

# Contribution à l'éco-conception :

## Logiciel pour optimisation de la découpe de pièces de Zellige

Youness FARHANE

LP2D EST,

USMBA

FES-Maroc

farhane.youness@yahoo.fr

Driss AMEGOUZ

LP2D, EST

USMBA

FES-Maroc

amegouz@yahoo.fr

**Résumé** — Cet article rentre dans le cadre de nos travaux recherche concernant l'éco-conception. Qui impose l'intégration de la contrainte « environnement » dès l'étape de la conception. Nous allons essayer d'intégrer l'approche éco-conception dans le processus d'obtention des pièces de Zellige, pour ce faire nous proposons une méthode qui se base sur la CAO et le traitement d'image et qui consiste à concevoir un « logiciel » pour analyser un ensemble de motifs traditionnels puis à reconnaître automatiquement le contour de chaque forme primitive.



Fig. 1 : Exemple de panneau de base

**Mots clés :** Logiciel, Développement durable, éco-conception, CAO, industrie artisanale

### I. INTRODUCTION

D'habitude, pour décorer un mur par des pièces de Zellige on choisit le motif voulu et on essaye de faire le même dessin en utilisant les pièces primitives sans faire de calcul. Notre « logiciel » est la suivante : après le choix du motif (panneau en mètre carré) qu'on veut mettre sur un mur ou un sol, on calcul la surface totale, et en fonction de cette surface on va déduire le nombre de panneaux nécessaires, chaque panneaux est composé d'une combinaison de pièce de forme primitive variantes et de couleurs différentes. Sur chaque panneau on peut savoir le nombre de chaque forme avec la couleur qui convient, ce qui vous va permettre de fabriquer la quantité optimale des formes primitives, c'est en se basant nos travaux

précédent concernant l'optimisation de la découpe qu'on va obtenir le nombre optimale [1].

Cet article rentre dans la cadre de la démarche Développement Durable que le Maroc s'y engage de plus en plus à respecter, les objectifs de ce travail est de : Environnementaux : minimiser les déchets, les rejets. Economiques : minimiser l'utilisation de la matière première, et de l'énergie. Sociaux : améliorer les conditions de travail des artisans.

### II. PRESENTATION DU LOGICIEL

#### A. L'idée du logiciel :

Vu qu'un logiciel demande beaucoup de temps pour la compilation et de programmation, de financement et surtout c'est un travail confidentiel nous allons se contenter de présenter l'idée en général de notre Logiciel.

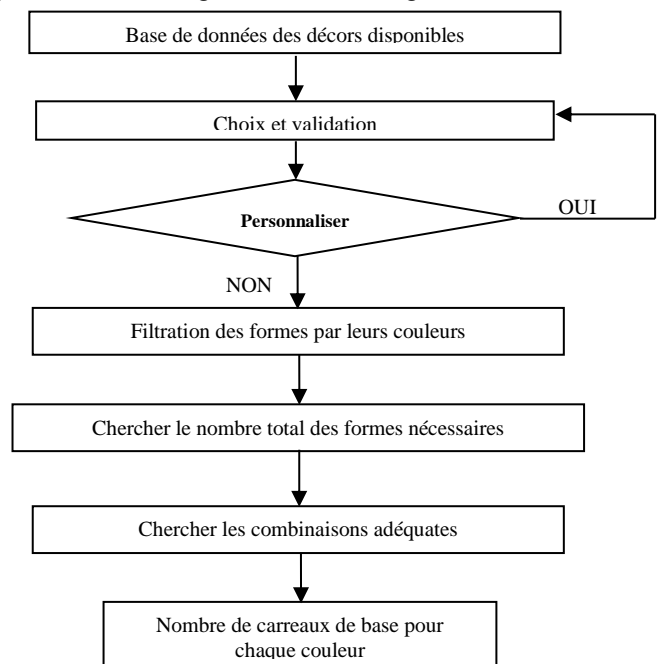


Fig. 2 : logigramme du logiciel d'optimisation

Les techniques actuelles d'analyse des images sont déjà capables de fournir une aide substantielle pour la navigation intelligente dans les bases d'images. La recherche d'images par le contenu, initiée aux Etats-Unis au début de la décennie, est maintenant un thème de recherche de prédilection de la vision par ordinateur.

