

Anonymisation fine de visages avec préservation des expressions faciales

Geoffrey Letournel, Aurélie Bugeau, Vinh-Thong Ta, Jean-Philippe Domenger, Maria Caterina Manes Gallo

► **To cite this version:**

Geoffrey Letournel, Aurélie Bugeau, Vinh-Thong Ta, Jean-Philippe Domenger, Maria Caterina Manes Gallo. Anonymisation fine de visages avec préservation des expressions faciales. *Reconnaissance de Formes et Intelligence Artificielle (RFIA) 2014*, Jun 2014, Rouen, France. pp.6, 2014. <hal-00991456>

HAL Id: hal-00991456

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00991456>

Submitted on 15 May 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Anonymisation fine de visages avec préservation des expressions faciales

Geoffrey Letournel^{1,3} Aurélie Bugeau^{1,3} Vinh-Thong Ta^{2,3}
Jean-Philippe Domenger^{1,3} Maria Caterina Manes Gallo⁴

¹ Univ. Bordeaux, LaBRI, UMR 5800, F-33400 Talence, France.

² IPB, LaBRI, UMR 5800, F-33600 Pessac, France.

³ CNRS, LaBRI, UMR 5800, F-33400 Talence, France.

⁴ Univ. Bordeaux, TELEM, EA 4195, F-33607 Pessac, France.

{geoffrey.letournel, aurelie.bugeau, vinh-thong.ta, jean-philippe.domenger}@labri.fr
maria-caterina.manes-gallo@u-bordeaux3.fr

Résumé

Cet article présente une application en traitement d'images encore peu étudiée : l'anonymisation fine de visages. L'objectif est de rendre anonyme les individus présents dans des images tout en gardant les informations pertinentes à une analyse de leurs émotions et de leurs expressions faciales. Ce problème est complexe car l'anonymat n'est respecté qu'en dégradant nettement le visage alors que l'analyse des émotions nécessite de conserver suffisamment d'informations de ce dernier. Dans ce travail, nous proposons une nouvelle méthode basée, d'une part, sur la détection du visage et l'extraction de repères faciaux et, d'autre part, sur un lissage adaptatif basé sur la minimisation d'une fonctionnelle afin de rendre le visage anonyme tout en conservant au mieux ses expressions et ses émotions. Des résultats expérimentaux démontrent le potentiel de l'approche et ouvrent ainsi de nombreuses perspectives, notamment pour la diffusion de corpus audio-visuels

Mots Clef

Anonymisation fine, préservation d'expressions faciales, filtrage adaptatif

Abstract

In this paper, a new application of image processing is explored: the fine anonymization of faces. The objective is to anonymize people present in images while keeping the relevant information allowing facial expressions and emotions analysis. It is a difficult problem. Indeed, obtaining the anonymity implies deteriorating the faces. At the opposite, allowing the analyses requires keeping enough information on the faces. In this paper, we propose a novel method based on different steps. First, a face detection and landmarks extraction are performed. Finally, an adaptive filtering is applied in order to anonymize the face while preserving facial expression and emotions. Experimental results show the potential of the proposed method and open new insights, e.g., in video broad-casting.

Keywords

Fine anonymization, facial expressions preservation, adaptive filtering

1 Introduction

Pour pouvoir être diffusées, des images (fixes ou audiovisuelles) doivent garantir l'anonymat des personnes présentes sur ces images. Cet anonymat est classiquement obtenu en ajoutant du flou (généralement Gaussien) sur le visage ou avec une technique de pixellisation. Ces techniques détruisent totalement tout les indices qui contribuent à la reconnaissance des expressions faciales des personnes. Ces indices (par exemple la direction du regard ou la commissure des lèvres) sont néanmoins indispensables, notamment en sciences humaines et sociales, pour l'étude des dynamiques interactionnelles, sous-jacentes aux situations de communication interpersonnelles à l'oral, mises en œuvre dans différentes activités sociales.

L'objectif de ce travail est de proposer une nouvelle méthode pour l'*anonymisation fine* de visages, c'est-à-dire, rendre l'identification des individus la plus difficile possible tout en préservant au mieux les indices du comportement non-verbal comme la direction du regard, le sourire ou encore la mimique faciale. Le meilleur moyen de garantir l'anonymat d'un individu est de supprimer les yeux et la bouche. Ces régions du visage sont néanmoins indispensables parce qu'elles fournissent des indications précieuses pour l'analyse du comportement non-verbal et des émotions. Dans cet article, nous proposons une nouvelle méthode qui vise à trouver un compromis entre ces deux contraintes opposées que sont la conservation des mimiques faciales et l'anonymisation de l'identité.

