

# MO102 - Projet Véhicules Intelligents: Détection des feux de circulation par vision

Daniela Pamplona  
daniela.pamplona@ensta-paristech.fr

14 décembre 2017

Dans le cadre de ce projet, nous allons mettre en œuvre une fonction qui est, en apparence, très simple. C'est-à-dire, nous imaginons que notre voiture intelligente, que l'on suppose équipée avec une caméra de couleur, voudrait détecter l'apparition des feux de circulation rouges/jaunes pour avertir le conducteur au cas où il ne les perçoit pas. Pour réaliser une telle fonction, nous allons utiliser les techniques de base du traitement d'image. Au contraire de ce que l'on pense intuitivement, nous allons découvrir que cette tâche n'est pas du tout facile.

## 1 Description du problème

Pour une image en couleur, en utilisant l'espace de couleur RVB, chaque pixel  $I^{\text{RVB}}(x, y)$  est normalement décrit par trois valeurs qui correspondent aux contributions des couleurs primaires rouge, verte et bleue :

$$I^{\text{RVB}}(x, y) = (r, v, b)^T, \quad r, v, b \in [0, 255]. \quad (1)$$

Pendant ce cours, on va travailler exclusivement avec des vidéos prises depuis une voiture. Comme un vidéo n'est qu'une séquence d'images, on peut traiter les images une par une.



FIGURE 1 – Exemples des scènes qui contiennent des feux de circulation.

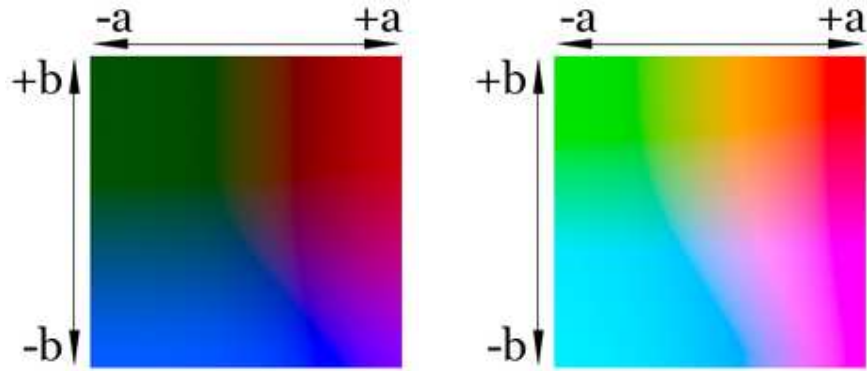


FIGURE 2 – L’espace de couleur  $L^*a^*b^*$  pour deux valeurs de la clarté  $L^*$  : 0.25 (gauche) et 0.75 (droite).

Pour localiser des feux de circulation, il est donc nécessaire de trouver, dans l’image  $I$ , de petites régions de couleur verte/rouge/jaune. À cause de la résolution restreinte de l’image, ces régions ne comprendront que quelques pixels, ce qui rend leur détection difficile. D’un autre côté, il y a beaucoup de régions dans la plupart des images qui ressemblent aux feux de circulation mais qui ne le sont pas, par exemple les feux arrières des voitures. On peut voir ces deux effets dans la Figure 1.

## 2 Approche

### 2.1 Espaces de couleur

Pour détecter les feux de circulation qui sont normalement rouges ou verts, l’espace RVB n’est pas très approprié. À part l’espace RVB, il y a plusieurs systèmes colorimétriques qui peuvent être utilisés, comme notamment l’espace CIE  $L^*a^*b^*$ . Dans cet espace, une couleur est représentée par la *clarté*  $L^*$ , l’axe rouge-vert ( $a^*$ ) et l’axe jaune-bleu ( $b^*$ ), voir Figure 2. La transformation entre les espaces RVB et CIE  $L^*a^*b^*$  est compliquée (voir aussi [1]) :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.00092 & 0.0565 & 5.5943 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ v \\ b \end{pmatrix}$$

$$L^* = 116(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & \text{si } t > (\frac{6}{29})^3 \\ \frac{1}{3}(\frac{6}{29})^2 t + 4/29 & \text{sinon} \end{cases}$$
(2)

où  $X_n, Y_n, Z_n$  correspondent aux valeurs XYZ pour la couleur blanche. Puisqu'on va travailler avec  $L^*a^*b^*$ , il est heureux que MATLAB offre une fonction pour faire cette transformation !