Un système d'indexation - recherche d'une base d'images de mosaïque est proposé [54]. Ces images opèrent sur des formes géométriques simples, assemblées sans vide ni recouvrement pour constituer un motif capable, par report symétrique, de "paver" une surface. Il s'agit de développer des outils permettant d'exploiter une base d'images de mosaïque de l'art arabo - mauresque. Dans ce but [54] évoque l'intérêt de l'indexation automatique des images fondée sur leur contenu, qui permet d'éviter toute interprétation de haut niveau de la scène. Cette méthode présente l'avantage de limiter la difficulté pour l'utilisateur en lui évitant la traduction de l'image recherchée en mots ou en chiffres.

Compte tenu de la nature des images traitées, l'utilisation de la forme des objets étudiés est la solution retenue pour indexer la base d'images. Cette forme est généralement représentée par un ensemble connexe de pixels ou par son contour. L'extraction des caractéristiques de formes qui constitue une phase primordiale de la conception du système d'indexation-recherche repose sur des techniques connues en traitement et en analyse d'images.

Le principe du système d'indexation - recherche, se base sur les phases suivantes:

- Dans une première phase, il s'agit d'appliquer une méthode de segmentation [2] en vue d'extraire le contour de toutes les formes élémentaires de l'image requête (tesseels).
- L'algorithme de suivi de contour de Rosenfeld utilisé dans [2] est appliqué sur chaque contour pour identifier la position (x, y) des points contour.
- Dans une deuxième phase, ces positions (x, y) sont utilisées pour calculer l'index de forme de chaque forme élémentaire présente dans l'image requête [3].
- Dans une phase finale, ces index calculés sont comparés à des index préalablement calculés et stockés dans la base représentant toutes les formes élémentaires utilisées pour la construction des scènes de Zellige (en appliquant des calculs de similarité floue).

Ce travail repose, en partie, sur les outils de la morphologie mathématique, qui ont pour but d'étudier ou de traiter un ensemble à l'aide d'un autre ensemble, appelé élément structurant, qui sert de sonde. À chaque position de l'élément structurant, on regarde s'il touche ou s'il est inclus dans l'ensemble initial. En fonction de la réponse, on construit un ensemble de sortie. On obtient ainsi des opérateurs de base qui sont relativement intuitifs [2], [4].

Le principal domaine d'application de la morphologie mathématique est le traitement d'images. Elle fournit, en particulier, des outils de filtrage, de segmentation et de quantification. Depuis son apparition, en 1964, elle connaît un succès grandissant et désormais contribue à garnir la boîte à outils de tout traiteur d'images.

Les filtres morphologiques binaires sont utilisés pour supprimer les bruits présents dans une image résultant d'un seuillage. Les filtres par reconstruction constituent une opération préalable de prétraitement, précédant celle de détection des contours. Un algorithme rapide de squelettisation basé sur la théorie des automates finis est ensuite développé. La figure 2 montre une image originale filtrée par reconstruction, puis son contour correspondant squelettisé avec suppression des bords [1] [5].

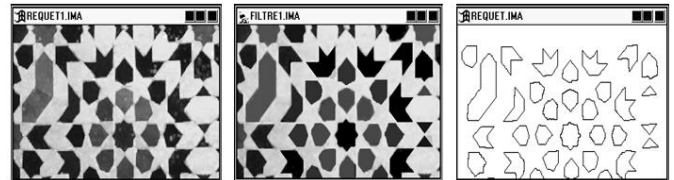


Fig. 3 : Le résultat du filtrage, de gauche à droite : image originale, image filtrée par reconstruction, contour correspondant squelettisé avec suppression des bords [2].

Les techniques modernes d'indexation - recherche se basent d'une manière générale sur la couleur, la forme, la texture ou une combinaison de ces attributs. L'objectif de la première étape de développement du procédé présenté dans ce travail est d'isoler et de reproduire une forme élémentaire, donc d'une même couleur. L'information couleur n'est pas discriminante. D'autre part, vu la nature de la base d'images traitées dans le cadre de ces travaux, l'attribut texture n'est pas non plus significatif. La forme donc est un attribut de niveau bas adapté pour représenter l'information.

D'après les règles de construction de motifs et des formes primitives présentées dans [6], on a pu modéliser les 37 formes primitives qui composent plus de 90% des motifs présentes dans l'industrie du Zellige traditionnel.