Les résultats de l'anonymisation fine des visages ont un véritable intérêt pour l'étude des processus de communications inter-individus à partir de données audio-visuelles. L'anonymisation fine des personnes filmées rend envisageable de nombreuses applications. Par exemple, dans le cadre du marketing, l'anonymisation permettrait d'étudier

le comportement d'un individu devant un rayon de supermarché. Dans le cadre de l'e-éducation, elle fournirait un outil pour observer le comportement des apprenants devant une plateforme éducative. Enfin, dans le cadre de l'enseignement médical (psycho thérapeutique) ou juridique elle mettrait à disposition un outil pour diffuser des données de terrains qui viendraient illustrer et compléter par des cas concrets l'enseignement des savoirs théoriques.

Contributions Le travail présenté ici aborde un champ de recherche peu exploré, à savoir l'anonymisation fine de visages avec préservation des expressions faciales. Nous proposons une nouvelle méthode de filtrage adaptatif reposant sur la minimisation d'une fonctionnelle permettant la reconnaissance des mimiques faciales des personnes anonymisées. L'approche développée permet l'anonymisation sans imposer de contraintes sur la pose de la personne, l'éclairage ou le contexte de l'image.

Plan de l'article Dans la section 2, la problématique de l'anonymisation fine est présentée ainsi que la perception et l'identification du visage d'un point de vue cognitif. La section 3 présente en détail notre nouvelle approche pour aborder cette problématique. Elle utilise une méthode de détection de visages et de localisation de repères faciaux, et une régularisation adaptative par variation totale. Des résultats expérimentaux sont présentés dans la section 4 et montrent le potentiel de la méthode. L'ensemble des images utilisées dans ce travail proviennent de la base de données fournit par [16]. Pour finir, la section 5 développe des perspectives de ce thème de recherche.

2 Anonymisation et identification de visages

Cela fait maintenant longtemps que des processus d'anonymisation des visages sont utilisés en traitement d'images et de vidéos pour la diffusion de reportage télévisuel ou la diffusion de corpus audio-visuels à des fins d'analyses scientifiques.

Les deux techniques d'anonymisation qui sont généralement utilisées sont : la dégradation de l'image avec, par exemple, le lissage ou la pixellisation (figures 1(a) et 1(b)), ou encore la suppression d'une partie de l'image avec, par exemple, le placement d'un bandeau noir sur les yeux de la personne (figure 1(c)). Ces méthodes permettent d'anonymiser les personnes, mais ne permettent pas de préserver les expressions faciales. D'autres méthodes plus élaborées cherchent à accentuer certains traits du visage (détection de contours), à changer la couleur de la peau (inversion vidéo) ou encore, en utilisant des techniques de dessins animés [2] à des fins d'anonymisation. Ces techniques ne sont néanmoins pas robustes pour les proches des personnes anonymisées. De plus, dans le cas de la transcription de corpus audio-visuels, des informations indispensables à l'analyse du comportement non-verbal, comme la direction du regard, sont généralement perdues. Dans [12], l'auteur propose d'utiliser une reconnaissance

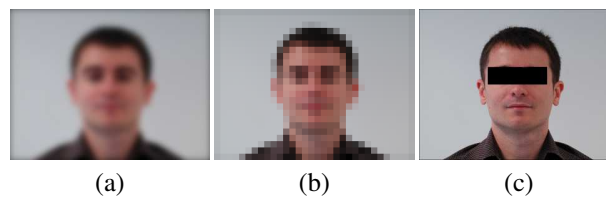


Figure 1: Exemples d'anonymisation ne préservant pas les expressions faciales : (a) lissage, (b) pixellisation et (c) mise en place d'un bandeau

d'expression pour l'anonymisation afin de transférer le visage d'une personne sur celui d'une autre. En partant de ce principe, d'autres méthodes de dé-identification [9, 13] ont été proposées. Ces méthodes permettent de conserver l'expression générale sans garder l'identité. Cependant ce type d'approches manque de précision dans la reconnaissance du comportement ou de l'expression faciale et les résultats obtenus sur des vidéos ne semblent pas naturels (manque de continuité spatiale et temporelle des résultats) ce qui limite toutes analyses futures.

Dégrader fortement l'ensemble du visage sans *a priori* empêche l'analyse du comportement non verbal ou de l'expression faciale, nous proposons dans cet article de ne pas ou peu filtrer les zones d'expressions du visages, tout en s'assurant que le traitement proposé ne permette pas la reconnaissance de l'identité de la personne.

