

UBFC



UNIVERSITÉ
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ

UFR de Sciences et Techniques

Master Pro Image et Intelligence Artificielle

Rapport de TP -4-

Imagerie Couleur et Multispectrale

- **Préparé par**

Nom : CHEREF

Prénom : Mehdi

Etudiant N° : 19 01 29 79

Sommaire

Liste des tables	3
Liste des figures	3
Objectif	4
Livrable	4
Remarque	4
1. Manip 1	5
2. Manip 2	5
3. Manip 3	5
4. Manip 4	7
5. Conclusion	10

Liste des tables

Table 4.1 « Tableau de classification des GFC de Rr1 et Rr2 »	8
Table 4.2 « Choix des bandes pour la conversion des images vers l'espace RGB »	9

Liste de figures

Figure 3.1 « Images générés par sélection de 3 bandes parmi les 7 »	6
Figure 3.2 « Images reconstruit à partir des images de réflectance »	6
Figure 4.1 « Courbes de réflectance mesurés par Rm, Rr1 et Rr2»	7
Figure 4.2 « Images RGB à partir des images de réflectance 1 et 2 »	9

Objectif : Le but de ce TP on va mettre en œuvre quelques méthodes d'estimation de la réflectance à partir d'images multispectrales ainsi que la conversion de la réflectance en couleur. Ensuite on compare leurs performances avec des courbes et des métriques tels que la GFC et le Delta E.

Livrable :

1. Ce compte rendu explicatif.
2. Codes sources commentés.
3. Images résultantes.

Remarque :

Le code source du TP est divisé en plusieurs fichiers Matlab, dans chaque partie de ce rapport le fichier contenant le code source est précisé.

1. Manipe 1

Dans cette manipe on va créer une fonction Matlab qui a pour but d'estimer la réflectance en chaque pixel de l'image multispectrale fournie en utilisant la méthode d'interpolation par Spline.

Cette interpolation vise à transformer le vecteur d de dimension 7 en chaque pixel en un vecteur r de dimension 31 représentant la réflectance du pixel. Les 31 bandes correspondent à des filtres entre 400 et 700 nm espacés de 10 nm.

La fonction Matlab qui estime la réflectance en chaque pixel en appliquant l'interpolation par Spline se trouve dans le fichier « interpolation.m ».

2. Manipe 2

Dans cette manipe on va créer une fonction Matlab qui a pour but d'estimer la réflectance en chaque pixel de l'image multispectrale fournie en utilisant la méthode inversion indirect.

Cette interpolation vise à transformer le vecteur d de dimension 7 en chaque pixel en un vecteur r de dimension 31 représentant la réflectance du pixel. Les 31 bandes correspondent à des filtres entre 400 et 700 nm espacés de 10 nm.

On a construit d'abord la matrice D contenant dans ses lignes les 24 vecteurs d , chacun de dimension 7. Pour y parvenir, on a calculé, dans la zone centrale de chaque patch de l'image multispectrale, le spectre moyen de cette zone. Ensuite on a calculé l'opérateur Q qui transforme chacun des vecteurs d contenus dans D en un vecteur r en résolvant l'équation $DQ = R$ où R est la matrice qui correspond aux données du fichier « Macbeth_31_24 » contenant les réflectances théoriques des 24 patchs de la mire de Macbeth. Pour avoir l'image de réflectance finale on l'a d'abords multiplié par l'opérateur Q .

La fonction Matlab qui estime la réflectance en chaque pixel en appliquant la méthode inversion indirect se trouve dans le fichier « invers_indirect.m ».

3. Manipe 3

On veut maintenant générer une image « couleur » par sélection de trois bandes parmi les 7 de l'image multispectrale que nous affecterons aux canaux Rouge, Vert et Bleu.