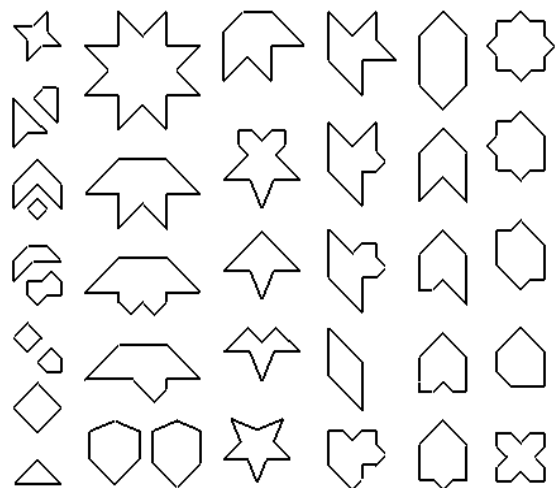


Fig. 4 : Formes primitives composant 90% des panneaux décoratifs [1]

L'objectif de cette partie de notre recherche est d'optimiser les chutes lors de la production des formes primitives, nous allons utiliser les idées présentées dans la partie optimisation, pour ce faire on va définir les caractéristiques de notre problème d'optimisation :

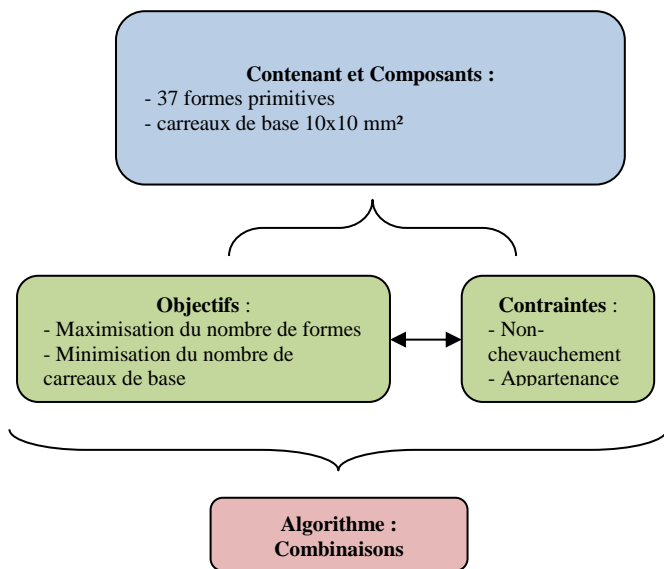


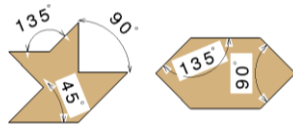
Fig. 5 : Caractéristiques de la découpe des pièces de Zellige

Résonner sur un nombre de 37 formes primitives s'avère très complexe (d'où l'algorithme proposé dans un autre article envoyé au CPI'15), en attendant mettre cet algorithme d'optimisation sous forme de programme exécutable, nous allons proposer des combinaisons entre quelques formes (ce n'est pas nécessairement entre toutes les formes) qui ont des caractéristiques géométriques communes, par exemple les angles et les côtes.

**B. Partie optimisation :**

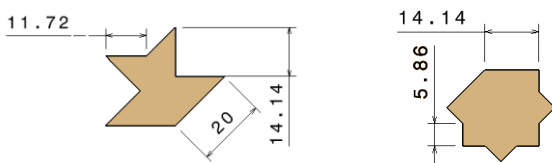
**1) Regroupement de formes primitives par angles :**

Nous avons constaté qu'il y a des formes primitives qui ont les mêmes angles (intérieur et extérieur).



**2) Regroupement de formes primitives par côtes :**

D'autre part nous avons constaté qu'il y a des formes primitives qui ont des côtes en commun voir annexe 4 :



**3) Quelques combinaisons entre formes primitives**

L'objectif de cette étape est de chercher des combinaisons entre deux ou plusieurs formes primitives qui va nous permettre un positionnement optimal des géométries, d'où une minimisation des chutes.