Plusieurs études sur la reconnaissance de visages par le système visuel humain ont été réalisées dans le domaine des sciences cognitives (notamment en psychologie). Ces études montrent que, pour identifier une personne, l'être humain parcourt le visage [7], en analysant d'abord les lignes horizontales (les sourcils, les yeux et les lèvres) et s'intéresse ensuite aux zones d'ombres et de lumières (par exemple, les creux des yeux, les pommettes ou le front). Ce sens de parcours a été confirmé dans [11] où les auteurs ont observé que le cerveau extrait des caractéristiques d'abord sur les yeux puis sur le nez et la bouche. Les yeux ont donc une place très importante dans la reconnaissance des visages. Les auteurs de [15] étudient l'influence des yeux et celle des sourcils dans un processus d'identification d'une personne. Il apparaît que ces deux régions jouent un rôle important, mais de manière différente. Ainsi les sourcils jouent principalement le rôle de marqueurs de position permettant d'estimer les distances entre les différentes parties du visage tandis que les yeux représentent une zone réellement discriminante pour la reconnaissance. Pour confirmer l'importance des yeux, de la bouche et du nez dans un but de reconnaissance de visages, des travaux ont été menés et montrent que d'autres régions comme le menton, le front et le cou ne sont pas prépondérantes [6]. D'autres études portent sur l'analyse des expressions et notamment des sept émotions de base exprimées par le visage humain (par exemple la joie, la tristesse ou encore la colère). Il apparaît que les structures du visages les plus utilisées sont placées sur les sourcils, les yeux et la bouche alors que les joues

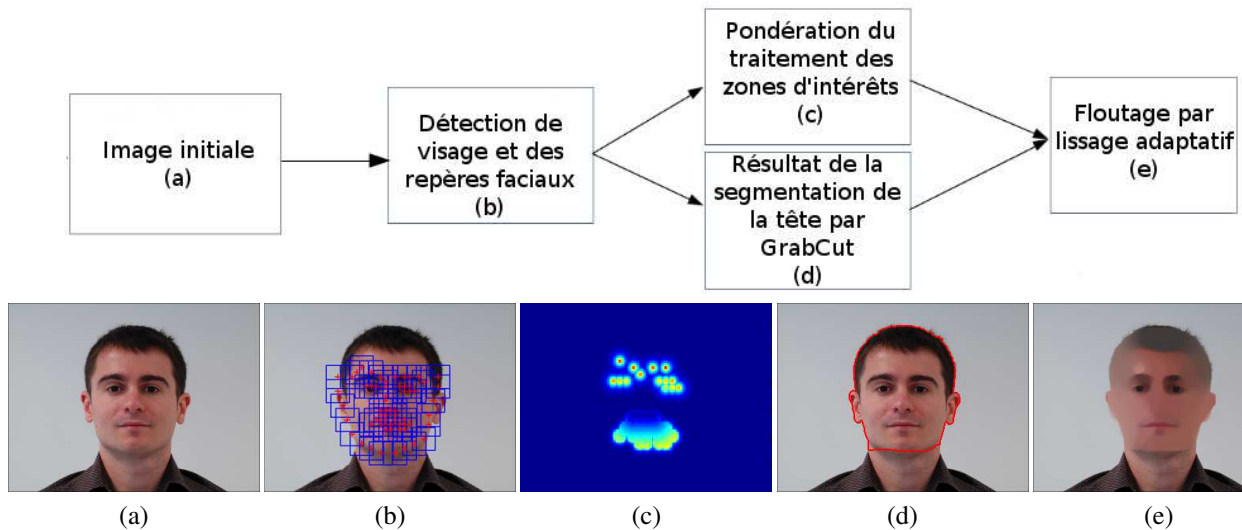


Figure 2: Chaîne de traitements pour l’anonymisation fine de visages: (a) image initiale, (b) détection de visages et localisation de repères faciaux, (c) pondération du traitement des zones d’intérêts, (d) segmentation de la tête, (e) résultat du lissage adaptatif.

et le menton interviennent peu. Ainsi, les yeux, les sourcils et la bouche participent aussi bien à la reconnaissance du visage qu’à celle de l’expression alors que le nez ne semble pas intervenir dans le processus d’expression de l’émotion [8].

À partir de ces constats, nous proposons dans cet article une nouvelle méthode d’anonymisation, dite *fine*, permettant d’une part, d’anonymiser une personne (l’ensemble des structures du visage et notamment le nez) et d’autre part, de préserver au mieux les structures du visage permettant de conserver l’identification de l’expression faciale (les yeux, les sourcils et la bouche).

