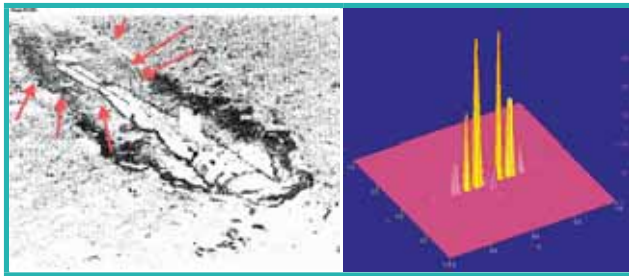


Fig. 10 : Premiers résultats de la scrutation profonde

produits par différentes zones de la photographie. Pour choisir ces zones, on s'aide du premier résultat tel que présenté sur la figure 10. La figure 11 montre, à gauche, le signal produit par une zone « standard » de l'image où aucune déformation du motif générique n'a été mis en évidence (cf. figure 10), et à droite, le signal issu de la zone désignée par les flèches rouges sur la figure 10. La multiplication des mesures locales finit de nous démontrer que la zone arrière du sous-marin est effectivement retouchée.

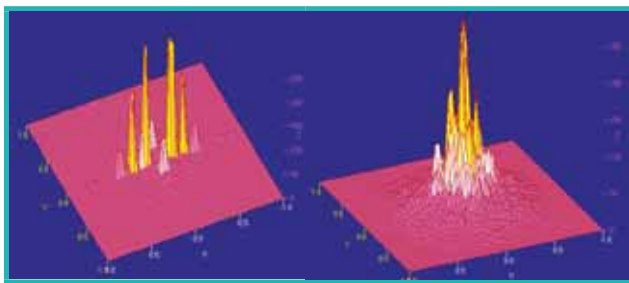


Fig. 11 : Scrutation profonde sur zones

## 2.4 Particularismes du format JPEG

Nous l'avons dit, il serait infondé de considérer le format informatique d'encodage des clichés numériques JPEG comme une technologie bas de gamme réservée à une consommation courante et de masse. La force de ce format est de pouvoir s'adapter à tous les usages, des plus triviaux aux plus professionnels et spécialisés, et de pouvoir être produit par tous les types d'appareils photographiques.

Le grand public a surtout retenu la capacité de « compression » ad hoc des images JPEG. En réalité, ce processus indûment désigné comme une compression se décompose en deux étapes : un sous-échantillonnage synonyme de perte de qualité,

puis une compression dite « sans perte ». Dans toute démarche criminalistique et archéorithmique autour d'une photographie numérique, il est fondamental d'évaluer l'âge de l'image relativement aux nombres de réenregistrements qu'elle aurait pu subir. Cette information est implicitement codée dans les fichiers JPEG, et pour qui sait la lire, confère une information essentielle propre à macro qualifier l'image, tout comme le discours qui l'accompagne. Il s'agit donc là d'une véritable brique sémiotique. Par exemple, si une personne fournit des clichés en indiquant qu'ils sont issus de son propre appareil photographique et récents, et que dans le même temps, il est démontré qu'ils ont été réenregistrés à plusieurs reprises, on mettra ainsi en évidence une incohérence sémiotique et vraisemblablement une tentative de manipulation, voire d'influence.

La figure 12 montre la mesure de l'âge d'une photographie relativement « jeune », tandis que la figure 13 montre la même mesure pour une image plusieurs fois réenregistrée avec une diminution progressive (mais discrète) de la qualité. Dans le même ordre d'idée, l'encodage JPEG est à même d'indiquer si l'image source est directement issue d'un appareil photographique ou, à l'opposé, de désigner le logiciel de post-production si le dernier a réenregistré le fichier.



Fig. 12 : Signal d'une image jeune



Fig. 13 : Signal d'une image sous-échantillonnée

Il est possible de pousser plus en avant cette logique, et ceci, de deux façons différentes. La première consiste à supposer que dans le cas de retouches par patchs exogènes, voire dans le cas de retouches endogènes profondes et destructrices, il est possible de mesurer des zones aux caractéristiques JPEG différentes. La figure 14 montre, à gauche, une image source où l'on a procédé à cinq retouches, et à droite, la mise en évidence de



Fig. 14 : Photographie retouchée et détection des différences JPEG



ces altérations. L'identification des zones retouchées est une question d'interprétation. En effet, l'algorithme met uniquement en évidence les zones de l'image ayant des caractéristiques JPEG sensiblement différentes.

La deuxième s'inscrit dans une perspective archéarithmique. Nous qualifions « d'archéarithmique » cette dynamique qui consiste à remonter le plus haut possible dans l'histoire algébrique de l'image numérique. Ainsi, dans les cas les plus propices, nous sommes en mesure d'identifier la marque, voire la gamme d'appareil photographique impliqué.