Notre choix de bandes s'est reposé sur l'intervalle prédéfini des bandes dans le spectre visible, Pour le canal bleu les bandes les plus proche sont la 1 et la 2 (400 et 450nm), pour le canal vert les bandes les plus proche sont la 3 et la 4 (500 et 550nm) et les bande les plus proche du canal rouge sont les bandes la 6 et la 7 (650 et 700nm).

La fonction Matlab qui génère une image couleur par sélection de trois bandes parmi les 7 de l'image multispectrale se trouve dans le fichier « rgb_from_7.m ».

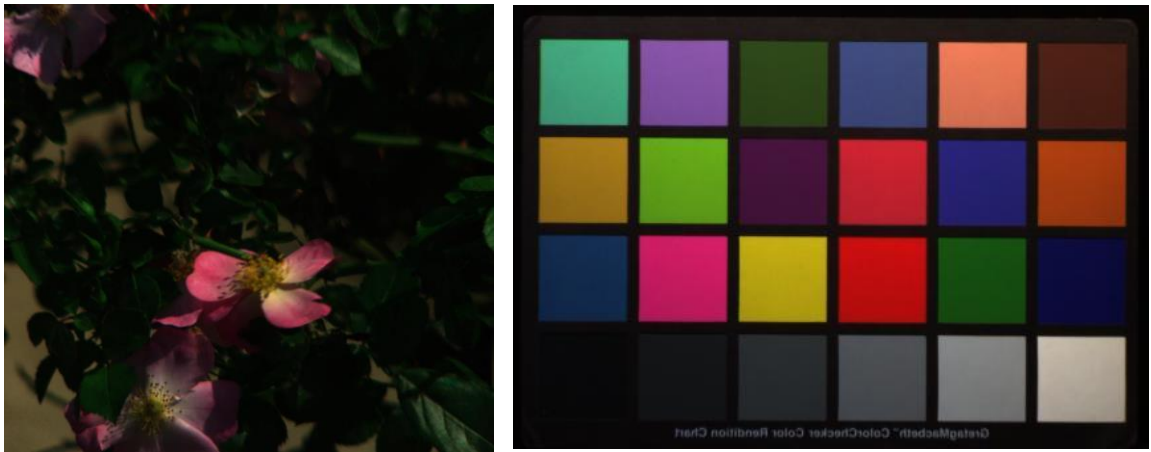


Figure 3.1 « Images générés par sélection de 3 bandes parmi les 7 »

On veut maintenant reconstruire une image couleur à partir des images de réflectance, Pour ce faire, on se sert du fichier CMF ainsi que la matrice de passage XYZ_RVB.

Pour obtenir la couleur d'un pixel à partir de son vecteur de réflectance, il faut multiplier le vecteur de réflectance par la matrice de lumière et la matrice de passage de XYZ vers RGB.

La fonction Matlab qui reconstruit une image couleur à partir des images de réflectance se trouve dans le fichier « rgb_from_31.m ».



Figure 3.2 « Images reconstruit à partir des images de réflectance »

4. Manipe 4

On va maintenant tracer pour les 24 patchs la courbe de réflectance mesurée avec le spectrophotomètre Rm et les courbes mesurées avec Rr (Rr1 et Rr2).

La matrice de Macbeth_31_24 est utilisé comme mesure spectrométrique de référence, on va maintenant calculer nos mesures spectrométriques (Rr1 et Rr2).

- Rr1 : On récupère d'abord la matrice D calculé dans la méthode d'inversion indirecte, nous lui appliquant une normalisation ensuite une interpolation Spline, on obtient donc une matrice de taille 24x31, on multiplie le résultat avec le vecteur d'illumination D65 on lui appliquant d'abord une normalisation. A la fin on a une matrice Rr1 de taille 24x31.
- Rr2 : On obtient cette matrice en multipliant D x Q vu dans la méthode d'inversion indirecte. A la fin on a une matrice Rr2 de taille 24x31.

La fonction Matlab qui calcule nos mesures spectrométriques (Rr1 et Rr2) se trouve dans le fichier « createRr.m ».