Finalement, [10] montre que les visages inconnus sont plus difficiles à reconnaître que les visages familiers en particulier en cas de changement de point de vue ou de rotation du visage. Cette étude aura principalement son importance lors de la mise en place d’un protocole de tests de validation de la méthode sur un panel de personnes.

3 Anonymisation fine

Dans cette section nous présentons notre méthodologie afin de pouvoir réaliser l’anonymisation fine de visages dans des images. La chaîne complète de traitements est schématisée dans la figure 2 et se décompose en trois grandes parties : la détection du visage et la localisation des repères faciaux, la segmentation de la tête et finalement, le lissage adaptatif avec la pondération du traitement des zones d’intérêts.

3.1 Détection du visage et localisation des repères faciaux

Comme détaillé dans la section 2, le visage ne peut pas être dégradé dans sa totalité. Certaines parties doivent être conservées afin de pouvoir préserver l’expression fa-

ciale du visage. La première étape de notre méthode d’anonymisation fine consiste à trouver les régions à traiter, c’est-à-dire le visage ainsi que les structures intervenant dans l’expression : les yeux et la bouche. Pour ce faire, une méthode capable de détecter les visages, mais aussi ses régions d’intérêt est nécessaire. Un grand nombre de détecteurs de visages existe dans la littérature, mais sont limités par des contraintes comme la pose, l’absence d’occultation ou encore les conditions d’éclairage. De plus, ils ne donnent généralement que peu d’informations sur la localisation des yeux ou de la bouche, et une étape supplémentaire est nécessaire pour détecter ces repères faciaux. Différentes méthodes d’estimations de repères faciaux, comme les modèles d’apparence active [5], sont utilisables en post-traitements de la détection de visages, mais requièrent un temps de calcul supplémentaire.

Récemment, une méthode couplant directement la détection de visages, la localisation des repères faciaux ainsi que l’estimation de pose a été proposée [17]. La représentation du visage est faite en utilisant une structure de données de type arbre permettant de connecter les repères d’une même zone d’intérêt du visage, par exemple les sourcils ou encore le bord du visage. Un exemple est donné sur la figure 2(b). Les points rouges représentent les repères faciaux détectés par la méthode proposée par [17].

3.2 Segmentation de la tête

Le visage est la partie la plus identifiable du corps, mais les cheveux conditionnent beaucoup la façon dont va être appréhendée celui-ci. On cherchera donc à appliquer un traitement sur l’ensemble de la tête. La méthode de détection de visages choisie fournit les repères faciaux [17] qui seront utiles, mais ne donnent pas l’ensemble de la tête (visage et cheveux). Afin de l’extraire, nous utilisons la

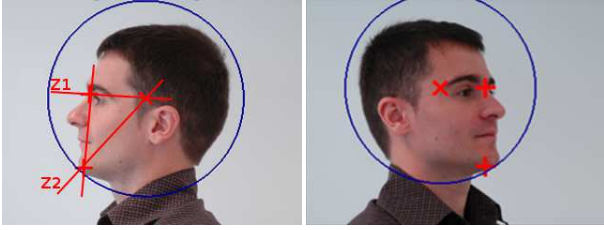


Figure 3: Exemples d’initialisation du GrabCut [14] pour la segmentation de la tête

méthode du GrabCut [14] dont le principe de segmentation repose sur une méthode de coupe de graphe par coupe minimale/flot maximal [1]. L’initialisation du GrabCut se fait de la manière suivante : à partir de la pose estimée et de la position du nez et du menton, la tête est inscrite dans un cercle dont l’extérieur constitue l’arrière plan. Le centre du cercle est trouvé en prenant l’intersection de l’orthogonal $Z1$ à l’axe menton/nez passant par le nez et de sa rotation $Z2$ d’un angle moitié à celui de la pose, avec le menton pour centre. Sur la figure 3, deux exemples d’initialisation sont montrés. Les repères du nez et du menton utilisés sont représentés par des + et le centre du cercle par un ×. Le rayon est simplement la distance entre le centre et le menton. L’objet cible et l’arrière plan sont caractérisés par la distribution de leurs couleurs en utilisant des mélanges de Gaussiennes [14]. Un exemple de résultat de la segmentation est illustré figure 2(d) où le contour de l’objet segmenté est représenté en rouge.