Fig. 15 : Image source

poussée et concerne aussi bien les composants physiques (optiques et électroniques) comme l'intégralité des algorithmes logiciels. Il se trouve que les fabricants et éditeurs cherchent systématiquement soit à supprimer (très tôt) l'information lumineuse non pertinente, soit à la masquer dans l'image finale. Plus que masquée, il conviendrait de dire que cette information est littéralement « obfusquée ».

Nos recherches nous ont démontré que non seulement les capteurs sont nettement plus sensibles que ce que le résultat final laisse supposer, mais que par ailleurs, ils enregistrent des variations infimes dans des domaines qui sont normalement filtrés par l'électronique. Nous savons que cette information est par la suite algorithmiquement obfusquée dans le fichier final et qu'en disposant des bons algorithmes de décodage, il est possible de reformuler intégralement l'information portée par le cliché et ainsi révéler des propriétés physiques intrinsèquement liées aux événements réels contenus dans la scène photographiée. Les applications sont doubles : détecter des retouches artificielles, mais également disposer d'un nouvel outil d'exploration de certains phénomènes physiques. Nous sommes en train de réaliser une large campagne de mesures sur les phénomènes météorologiques violents : orages, tornades et cyclones.

### 3 Analyse optique

Les algorithmes précédents sont dits « algébriques ». Ils ont comme matière première la structure mathématique directement induite par le codage de l'image dans le fichier informatique. Il y a un tel écart entre la façon dont fonctionnent l'œil humain et ce codage informatique que des lois algébriques ad hoc sont nécessaires pour permettre à l'œil de percevoir le cliché numérique. Il arrive que ces lois algébriques ne soient pas exploitables, qu'elles soient si perturbées qu'il est difficile de discerner les retouches des artefacts calculatoires. Dans ces conditions, on complètera l'approche algébrique par des algorithmes dits « optiques ». Comme son nom l'indique, la photographie est « lumière ». Cependant, plus que lumière elle-même, photographier, c'est en fixer les variations sur un même plan focal.

L'intérêt de la lumière dans toute démarche de détection des retouches, c'est qu'elle est « incorruptible » ou presque. En effet, les lois physiques qui régissent la façon dont la lumière va venir impressionner le capteur optronique ont la double caractéristique d'être homogènes et isotropes. Par conséquent, il est possible d'interpréter les résultats de façon transverse quels que soient l'endroit et les conditions de prise de vue. De la même façon, comme ces lois sont parfaitement connues, il est possible de détecter des aberrations dans la façon dont la lumière est « représentée » sur la photographie. Pour ce faire, il existe plusieurs approches. Le premier algorithme utilise une particularité intrinsèque de la photographie numérique, basée à la fois sur le capteur optronique et sur la transformation du domaine spatial optique vers le domaine fréquentiel.

Il se trouve que l'œil humain n'est pas également sensible aux variations des différents composants de la lumière visible. Par exemple, nous sommes considérablement plus sensibles aux variations de luminance que de chrominance. Par conséquent, les industriels de la photographie numérique ont adapté et calibré l'ensemble de la chaîne de production de l'image relativement à ce fonctionnement. Cette démarche d'optimisation est aujourd'hui extrêmement

La figure 15 montre une image disponible en téléchargement. La figure 16 montre les résultats obtenus avec l'approche optique. On observe sous l'avion une zone excessivement géométriquement régulière. Ainsi, cette forme parallélépipédique est soit la conséquence d'un phénomène aérien et/ou optique singulier, soit la matérialisation d'une retouche. La levée du doute se fera grâce à l'environnement sémiotique de l'image.

Le schéma d'utilisation de ces algorithmes est quelque peu inversé. En effet, les algorithmes algébriques ont-ils comme finalité de révéler les incohérences statistiques

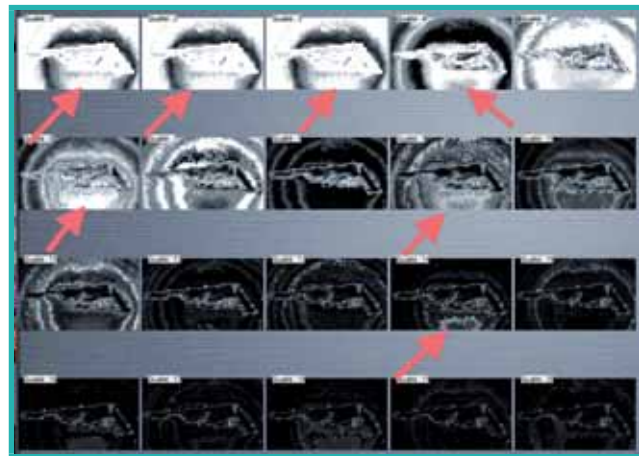


Fig. 16 : Mise en évidence d'une retouche par l'approche optique



Fig. 17 : Deux avions militaires en vol

dans la construction « pixellaire ». En revanche, l'approche optique a pour finalité de démontrer que les lois physiques qui baignent la scène photographiée sont présentes, homogènes et isotropes. Si cette approche mettra difficilement en évidence une retouche artificielle, elle révélera plutôt l'absence des effets de lois physiques. Ces lois doivent nécessairement avoir des effets sur la façon dont la lumière « vibre » dans l'espace.

