

Traitement d'image avancé

Examen Module M6, Master EEAP

Durée 2h00,

Documents autorisés, appareils communiquant interdits.

Analyse de textures

Une des approches pour l'analyse et l'identification de texture est la **signature de textons**. Dans la définition actuelle, les textons sont des points significatifs obtenus en filtrant les textures par une banque de filtres (*Filter Bank*). La signature d'une texture est l'histogramme des textons.

On peut considérer les textons comme des lettres, chaque texture comme un mot, et les mots sont regroupés dans un dictionnaire qui permet d'identifier les textures (voir de corriger l'orthographe...).

Il y a deux phases à ce type d'analyse :

- 1) Une phase d'apprentissage qui est la création du dictionnaire
- 2) Une phase d'utilisation (reconnaissance de texture par exemple).

On va étudier en détail chaque phase, en commençant par la phase d'apprentissage sur un exemple simple.

I – Exemple simple (~20 min)

Pour comprendre, voici un exemple simpliste. On considère trois textures I_1 , I_2 et I_3 et deux filtres F_1 et F_2 . Ces 2 filtres correspondent à notre banque de filtre.

Les filtres et les textures sont ici binaires. Les valeurs ne prennent que 2 valeurs : 0 = blanc ou 1 = noir, même après filtrage).

- 1) On applique pour chaque texture ($i=1..3$) les deux filtres ($j=1..2$) : $I_i * F_j$ où '*' est le produit de convolution. Le résultat obtenu est binaire. Compléter la Figure 1.

L'étape suivante est la détermination des textons. Comme nous sommes dans un espace discret (les valeurs après filtrage sont binaires) et à 2 dimensions (il y a 2 filtres), cette étape consiste à identifier les points 2D caractérisant chaque texture.

- 2) Compléter la Figure 2. Les \blacktriangle correspondent à la texture I_1 . Ajouter des '+' qui correspondront à la texture I_2 , et des 'o' pour la texture I_3 .
- 3) Donner les coordonnées des textons pour les trois textures. On nommera chaque texton T_k ($k=1..4$ dans cet exemple).

La signature d'une texture est l'histogramme des textons. Pour chaque point \mathbf{x}_i ($i=1..n_{xi}$) pris au hasard dans une texture, on recherche à quel texton T_k il est le plus proche. L'histogramme $H_I[k]$ (avec $k=1..4$ correspondant au nombre de textons) normalisé par n_{xi} est la signature de la texture I .

- 4) Donner la signature de la texture I_1 .

NOM :

Prénom :