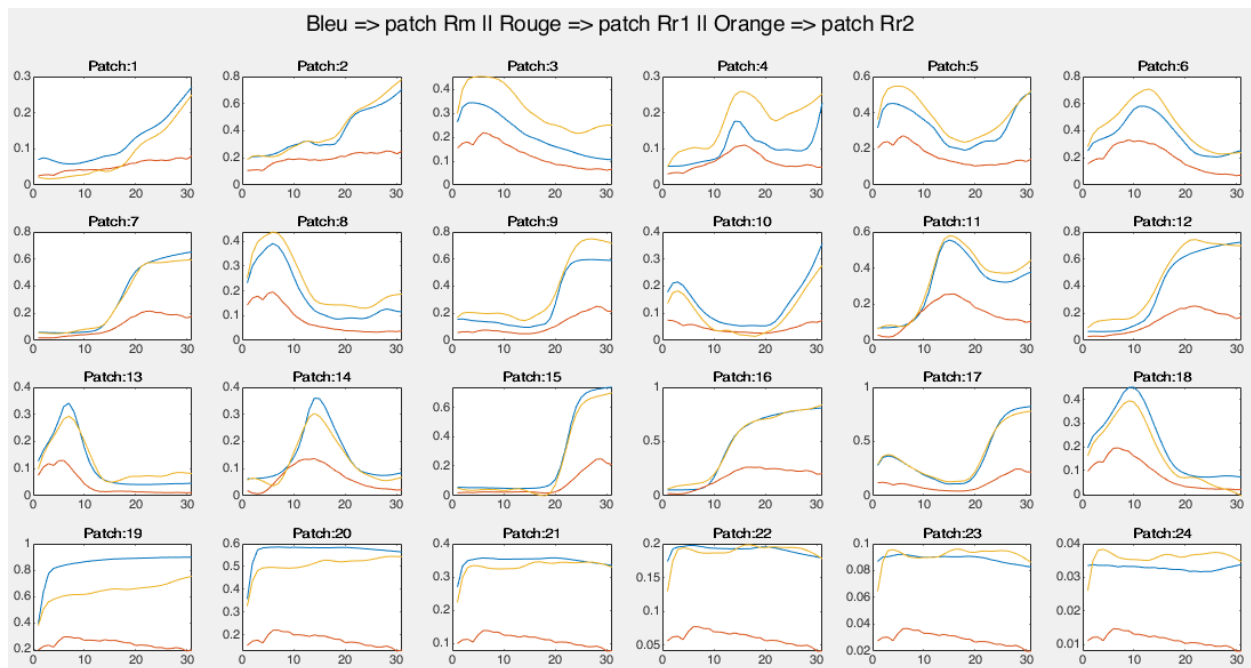


Figure 4.1 «Courbes de réflectance mesurés par Rm, Rr1 et Rr2 »

On peut remarquer que la méthode d'inversion indirecte donne toujours de mauvais résultats par rapport à la méthode d'interpolation Spline qui elle donne de très bon résultat comparé à notre mesure spectrométriques de référence Rm.

Afin de données des comparaisons quantitatives nous allons calculer la GFC (Goodness-of-Fit Coefficient) de Rr1 et Rr2 en prenant Rm comme mesure de référence. Pour ce faire nous utilisant la formule mathématique suivante :

$$GFC = \frac{|\sum_j Rm(\lambda_j) Rr(\lambda_j)|}{\sqrt{\sum_j Rm(\lambda_j)^2 \sum_j Rr(\lambda_j)^2}}$$

La fonction Matlab qui calcule et affiche la GFC pour chaque courbe se trouve respectivement dans le fichier « gfc.m » et « gfc_courbes.m ».