Comme pour l'approche algébrique, il est possible de déployer une « scrutation profonde » optique. Cette scrutation réalise une segmentation des constituants lumineux de la photographie en mettant en évidence des phénomènes de réfraction et de diffraction diffus. La détection de retouches est possible car ces lois sont connues et ont une signature visuelle relativement simple d'interprétation. Par conséquent, l'apparition d'anomalies dans les « chemins » lumineux mènera l'analyste à se questionner sur leurs raisons. Cependant, ce dernier algorithme est plus conçu pour vérifier la validité des lois physiques, dont les effets sont capturés par la photographie, que pour rechercher un type spécifique de retouche. En fait, à rebours par rapport aux approches algébriques, on déduira plus à l'absence de retouche (qu'à leur présence) par l'observation d'effets invisibles à l'œil nu sur l'image analysée et qui confirme l'homogénéité et l'isotropie de ces lois physiques.

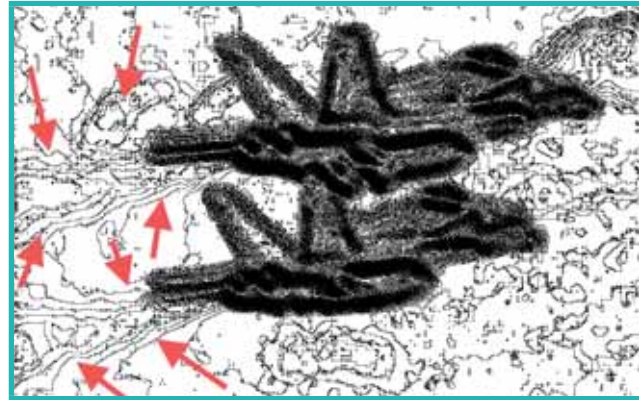


Fig. 18 : Validation de la photographie par la confirmation de la présence de traînées chaudes

La figure 17 montre la photographie de deux avions F18 en vol sur un fond de ciel bleu. Si l'on convient que rien n'est plus semblable que deux chasseurs du même type volant côte à côte, on se convainc aisément qu'une telle image est facile à créer en post-production. La figure 18 montre le résultat de la scrutation optique profonde. On aperçoit nettement (flèches rouges) les turbulences dans le sillage des deux avions et formées par l'éjection des gaz chauds. Ainsi, cet algorithme ne met pas directement en évidence ces gaz, ni même les turbulences. Il met en évidence les perturbations subies par la lumière dans son trajet et dans ses vibrations lorsqu'elle traverse ces zones de turbulences.

On se souvient, en 2008, des annonces du gouvernement iranien quant à leur capacité à maîtriser le lancement de vecteurs balistiques potentiellement porteurs de charges nucléaires. Une série de photographies a été diffusée pour illustrer les capacités technologiques de ce pays. La photographie de la figure 19 montre, à gauche, une de ces images (source AFP). Très rapidement, ce cliché a été attaqué et il a été dit que des zones entières de l'image étaient dupliquées, dont deux panaches de poussière ainsi que les missiles qui se trouvent juste au-dessus. Nous avons confirmé ces allégations de façon formelle et scientifique (image de droite). Avec l'approche optique, il



Fig. 19 : Tir de missiles iraniens et retouches par clonage d'un des missiles

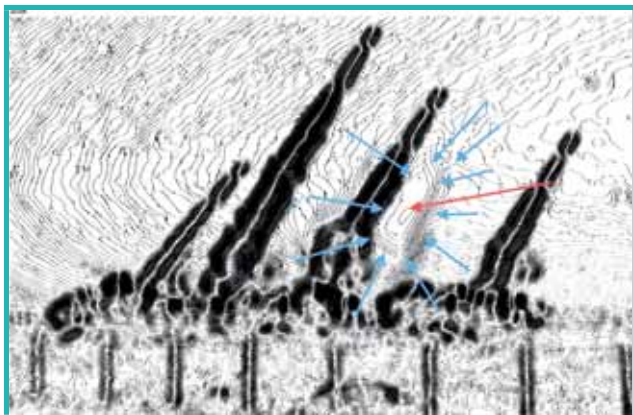


Fig. 20 : Mise en évidence d'une autre retouche profonde par la scrutation optique profonde

