

Débrumage d'images pour la détection de lignes dans le domaine aéronautique

C. Meymandi-Nejad^{1,3}

A. Herbulot^{1,2}

M. Devy¹

¹ CNRS, LAAS, Toulouse, France

² Univ. de Toulouse, UPS, LAAS, F-31400 Toulouse, France

³ INSA de Toulouse, Toulouse, France

{cmeymand,herbulot,devy}@laas.fr

1 Résumé

La navigation autonome est un domaine de recherche actif depuis de nombreuses années, d'abord appliquée en robotique, puis tournée vers l'automobile : nous proposons ici de nous intéresser au contexte aéronautique. Pour mener à bien cette tâche, nous cherchons à détecter les différents marquages présents sur le tarmac, à partir d'une image provenant d'une caméra RGB placée dans la dérive de l'avion, afin d'obtenir un vaste angle de vue. Comme tout traitement d'image en extérieur, notre système est très sensible aux variations des conditions météorologiques qui dégradent les résultats. Dans cet article, nous comparons des méthodes qui permettent d'améliorer la qualité de l'image obtenue par temps de brouillard et nous analysons leurs capacités à limiter l'impact du brouillard sur la détection des marquages.

2 État de l'art

Il est possible de séparer les méthodes de débrumage en deux catégories : celles qui utilisent plusieurs images d'une même scène, observée sous différentes longueurs d'ondes ou différents degrés de polarisation et celles qui ne se basent que sur une seule image de la scène. Nos travaux se placent dans cette deuxième catégorie. Au sein de celle-ci, nous pouvons distinguer plusieurs branches de recherches. Tout d'abord les méthodes basées sur des techniques de filtrage, type égalisation d'histogrammes [1] [2], filtre bilatéral [3] ou filtre médian [4]. Une autre partie des méthodes proposées se concentrent sur la capacité à approcher le modèle de Koschmieder, ou modèle Airlight, pour essayer de reconstruire l'effet du brouillard et le soustraire à l'image [5]. Enfin la question du débrumage est aussi traitée par les méthodes à base de réseaux de neurones comme [6] ou [7]. Dans cet article, nous considérons certaines de ces méthodes et les appliquons aux images issues de notre simulateur afin de comparer leur capacité à améliorer une tâche de détection de lignes.

3 Comparaison de différentes méthodes sur des images simulées

Pour notre étude, nous utilisons des images provenant d'un simulateur fourni par l'entreprise OKTAL-SE. Ce simulateur nous permet d'obtenir des images d'une même scène selon différentes conditions météorologiques. Dans le cadre du débrumage, nous avons décidé de tester plusieurs méthodes sur nos images et de comparer leurs résultats dans un premier temps en terme d'amélioration du signal puis dans un second temps dans un contexte de détection de lignes.

3.1 Méthodes

Pour cette étude, nous comparons différentes méthodes de débrumage. Tout d'abord, nous nous intéressons à l'effet d'un algorithme de type CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) sur des images RGB bruitées, non basé sur l'apprentissage ni sur les modélisations du modèle du brouillard. Cette méthode est utilisée en combinaison d'autres traitements qui permettent de garder une fidélité dans les couleurs, comme par exemple dans les articles [2] ou [1]. Ensuite, nous avons sélectionné une méthode souvent citée à titre comparatif [5], que l'on nomme ci-dessous "Fattal" et qui est fondée sur une approche basée modèle, qui cherche à déterminer les composantes d'impact colorimétrique du brouillard et de transmittance du modèle du brouillard. Ensuite, nous avons choisi deux approches basées réseaux de neurones, d'une part "Aod-Net" [6] et d'autre part "Cycle-Dehaze" [7], qui utilisent respectivement une architecture en couches convolutives et une architecture de type Cycle-Gan.

3.2 Résultats du débrumage

Pour comparer les méthodes de débrumage hors contexte applicatif, nous avons décidé d'utiliser deux mesures quantitatives, exploitées pour évaluer les algorithmes de compression en comparant l'image compressée avec l'image originale :

1. Le Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Ce critère permet d'analyser la qualité de reconstruction de l'image par une analyse locale de chaque pixel.
2. La mesure de similarité entre deux images (SSIM). Contrairement au PSNR et SNR, le SSIM mesure la qualité visuelle de l'image "débrumée" par une méthode donnée, par rapport à l'image simulée sans brouillard.