3.3 Lissage adaptatif

La méthode de lissage utilisée pour l’anonymisation fine repose sur un modèle variationnel. Ainsi, nous proposons une régularisation de la tête (visage et cheveux) par variation totale en minimisant la fonctionnelle suivante :

$$J_1(u) = \int_{\Omega} |\nabla u| + \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega} \|u - u_0\|^2, \quad (1)$$

avec u et u_0 définis de $\Omega \rightarrow [0, 255]^3$ respectivement l’image résultat et initiale, et Ω le domaine de définition des images, c’est-à-dire, l’ensemble des pixels trouvé par la segmentation de la tête. Le premier terme correspond à un terme de régularisation et le second à un terme d’attache aux données. Le paramètre λ pondère l’influence des deux termes de (1). L’intérêt de la variation totale est de filtrer l’image tout en conservant les discontinuités, c’est-à-dire, les contours. Dans le cadre de l’anonymisation fine, cela permet de conserver les forts contours du visage généralement indispensable pour l’analyse du comportement.

L’originalité de la méthode vient de l’utilisation d’un λ variable en chaque pixel, ce qui permet de réaliser un filtrage sélectif et adaptatif. Un poids fort sur les zones d’intérêts du visage réduit la quantité de flou afin de garder les expressions. Un poids faible sur le reste du visage assure l’anonymisation. La fonctionnelle (1) peut alors être

réécrite de la manière suivante:

$$J_2(u) = \int_{\Omega} |\nabla u| + \int_{\Omega} \frac{w(x)}{2} \|u(x) - u_0(x)\|^2 dx. \quad (2)$$

Elle est minimisée par un algorithme primal-dual [4]. La formulation duale de la fonctionnelle précédente s’écrit :

$$\min_u \max_Z - \langle \text{div } Z | u \rangle + \int_{\Omega} \frac{w(x)}{2} \|u(x) - u_0(x)\|^2 dx$$

où Z est la variable duale, et $w : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^+$ est une fonction de poids variant en chaque pixel. En suivant la méthode de [4], l’algorithme 1 résume les différentes étapes pour minimiser le problème (2).

Algorithm 1 Minimisation de la fonctionnelle (2)

$Z \leftarrow 0, u \leftarrow u_0.$

for $n > 0$ **do**

$Z \leftarrow P_B(Z + \tau_Z \nabla u)$

$\forall x \in \Omega,$

$u(x) \leftarrow P_U \left(\frac{u(x) + \tau_u (\text{div } Z(x) + w(x)u_0(x))}{1 + \tau_u w(x)} \right)$

end for

P_B est la projection orthogonale sur la boule unitaire. P_U est la projection orthogonale de u sur l’espace de couleur RGB. Pour assurer la convergence de l’algorithme, les pas de temps τ_u et τ_Z sont fixés tels que $24\tau_Z\tau_u < 1$ (voir [4] pour la preuve).

La fonction de poids w est introduite dans la fonctionnelle de façon à faire varier la quantité de lissage en fonction de la distance à certains repères faciaux préalablement choisis. Ce poids permet d’adapter le traitement aux différentes zones du visage. En effet, les yeux, les sourcils et la bouche ne doivent pas trop être dégradés pour assurer l’analyse du comportement et des expressions, tandis que le nez doit absolument être effacé pour accentuer l’anonymat. Nous définissons donc $A = \{\text{mouth, eyes}\}$ et $B = \{\text{nose}\}$ les ensembles de zones du visage à traiter, et des cartes de poids w_i avec $i \in \{A, B\}$ adaptées à ces régions. Ces poids dépendent des cartes de distance D_i calculées avec la distance Euclidienne de chaque pixel au repère extrait le plus proche. La figure 4 montre un exemple d’estimation d’une carte de distance. La figure 4(a) montre les repères faciaux des sourcils et des yeux détectés et la figure 4(b) la carte de distance D_{eyes} associée obtenue à l’aide de la méthode proposée dans [3]. Les fonctions de poids sont alors calculées, telles que $\forall x \in \Omega$:

$$w_i(x) = \begin{cases} \lambda_i \exp(-D_i(x)/\sigma_i) & \forall i \in A \\ \exp(D_i(x)/\sigma_i) - 1 & \forall i \in B \end{cases} \quad (3)$$

avec

$$\sigma_i(x) = \begin{cases} -d_i / \log(\lambda_d / \lambda_i) & \forall i \in A \\ d_i / \log(\lambda_d + 1) & \forall i \in B. \end{cases} \quad (4)$$

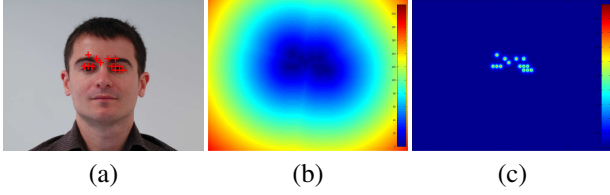


Figure 4: Exemple de carte de distance. (a) Repères faciaux détectés autour des yeux. (b) Carte de distance D_{eyes} . (c) Fonction de poids w_{eyes} .