Les résultats obtenus après calcul des GFC :

```

Courbe:1 | GFC (Rm et Rr1)= 0.96780 | GFC (Rm et Rr2)= 0.97707
Courbe:2 | GFC (Rm et Rr1)= 0.97482 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99865
Courbe:3 | GFC (Rm et Rr1)= 0.99624 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99039
Courbe:4 | GFC (Rm et Rr1)= 0.94916 | GFC (Rm et Rr2)= 0.98286
Courbe:5 | GFC (Rm et Rr1)= 0.96543 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99656
Courbe:6 | GFC (Rm et Rr1)= 0.98553 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99843
Courbe:7 | GFC (Rm et Rr1)= 0.98841 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99916
Courbe:8 | GFC (Rm et Rr1)= 0.99001 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99469
Courbe:9 | GFC (Rm et Rr1)= 0.98829 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99586
Courbe:10 | GFC (Rm et Rr1)= 0.96021 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99352
Courbe:11 | GFC (Rm et Rr1)= 0.97029 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99912
Courbe:12 | GFC (Rm et Rr1)= 0.97611 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99361
Courbe:13 | GFC (Rm et Rr1)= 0.95881 | GFC (Rm et Rr2)= 0.98147
Courbe:14 | GFC (Rm et Rr1)= 0.95645 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99377
Courbe:15 | GFC (Rm et Rr1)= 0.98570 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99835
Courbe:16 | GFC (Rm et Rr1)= 0.97938 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99904
Courbe:17 | GFC (Rm et Rr1)= 0.99180 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99839
Courbe:18 | GFC (Rm et Rr1)= 0.98284 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99267
Courbe:19 | GFC (Rm et Rr1)= 0.98742 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99864
Courbe:20 | GFC (Rm et Rr1)= 0.99025 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99905
Courbe:21 | GFC (Rm et Rr1)= 0.99063 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99933
Courbe:22 | GFC (Rm et Rr1)= 0.99046 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99868
Courbe:23 | GFC (Rm et Rr1)= 0.99151 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99811
Courbe:24 | GFC (Rm et Rr1)= 0.98924 | GFC (Rm et Rr2)= 0.99785

```

Table 4.1 « Tableau de classification des GFC de Rr1 et Rr2 »

GFC	>=0.9999 Excellent		>=0.999 Très Bien		>=0.99 Bien		<0.99 Satisfait à mauvais	
Rr	1	2	1	2	1	2	1	2
Courbe				7, 11, 16, 20, 21	3, 8, 17, 20, 21, 22, 23	2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 24	1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 24	1, 4, 13

On remarque que la méthode d'interpolation Spline (Rr1) est bien classée que la méthode d'inversion indirect (Rr2), la plupart des patchs de Rr1 sont classé entre la case Bien et Très bien, alors que pour le Rr2 la plupart des patchs sont classé dans la case Satisfait à mauvais.

On peut aussi calculer et comparer une autre métrique quantitative « Delta E » afin d'évaluer le rendu visuel ou plutôt d'évaluer la différence de couleur entre une image référence et une deuxième image (celle qu'on veut évaluer).

Pour calculer Delta E l'image RGB référence est obtenu à partir de l'image multispectrale à 7 bandes « Macbeth », les deux images pour lesquelles on veut effectuer le calcul de Delta E sont obtenus à partir des image RGB de réflectance à 31 bandes.

Table 4.2 « Choix des bandes pour la conversion des images vers l'espace RGB »

Image	Multispectrale			Réflectance 1			Réflectance 2		
Choix des bandes	R	G	B	R	G	B	R	G	B
	7	4	1	31	15	7	31	15	7



(a) : à partir de réflectance 1



(b) : à partir de réflectance 2

Figure 4.2 « Images RGB à partir des images de réflectance 1 et 2 »

La fonction Matlab qui calcule et affiche nos mesures Delta E de (Rr1 et Rr2) par rapport à Rm se trouve respectivement dans le fichier « DeltaE.m » et « deltaE_patches.m ».