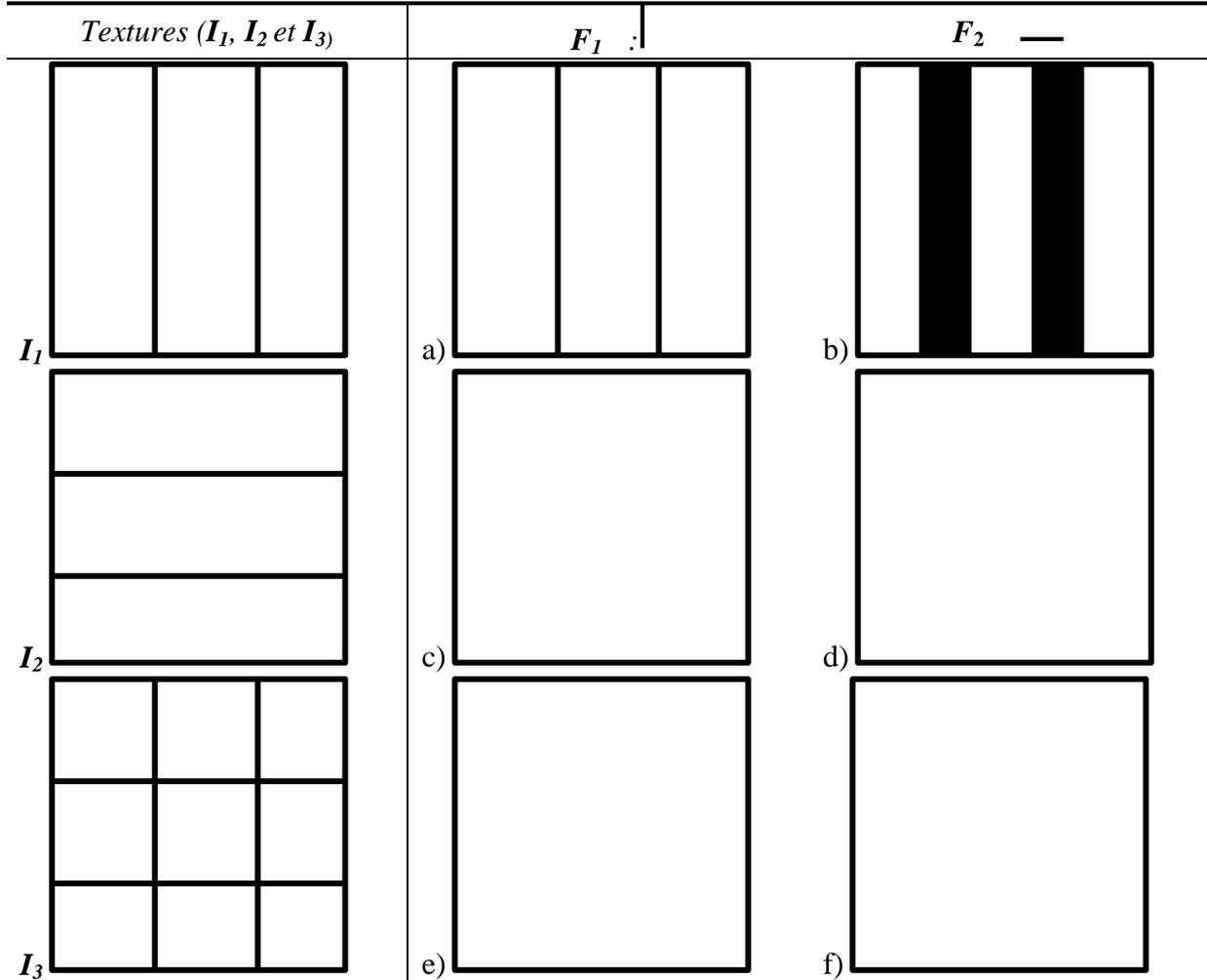


Figure 1: Exemple simple pour 3 textures (I_1, I_2 et I_3) et 2 filtres (F_1 et F_2) ; a) et b) correspondent aux filtrages de la texture I_1 par les filtres F_1 et F_2 respectivement. c), d) e), et f) sont à compléter.

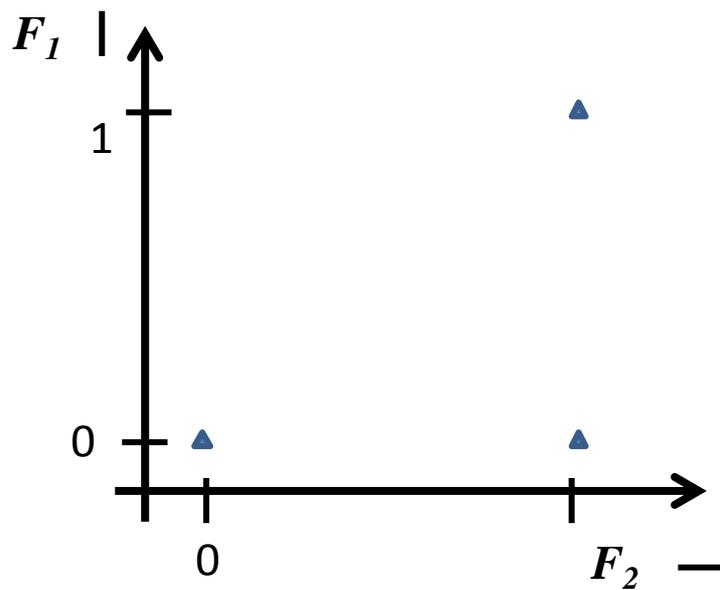


Figure 2: espace des caractéristiques pour les 3 textures, à compléter.

II – Modes des textures (~30 min)

Généralement les textures sont nombreuses, elles ne sont pas binaires, ni le résultat après filtrage. De même les filtres utilisés sont au moins au nombre de 6 (jusqu'à 48). Un exemple de banque de filtres est donné sur la Figure 3.

Pour la suite le nombre de textures sera noté n_I et le nombre de filtres n_F .