Méthode	PSNR				SSIM			
	Overall	0-75	75-250	250+	Overall	0-75	75-250	250+
Image avec brouillard	14.7	8.71	0.69	19.06	0.46	11.28	9.03	0.78
Image après CLAHE	10.44	4.5	0.33	12.27	0.67	7.34	5.09	0.11
Image après Fattal	13.11	7.11	0.57	14.67	0.32	11.41	9.16	0.72
Image après Aod-Net	12.04	6.05	0.41	11.23	0.32	12.76	10.51	0.65
Image après Cycle-Dehaze	14.45	8.46	0.61	16.79	0.67	10.93	8.67	0.68

TABLE 1 – Résultats de l'amélioration de l'image par débrumage

Les résultats sont apportés par le Tableau 1. Ces mesures sont calculées sur toute l'image d'une part, ainsi que par tranches de l'image, du bas vers le haut, ce qui correspond, avec une hypothèse de terrain plat, à une distance approximative à la caméra. L'image fait 1280px960p et les trois tranches ont ainsi été définies : la tranche "0-75m" qui correspond au bas de l'image, lignes 960 à 553, la tranche "75-250m" qui correspond au milieu de l'image, lignes 552 à 266, et enfin la tranche "250m et plus" qui correspond au haut de l'image, lignes 265 à 0. La dernière zone présente des résultats bien différents des deux premières zones au niveau du PSNR. En effet, cette zone comporte majoritairement des pixels représentant le ciel. Gris-bleuté dans l'image sans brouillard, l'impact de ce dernier ne modifie pas drastiquement sa couleur. La moyenne du carré des différences entre le pixel de l'image de référence et des images débruitées est donc plus faible que dans les autres zones, cette zone étant plutôt uniforme. Au global, les méthodes de débrumage n'améliorent pas le PSNR. Au niveau du SSIM, nous pouvons observer que les résultats de Fattal et Aod-Net sont sensiblement les mêmes sur l'image globale. Ces deux méthodes ont tendance à lisser la luminance de l'image, ce qui détériore le SSIM puisqu'il est basé sur une analyse de la luminance, du contraste et de la structure de l'image. À l'inverse, les méthodes Cycle-Dehaze et CLAHE font plus ressortir les détails de l'image et obtiennent un meilleur SSIM, bien que le bruit de mise à l'échelle pénalise la première méthode tandis que les artefacts de couleur pénalisent la seconde. En effet, on peut noter le score exceptionnellement bas de la méthode CLAHE dans la zone supérieure de l'image. Avec les images provenant du simulateur, nous obtenons des résultats moins bons que ceux cités dans les différents articles de référence. Enfin, l'ombre de l'avion présente dans l'image de référence ne peut pas être reconstruite depuis l'image impactée par le brouillard et ne participe pas à la bonne reconstruction de l'image.

D'un point de vue qualitatif pour l'œil humain, potentiellement le pilote de l'aéronef, nous pouvons comparer l'effet de ces traitements grâce à la Figure 1. La méthode CLAHE donne de très bons résultats sur des images en nuances de gris. Cependant, lorsqu'elle est utilisée pour des images RGB, la forte proportion de pixels représentant le ciel a tendance à ajouter des artefacts lors du débrumage. L'image résultante de l'application de la méthode basée modèle est impactée par l'a priori d'un effet colorimétrique du brouillard constant alors que l'impact est différent entre les zones de la scène observée. Cela a tendance à lisser les couleurs de l'image débruitée. Le résultat de la méthode Aod-Net effectue un décalage de pics d'histogramme dans les trois canaux R, G et B. Cela a pour conséquence d'assombrir l'image. L'architecture Cycle-Gan offre de bons résultats mais la mise à l'échelle de l'image dans les deux sens par pyramide de Laplace ne suffit pas à réduire le bruit sur la couleur.

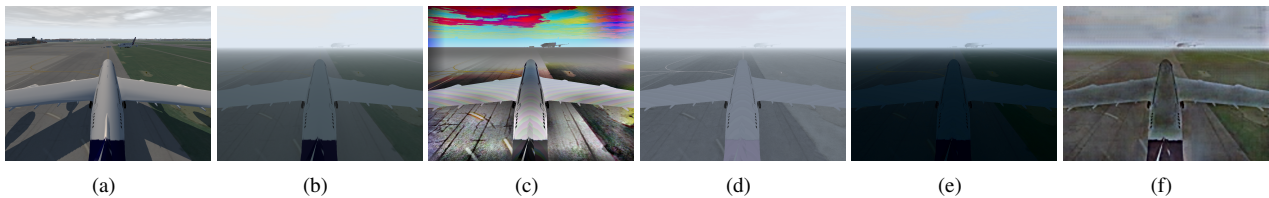


FIGURE 1 – (a) Référence, (b) Image avec brouillard, (c) Image après CLAHE, (d) Image après Fattal, (e) Image après Aod-Net et (f) Image après Cycle-Gan

3.3 Application à une méthode de détection de lignes

Notre but étant d'utiliser le débrumage pour améliorer la détection des lignes par un algorithme, nous avons décidé de comparer les méthodes après détection de lignes. Pour cela, nous testons une approche basée sur un filtre particulaire ([8]). La comparaison est faite selon plusieurs critères :

1. La moyenne de distance d'un pixel détecté comme appartenant à une ligne par rapport à la vérité terrain ainsi que l'écart type de cette mesure. Cela nous permet de comparer la précision de notre détection.
2. Le rappel, qui se calcule par le nombre de vraies détections positives divisée par la somme des vraies et fausses détections positives.
3. La détection maximale ou portée de la détection. Cette donnée est très intéressante pour nous puisque nous cherchons à avoir une détection la plus lointaine possible pour anticiper les décisions.