Le paramètre d_i dépend de la taille du voisinage carré de taille $n \times n$ des repères faciaux de la zone $i \in \{A, B\}$ (voisinage représenté en bleu dans la figure 2(b)) :

$$d_i = \alpha_i n \text{ avec } 0 < \alpha_i < 1. \quad (5)$$

Les valeurs de deux paramètres λ_d et σ_i , ainsi que α_i sont données dans la section 4. Le paramètre λ_i , $i \in A$ correspond au paramètre de lissage ou plus précisément à la quantité de lissage à appliquer sur les repères faciaux. Pour $i \in A$, le poids w_i est maximal $w_i = \lambda_i$ quand la carte de distance D_i est nulle, c'est-à-dire, sur les repères faciaux, et, en s'éloignant, la décroissance est exponentielle. De même pour $i \in B$, le poids w_i est nul sur les repères faciaux, et en s'éloignant, la croissance est exponentielle. La figure 4(c) montre un exemple de fonction de poids sur les yeux avec $\lambda_i = 0.1$.

Ces fonctions de poids sont finalement fusionnées dans (2) telles que, $\forall x \in \Omega$

$$w(x) = \min \left((w_{nose}(x), \max(w_{mouth}(x), w_{eyes}(x))) \right). \quad (6)$$

4 Résultats

Dans cette section, des expérimentations illustrent le potentiel de notre méthode afin d'anonymiser des personnes tout en conservant les expressions faciales à des fins d'analyse du comportement. Pour tous les résultats présentés ici, dans le cas de la bouche et des yeux $\alpha_{i \in A} = 1/3$ et pour le nez $\alpha_{i \in B} = 1/10$. À une distance d_i des repères, nous avons observé sur toutes les images de test, un poids w_i valant 0.005 donnait des résultats visuellement satisfaisants. Ainsi nous fixons $\lambda_d = 0.005$. Enfin, le paramètre de régularisation sur les repères est donné par $\lambda_{eyes} = 0.1$ et $\lambda_{mouth} = 0.5$ pour les yeux et la bouche.

La base de données utilisées pour les résultats de la figure 5 est celle fournie par [16]. Elle est constituée de 27 images couleurs de taille 240×320 pour chacune des 44 personnes photographiées selon différents angles de poses ($0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 45^\circ, \pm 60^\circ$ et $\pm 90^\circ$) et sous 3 éclairages (lumière naturelle, forte source de lumière à partir d'un angle de $\pm 45^\circ$, et enfin une source quasi frontale de lumière mi-forte) ainsi que d'une dizaine d'images frontales avec différentes expressions.