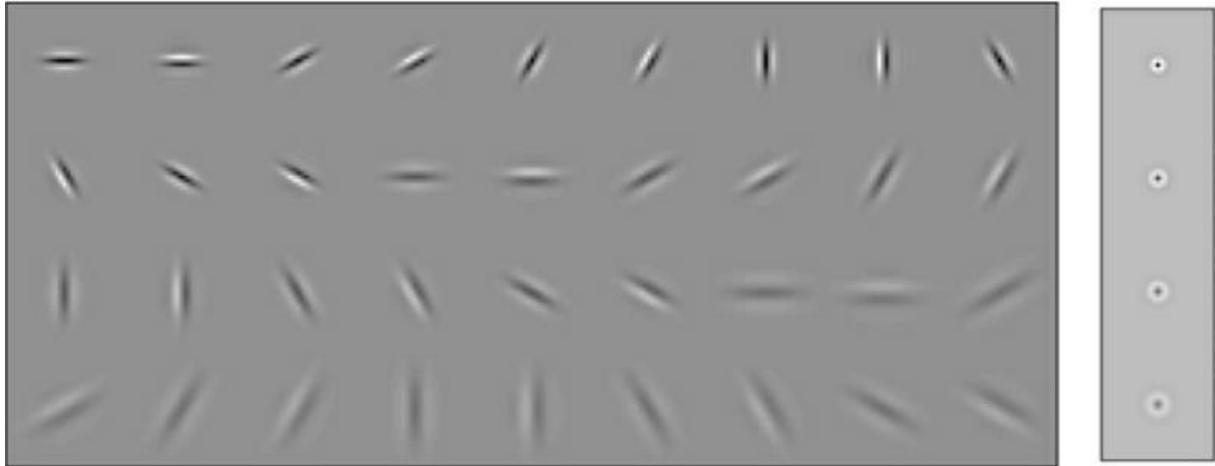


Figure 3 : Banque de filtres 'réaliste' [Malik 2001]

Les textures filtrées ne sont pas binaires. On doit donc déterminer les points \mathbf{c}_i les plus représentatifs de chaque texture. On décide que les modes seront les points représentatifs. Ils seront déterminés par un filtrage *mean-shift* des \mathbf{x}_i . La Figure 4 donne les traitements appliqués à une texture pour en déduire ces modes.

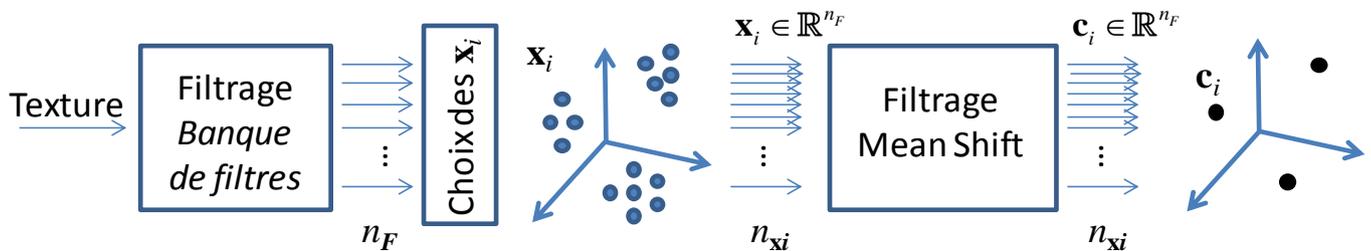


Figure 4: Détermination des modes pour une texture, les représentations de \mathbf{x}_i et \mathbf{c}_i sont arbitrairement faites dans \mathbb{R}^3 pour l'illustration

- 5) Comment choisissez-vous les \mathbf{x}_i dans la texture ?
- 6) Détailler le contenu des \mathbf{x}_i .

On va appliquer aux \mathbf{x}_i un filtrage *mean-shift* Blurring avec un noyau Gaussien. On obtiendra les points filtrés \mathbf{c}_i qui seront tous sur un mode.

- 7) Vers quoi converge cet algorithme ? Comment résoudre ce problème ?
- 8) Quelle forme de matrice d'échelle \mathbf{H} utilisez-vous ? On supposera que tous les filtres fournissent des résultats dans un même intervalle de valeur.
- 9) Quel lien y a-t-il entre la matrice d'échelle et n_{x_i} , le nombre de \mathbf{x}_i ?
- 10) Quel lien y a-t-il entre la matrice d'échelle et la troncature du noyau gaussien ?
- 11) Donner le pseudo code de l'algorithme *mean-shift*. Cet algorithme s'arrêtera lorsque qu'aucun point ne se sera déplacé de plus d'une distance ε .