Méthode	Dist. Moy.	Ecart Type Dist.	Rappel	Détection Max.	
				FP	VT
Image sans brouillard	5,87	30.57	0.81	742	742
Image avec brouillard	0	0	0	0	742
Image après CLAHE	69.5	94.31	0.08	616	742
Image après Fattal	0	0	0	0	742
Image après Aod-Net	268.2	184.57	0.1	587	742
Image après Cycle-Dehaze	78.6	77.31	0.25	554	742

TABLE 2 – Résultats de la détection de lignes

La plupart des méthodes de détection de lignes sont basées sur des modèles de la structure de la ligne, de sa couleur, de son contraste avec son entourage. Le bruit apporté par le brouillard a tendance à atténuer ces contrastes et les différentes méthodes de débrumage présentent des difficultés à reconstruire les contrastes et couleurs de l'image de référence. Dans notre cas, nous cherchons à détecter les marquages jaunes, porteurs d'informations différentes des marquages blancs. Cela explique les mauvais résultats de l'algorithme de détection de lignes, notamment sur l'image provenant de la méthode Fattal qui fait bien ressortir les lignes, à peine visibles dans l'image avec brouillard, mais pas leur couleur d'origine.

4 Conclusion et perspectives

Les méthodes CLAHE et Cycle-Dehaze se détachent de cette étude. La version implémentée de Fattal se base sur l'hypothèse d'un impact colorimétrique du brouillard constant, ce que nous prévoyons de modifier comme proposé dans [5]. Les méthodes basées sur des réseaux de neurones ont été testées post-entraînement. Cependant, en entraînant ces réseaux sur des images spécifiques, nous pourrions améliorer les résultats. Il faudrait dans ce cas faire attention à ne pas introduire un biais en augmentant la base d'entraînement avec des images du simulateur. La méthode Cycle-Dehaze n'ayant pas forcément besoin de paires d'images pour l'entraînement, c'est un atout pour l'ajout d'images réelles. Il faut noter que ces résultats préliminaires pourraient varier si l'on applique ces méthodes à des images réelles. Par exemple, la méthode CLAHE est fortement impactée par le fait que les contrastes et contours sont beaucoup plus nombreux dans une image réelle. Pour la suite de nos travaux, nous prévoyons de ré-entraîner les réseaux avec les images de notre simulateur pour améliorer les résultats. De plus, le simulateur que nous possédons nous permet de modéliser la réponse d'une caméra infrarouge. Nos prochains travaux consisteront à analyser l'effet du couplage RGB-IR sur le débrumage. La méthode de CLAHE bénéficiera de l'apport de l'infrarouge pour l'amélioration du contraste mais risque d'être perturbée par la sur-information thermique apportée. Un travail sera à mener sur la pertinence d'une fusion précoce ou tardive des deux images pour améliorer les résultats du débrumage.

Références

- [1] Tarun Arora, Gurpadam Singh, and Mandeep Kaur. Evaluation of a new integrated fog removal algorithm idcp with airlight. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 2014.
- [2] H. Halmaoui, A. Cord, and N. Hautière. Contrast restoration of road images taken in foggy weather. 2011.
- [3] Chunxia Xiao and Jiajia Gan. Gan, j. : Fast image dehazing using guided joint bilateral filter. *vis. comput.* 28(6-8), 713-721. *The Visual Computer*, 2012.
- [4] J. Tarel and N. Hautière. Fast visibility restoration from a single color or gray level image. In *2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision*, 2009.
- [5] Raanan Fattal. Single image dehazing. *ACM Trans. Graph.*, 27, 08 2008.
- [6] Boyi Li, Xiulian Peng, Zhangyang Wang, Jizheng Xu, and Dan Feng. Aod-net : All-in-one dehazing network. 2017.
- [7] Deniz Engin, Anil Genc, and HazÄsm Ekenel. Cycle-dehaze : Enhanced cyclegan for single image dehazing. 2018.
- [8] Claire Meymandi-Nejad, Salwa El Kaddaoui, Michel Devy, and Ariane Herbulot. Lane detection and scene interpretation by particle filter in airport areas. In *VISAPP*, 2019.