est possible d'aller plus loin et démontrer qu'il existait une autre retouche importante qui pourrait (sémiotiquement) justifier la duplication d'au moins un des missiles. La figure 20 montre le résultat de la scrutation profonde optique sur cette image. Les flèches pointent vers une zone éminemment suspecte, où l'on observe un motif constitué de formes homothétiques et concentriques. Ces formes font d'ailleurs indubitablement penser à des ogives ! Sans aucun doute, un tel phénomène lumineux n'existe pas à l'état naturel. Il est hautement probable qu'il soit le résultat de traitement local de la photographie, justement dans une zone contiguë au missile suspect. Il y avait vraisemblablement à cet endroit un objet qui a été retiré. Il n'est pas interdit de penser qu'il pouvait s'agir du vrai missile qui aurait pu connaître quelques difficultés de fonctionnement.

## 4

## Manipulation et sémiotique de l'image

Les approches informatiques ou photographiques sont insuffisantes à nous restituer les difficultés et les enjeux, tant de la production d'altérations photographiques que de leur détection. Le langage courant a consacré le terme « retouche » pour désigner ces altérations volontaires produites en post-production par des logiciels spécifiques, dont le plus connu est indiscutablement PhotoShop. Cette habitude lexicale est exagérément simplificatrice.

En effet, il convient de distinguer explicitement l'action de « développement » de celle de « retouche ». Dans les deux cas, des nuances ad hoc existent. Cependant, cette première dichotomie peut être établie sur la base de critères simples. Le « développement » est fondamentalement un acte photographique à connotation artistique. Il s'agit de modifier le fichier « porteur de la photographie » en agissant sur des paramètres strictement photographiques : exposition, saturation, contraste, niveaux, etc. En règle générale, les modifications sont appliquées à l'intégralité de l'image et sont algorithmiquement réversibles.

À l'opposé, l'action de « retouche » concernera un nombre restreint de pixels et sera basée sur des considérations sémiotiques. La mobilisation de la « sémiotique », à côté des considérations technologiques, est certainement la principale rupture et avancée que nous proposons. La sémiotique offre un cadre conceptuel quasi formel, qui nous permet, pour la première fois, de poser une définition acceptable et opératoire de la « retouche photographique ». Nous énonçons donc que retoucher une photographie, c'est modifier le discours porté par l'image. Nous savons qu'elle est construite à partir d'éléments visuels qui font écho à notre propre culture et notre capacité à interpréter ces éléments visuels. Autrement dit, il n'y a pas de sémantique unique, ni de règle définitive pour en trouver une et encore moins anticiper qu'elle sera l'interprétation construite par un observateur donné. Poursuivant les fondamentaux de la sémiotique visuelle ainsi que les réflexions du groupe « mu » [1], la retouche photographique s'approprie les signes iconiques de la photographie pour les traiter comme des signes plastiques afin de proposer un discours reformulé.

Une photographie ne se regarde pas, elle « s'écoute ». Une photographie ne se montre pas, elle se raconte. Sans « récit », aucun échange n'est possible. Par conséquent, retoucher une photographie, c'est proposer à des observateurs tiers un récit personnel qui sera d'autant plus crédible qu'il est « dense » sur l'espace topologique des éléments visuels de la photographie. Pour illustrer ce concept, imaginons que tous les objets présents sur la photographie peuvent être décrits par des éléments de langage. Supposons que ces éléments visuels sont comme des « points » sur une carte. Une propriété du récit adossé à la photographie est de pouvoir passer aussi « près » que possible d'autant de points que l'on souhaite de notre carte. On peut admettre que pour les photographies sans ambiguïté particulière, il existe un récit moyen qui sera communément admis par la majorité des observateurs. Retoucher une photographie, c'est à la fois proposer un récit différent, la plupart du temps, pour qu'il s'adapte à la doxa. Lorsque l'on fit disparaître la bague dispendieuse de Rachida Dati en première page du Figaro, on proposa un nouveau récit au lecteur : « Rachida Dati est une femme comme les autres et ne se fait pas photographe sur les bancs de l'Assemblée nationale avec un bijou de plusieurs milliers d'euros. » Pas de chance, ce récit réinventé est entré en collision avec l'information authentique contenue dans la photographie non retouchée et diffusée par d'autres canaux. L'art du retoucheur est précisément de proposer un discours dont le caractère singulier doit passer inaperçu. ■

### ■ RÉFÉRENCE

[1] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Groupe\\_mu](http://fr.wikipedia.org/wiki/Groupe_mu)