III – Textons des textures (~20 min)

On applique les traitements de la Figure 4 aux n_I textures. On obtient ainsi $n_I \cdot n_{xi}$ modes. Ces points pouvant être proches d'une texture à l'autre, on décide de les filtrer par approche mean shift afin de réduire leur nombre et de garder les plus significatifs. Une étape de regroupement (clustering) aura lieu ensuite pour déterminer les T_k textons (Figure 5).

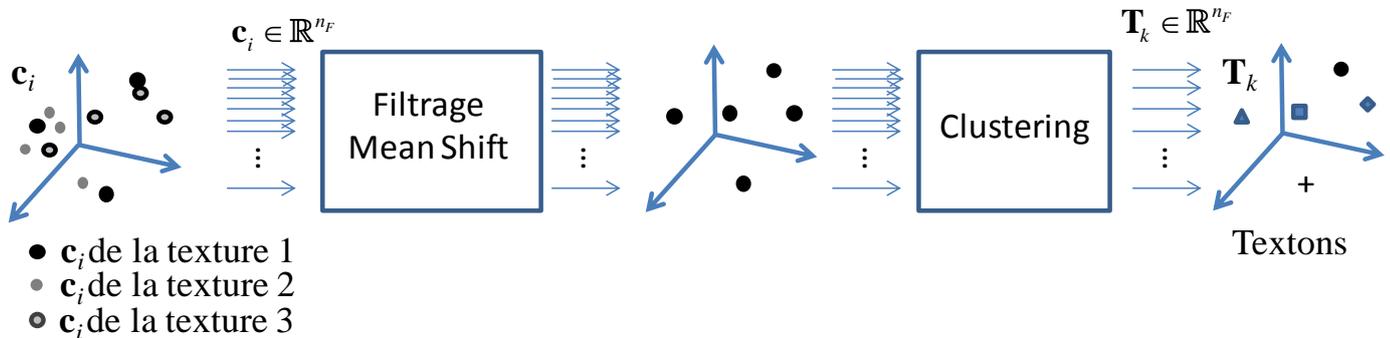


Figure 5: Obtention des textons (5 dans cet exemple)

- 12) Donner les paramètres et l'algorithme utilisés pour ce deuxième filtrage *mean-shift*.
- 13) Quelle est la distance minimale entre deux modes obtenus par filtrage *mean-shift* ?
- 14) Proposer un algorithme de clustering. Détailler ses paramètres et son fonctionnement.

IV – Signature des textures (~20 min)

A l'issue du traitement précédent, les textures ont permis de déterminer n_T textons T_k ($k=1..n_T$). La définition de la signature est donnée dans la partie I.

- 15) Donner la description mathématique (ou pseudo code de l'algorithme) permettant de construire la signature de chaque texture. On notera H_i la signature de la texture i .

La mesure de la distance entre deux signatures (ou histogrammes) H_i et H_j peut se faire avec le test du chi-deux suivant :

$$X^2(\mathbf{H}_i, \mathbf{H}_j) \propto \sum_{k=1}^{k=n_T} \frac{(\mathbf{H}_i[k] - \mathbf{H}_j[k])^2}{\mathbf{H}_i[k] + \mathbf{H}_j[k]}$$

- 16) Proposer une méthode permettant de mesurer la spécificité de chaque signature par rapport aux signatures des autres textures.
- 17) Que pourrait-on modifier pour accroître la spécificité des signatures ? Pourquoi ?
- 18) Proposer un protocole permettant de mesurer la robustesse des signatures aux bruits, rotations, changements d'échelle de la texture.
- 19) Que proposez-vous pour améliorer la robustesse des signatures au changement d'échelle d'une texture ? Existe-t-il un compromis (cf. question 17) ?

V – Segmentation (~30 min)

On souhaite utiliser ce système de signatures comme énergie dans un algorithme de segmentation.

- 20) En utilisant les signatures comme a priori, proposer un algorithme de segmentation par croissance de région capable de segmenter des régions texturées.
 - a. Vous explicitez l'énergie et la variation de l'énergie utilisée.
 - b. Vous veillerez à ce que l'évolution des régions soit significative pour que la mesure soit cohérente.

Fin. [Malik 01], [Leung 03], [Georgescu 03]