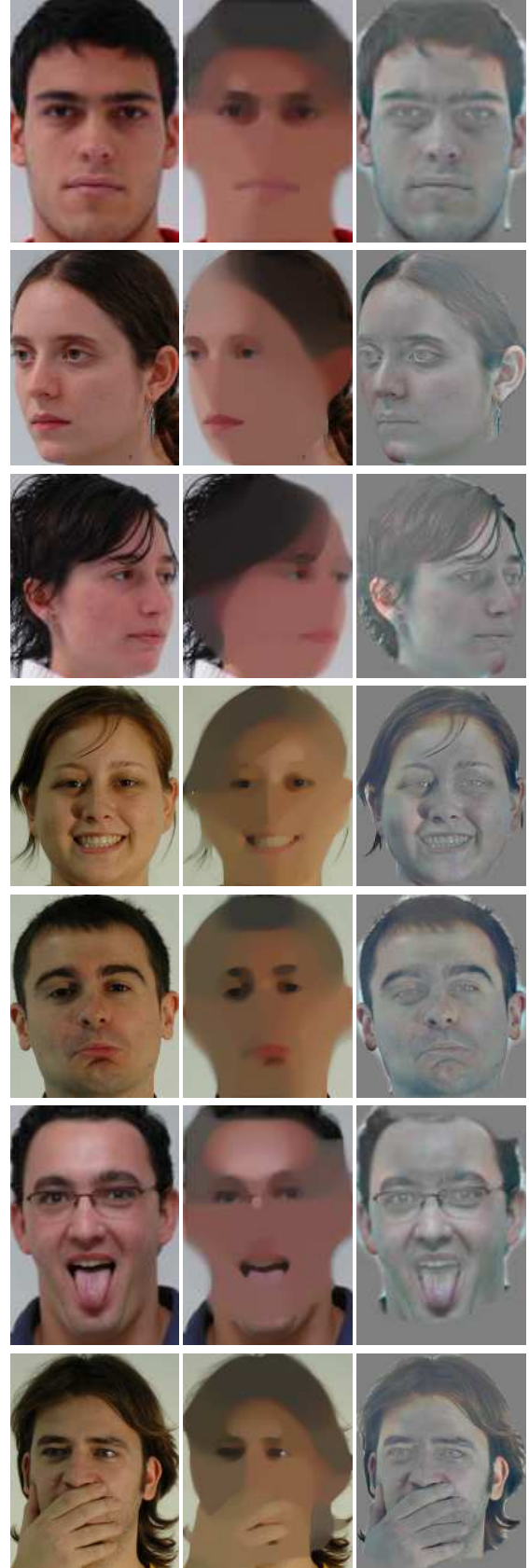


Figure 5: Résultats d'anonymisation (voir le texte pour plus de détails)

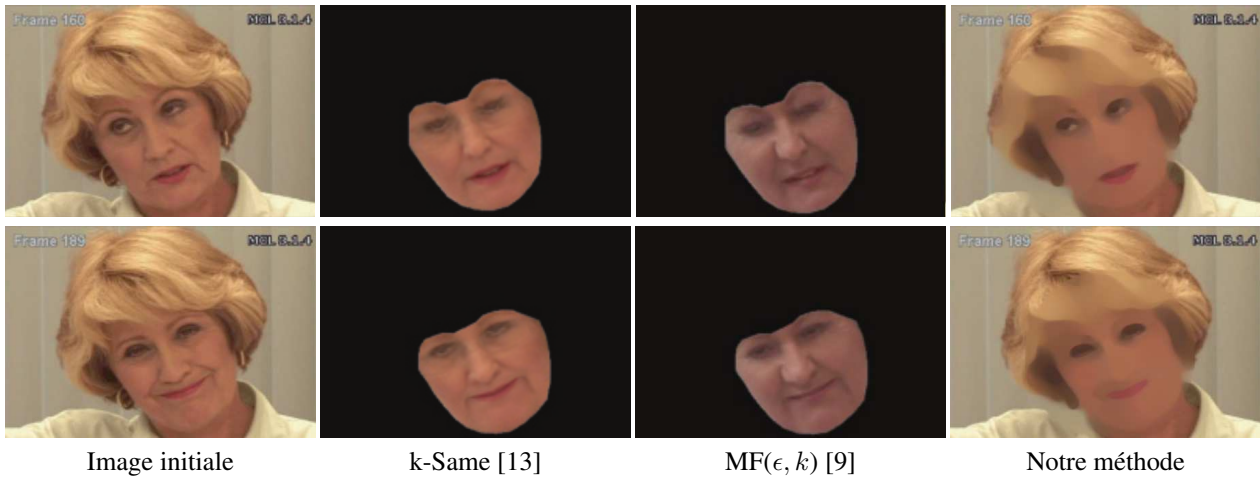


Figure 6: Une comparaison avec les résultats présent dans [9]

La figure 5 montre quelques exemples tirés de la base de donnée pour différentes personnes, expressions, par exemple neutre, souriant en montrant les dents ou encore tirant la langue et, pour différentes poses et orientation du visage. Les résultats présentés sur cette figure ne montrent que le résultat de l’anonymisation sur la tête segmentée.

La première colonne de la figure 5 montre l’image non anonymisée, la seconde colonne le résultat de la chaîne de traitements proposé et la dernière colonne la différence entre les deux premières colonnes permettant d’observer les parties du visage qui ont été conservées et celles effacées.

Comme le montre les résultats, sur des expressions plus ou moins naturelles, l’émotion est bien transmise. Par les méthodes de lissage classique, les yeux et la bouche étaient reconnaissables, mais aucun éléments ou indices ne pouvaient être extraits permettant la préservation de l’émotion ou de l’expression. Dans notre cas, comme le montre les résultats expérimentaux, la direction du regard est conservée, la commissure des lèvres peut être suivie, ainsi que l’ouverture de la bouche ou la présence de dents dans le sourire. Même en présence d’occultations, l’anonymisation reste valide et ne gêne pas la compréhension de l’image. Sur la dernière image, la bouche n’est pas visible, mais on reconnaît la main passant devant. De plus, nous pouvons voir que même si les yeux et la bouche sont conservés, ils ont été dégradés afin d’anonymiser au maximum le visage de la personne. Enfin, les images de différence confirment nos observations et on peut remarquer que les textures du visage ont été complètement extraite sur la majorité du visage tandis qu’autour des yeux et de la bouche seule les textures les plus fines sont visibles. Finalement, la figure 6 montre une comparaison entre notre approche et les méthodes de dé-identification k -Same [13] et $MF(\epsilon, k)$ [9]. Les images ont été extraites de l’article associé [9]. Tandis que ces deux méthodes diminuent significativement le taux de reconnaissance, les signes d’expressions sont mal préservés. Le sourire, par exemple, est perdu dans la deuxième image, ainsi que les yeux dans

la première image avec les autres méthodes.