Les résultats obtenus après calcul des Delta E des 24 patches de la mire « Macbeth » :

Patch:1	DELTA E (Inversion indirect) = 0006.7031 DELTA E (Interpolation) = 0002.8011
Patch:2	DELTA E (Inversion indirect) = 0015.5259 DELTA E (Interpolation) = 0007.8341
Patch:3	DELTA E (Inversion indirect) = 0023.8109 DELTA E (Interpolation) = 0007.3780
Patch:4	DELTA E (Inversion indirect) = 0023.1182 DELTA E (Interpolation) = 0003.1343
Patch:5	DELTA E (Inversion indirect) = 0014.2820 DELTA E (Interpolation) = 0012.1295
Patch:6	DELTA E (Inversion indirect) = 0018.7272 DELTA E (Interpolation) = 0026.2427
Patch:7	DELTA E (Inversion indirect) = 0006.8813 DELTA E (Interpolation) = 0006.3656
Patch:8	DELTA E (Inversion indirect) = 0024.9890 DELTA E (Interpolation) = 0009.0782
Patch:9	DELTA E (Inversion indirect) = 0014.2151 DELTA E (Interpolation) = 0003.5499
Patch:10	DELTA E (Inversion indirect) = 0022.0008 DELTA E (Interpolation) = 0020.0412
Patch:11	DELTA E (Inversion indirect) = 0015.4628 DELTA E (Interpolation) = 0008.8383
Patch:12	DELTA E (Inversion indirect) = 0026.4046 DELTA E (Interpolation) = 0012.1964
Patch:13	DELTA E (Inversion indirect) = 0026.7293 DELTA E (Interpolation) = 0003.6173
Patch:14	DELTA E (Inversion indirect) = 0016.8250 DELTA E (Interpolation) = 0010.1498
Patch:15	DELTA E (Inversion indirect) = 0005.8082 DELTA E (Interpolation) = 0002.8483
Patch:16	DELTA E (Inversion indirect) = 0024.8660 DELTA E (Interpolation) = 0009.2816
Patch:17	DELTA E (Inversion indirect) = 0017.6483 DELTA E (Interpolation) = 0023.0494
Patch:18	DELTA E (Inversion indirect) = 0023.1007 DELTA E (Interpolation) = 0020.2782
Patch:19	DELTA E (Inversion indirect) = 0021.8400 DELTA E (Interpolation) = 0006.6281
Patch:20	DELTA E (Inversion indirect) = 0029.0979 DELTA E (Interpolation) = 0003.2281
Patch:21	DELTA E (Inversion indirect) = 0030.8030 DELTA E (Interpolation) = 0002.9381
Patch:22	DELTA E (Inversion indirect) = 0028.6219 DELTA E (Interpolation) = 0002.7191
Patch:23	DELTA E (Inversion indirect) = 0026.1366 DELTA E (Interpolation) = 0002.1660
Patch:24	DELTA E (Inversion indirect) = 0017.5082 DELTA E (Interpolation) = 0000.9503

On peut remarquer que les valeurs de delta E sur l'image obtenue par l'interpolation Spline sont très petites ce qui prouve son efficacité, cette valeur varie entre 0.92 à 23.35. Cependant les valeurs de delta E sur l'image obtenue par la méthode d'inversion indirecte sont un peu plus élevées et varient entre 5.80 et 30.80 ce qui prouve encore une fois que la méthode d'interpolation Spline est plus fiable.

5. Conclusion

Dans ce TP on a mis en œuvre deux méthodes d'estimation de la réflectance à partir d'images multispectrales, voir la méthode d'inversion indirecte et l'interpolation Spline. On a vu par la suite des méthodes de conversion de la réflectance en couleur RGB.

Nous avons évalué et comparé par la suite les résultats obtenus avec des courbes et des métriques quantitatives tels que la GFC et delta E. Nous avons conclu que la méthode d'interpolation Spline est plus fiable que la méthode d'inversion indirecte.