Une fois l'image  $I^{L^*a^*b^*}(x, y) = (L^*, a^*, b^*)^T$  obtenue à partir de l'image RVB,  $I^{RVB}$ , une transformation additionnelle doit être effectuée selon [2], pour élargir la distance entre les pixels rouges et verts :

$$F = L^*(a^* + b^*), \quad (3)$$

ce qui nous donne une chaîne de transformations  $I^{RVB} \rightarrow I^{L^*a^*b^*} \rightarrow I^F$ .

## 2.2 Filtrage

Afin de localiser des positions potentielles des feux de circulation, il faut trouver les  $N$  maxima locaux dans l'image  $I^F$  pour les feux rouges et dans l'image  $-I^F$  pour les feux verts, ainsi que les positions qui correspondent aux  $N$  valeurs maximales de  $I^F$ . La valeur de  $N$  doit être adaptée « à la main ».

## 2.3 Règles du sens commun

Normalement, la position des feux de circulation n'est pas aléatoire. Au contraire, on les trouve habituellement

- à des hauteurs supérieures à 3m, c'est-à-dire dans des régions restreintes de l'image 2D (voir Fig. 3),
- bien séparées les uns des autres,
- à peu près à la même position que dans l'image précédente.
- ...

En plus, les feux ont des propriétés très distinctives :

- leur couleur est souvent très foncée,
- ils sont ronds,
- ils sont symétriques,
- ils ont une taille caractéristique,
- ...

Toutes ces propriétés peuvent être traduites en contraintes, qui sont imposées afin d'éliminer des « fausses détections » (des objets qui ont une couleur qui correspond à un feu mais n'en sont pas un).

# 3 Programme de travail

## 3.1 Première séance – Introduction

Les feuilles d'exercices seront effectuées.



FIGURE 3 – Restriction sur la recherche des feux : la région en-dessous de la ligne peut être exclue sans danger de perdre des détections potentielles. Une telle restriction réduit aussi le danger des fausses détections : comme on peut le constater, les feux arrières de la voiture blanche sont exclus, faute de quoi ils auraient sûrement été considérés comme feux de circulation.

### 3.2 Deuxième séance – Affichage des données

Les vidéos et les données de vérification seront téléchargés, puis les positions des feux seront affichées dans chaque image. Pour y arriver, on va faire connaissance avec des fonctions qui peuvent charger et afficher des images, ainsi que des fonctions pour extraire des informations à partir des fichiers de texte.

### 3.3 Troisième séance – Conversion entre les espaces de couleur

Les méthodes décrites dans la section 2.1 seront appliquées aux images téléchargées, et les résultats seront affichés.

### 3.4 Quatrième séance – Détection

Dans la matrice  $F$ , une recherche des valeurs élevées sera effectuée afin de détecter des feux potentiels.

### 3.5 Cinquième séance – Filtrage des résultats

Il sera étudié comment les détections obtenues peuvent être restreintes. Pour accomplir cela, des filtrages supplémentaires seront mis au point en se basant sur des critères du « sens commun » (voir §2.3).

### 3.6 Sixième séance – Finalisation

Chaque binôme aura la possibilité de mettre au point ses propres idées jusqu'à la soutenance. Les codes seront soumis avant la dernière séance et évalués.

### 3.7 Dernière séance – Soutenance

Chaque binôme présentera son projet aux autres élèves.

## Références

- [1] [http://fr.wikipedia.org/wiki/CIE\\_Lab](http://fr.wikipedia.org/wiki/CIE_Lab).
- [2] Evangelos Skodras George Siogkas and Evangelos Dermatas. Traffic lights detection in adverse conditions using color, symmetry and spatiotemporal information. In *VISAPP*, 2012.