5 Conclusion

Cet article introduit un domaine de recherche nouveau, à savoir l’anonymisation fine de visages. Une première méthode reposant sur un lissage adaptatif des différentes zones d’intérêt du visage a été présentée. L’anonymisation est une opération délicate tant par son exécution que par sa validation. Cet article propose une méthode prometteuse, mais la validation de sa pertinence reste encore à faire. Nous prévoyons ainsi la mise en place de tests de validation sur un panel de personnes, en collaboration avec des chercheurs de sciences cognitives.

Bien que cette méthode présente un premier pas vers l’anonymisation fine, un gros travail est encore à faire pour l’adapter à un corpus audio-visuel. De plus, il est évident que l’anonymisation du visage seul est rarement suffisante pour les familiers des personnes enregistrées, et une anonymisation de la voix, de la gestuelle, et du contexte est à envisager.

6 Remerciements

Cette étude a été financée par le projet PEPS Idex Bordeaux / CNRS - ANONYMA et a été menée dans le cadre des Investissements d’Avenir - Programme IdEx Bordeaux – CPU (ANR-10-IDEX-03-02).

References

- [1] Y. Boykov and V. Kolmogorov. An Experimental Comparison of Min-Cut/Max-Flow Algorithms for Energy Minimization in Vision. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 26(9):1124–1137, September 2004.
- [2] A. Brooks. Subject anonymisation in video reporting: is animation an option? In *International Conference Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*, 2012.

- [3] C. Maurer, V. Raghavan, and R. Qi. A Linear Time Algorithm for Computing Exact Euclidean Distance Transforms of Binary Images in Arbitrary Dimensions. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 25(2):265–270, Feb 2003.
- [4] A. Chambolle and T. Pock. A First-Order Primal-Dual Algorithm for Convex Problems with Applications to Imaging. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 40(1), May 2011.
- [5] T. Cootes and C. Taylor. Statistical Models of Appearance for Computer Vision. Technical report, Imaging Science and Biomedical Engineering, University of Manchester, mar 2004.
- [6] S. Corrow, T. Donlon, J. Mathison, V. Adamson, and A. Yonas. Predicting Face Recognition Skills in Children from Holistic Face Processing and Eye Tracking. *Journal of Vision*, 13(9), jul 2013.
- [7] S. Dakin and R. Watt. Biological “bar codes” in human faces. *Journal of Vision*, 9(4), April 2009.
- [8] P. Ekman, W.V. Friesen, and J.C. Hager. *Facial Action Coding System (FACS): Manual*. A Human Face, Salt Lake City (USA), 2002.
- [9] R. Gross, L. Sweeney, J. F. Cohn, F. De la Torre, and S. Baker. *Protecting Privacy in Video Surveillance*, chapter Face De-identification, pages 129–146. Springer Publishing Company, Incorporated, 2009.
- [10] P. Hancock, V. Bruce, and A. Burtonb. Recognition of unfamiliar faces. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(9):330–337, sep 2000.
- [11] M. Keil. “I look in your eyes, honey”: Internal face features induce spatial frequency preference for human face processing. *PLoS Computational Biology*, 5(3):e1000329, 2009.
- [12] H. Mercier. *Modélisation et suivi des déformations faciales*. PhD thesis, Université Toulouse III Ecole Doctorale Informatique et Télécommunication, March 2007.
- [13] E. M. Newton, L. Sweeney, and B. Malin. Preserving Privacy by De-Identifying Face Images. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 17(2):232–243, feb 2005.
- [14] C. Rother, V. Kolmogorov, and A. Blake. Grabcut: Interactive foreground extraction using iterated graph cuts. In *ACM Transactions on Graphics*, pages 309–314, 2004.
- [15] C. Saavedra, P. Smith, and J. Peissig. The Relative Role of Eyes, Eyebrows, and Eye Region in Face Recognition. *Journal of Vision*, 13(9), jul 2013.
- [16] F. Tarrés and A. Rama. GTAV Face Database. <http://gps-tsc.upc.es/GTAV/ResearchAreas/UPCFaceDatabase/GTAVFaceDatabase.htm>.
- [17] X. Zhu and D. Ramanan. Face Detection, Pose Estimation, and Landmark Localization in the Wild. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, June 2012.