Ci-dessous nous allons présenter les combinaisons que nous avons pu trouver en se basant sur notre méthode de raisonnement : Par exemple les formes concernées appartiennent au même groupe d'angle 90° et même groupe de cote 14,14 mm :

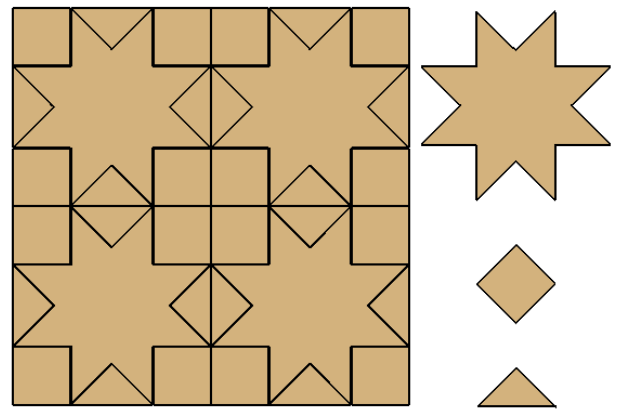


Fig. 6 : Exemple de combinaison entre 3 formes primitives

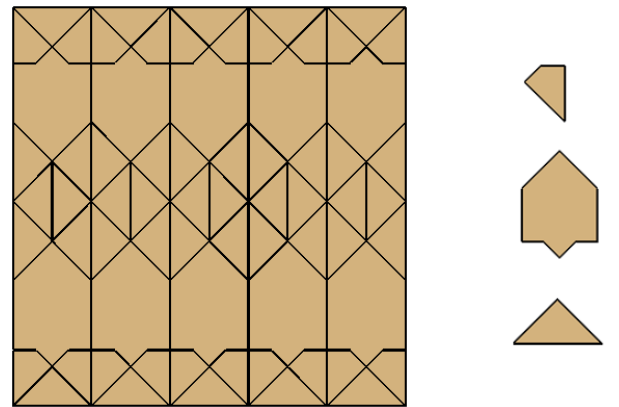


Fig. 7 : Exemple de combinaisons entre 3 formes primitives

D'autres exemples des combinaisons possibles en suivant la méthode de raisonnement peuvent être proposés par le concepteur.

**4) La couleur premier critère de choix entre formes primitives**

Il faut noter que c'est la couleur qui l'emporte parmi les critères de choix et de sélection des formes primitives, c'est-à-dire nous devons chercher sur le panneau décoratif les formes qui ont tout d'abord la même couleur après nous essayerons de chercher dans cette nouvelle liste (figure 69) de formes celles qui ont des angles et des côtes en communs.

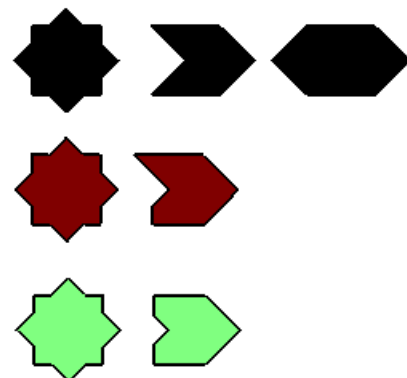


Fig. 8 : exemple de nouvelles listes de formes primitives de même couleur

Une fois nous avons cherché les combinaisons (de même couleur) qui vont nous permettre d'optimiser les chutes, on va les enregistrer sous une extension MOCN pour l'usinage [5], [6], [7].

En utilisant cette approche que nous allons concevoir notre « logiciel » : c'est-à-dire à partir d'une photo choisie ou proposée par le client que nous allons déduire (traitement d'image) les formes primitives avec leurs couleurs, ce qui va nous permettre de d'en tirer le nombre total des formes primitives pour chaque couleur ce qui va nous permettre de connaître exactement le nombre de carreaux de base nécessaire pour chaque couleur pour la commande du client (qui doit nous fournir l'aire exacte de la surface à décorer).

Choisir le type du décor :

Formes présentes par couleur :

Combinaisons optimales par couleur :

Surface totale à décorer :  m<sup>2</sup>

Nombre totale des carreaux de base des couleurs présentes :

Fig. 9 : architecture du Logiciel proposé

### III. APPLICATION :

#### A. Exemple :

Un client veut décorer une surface d'aire 100m<sup>2</sup>, il a choisi le panneau décoratif ci-contre (fig. 9), ce décor va être converti en format informatique [8] (traitement d'image, CAO) ce qui va donner le motif suivant (fig.10). Les étapes suivantes seront effectuées manuellement en attendant la réalisation finale de notre logiciel :



Fig. 10 : décor choisi par le client

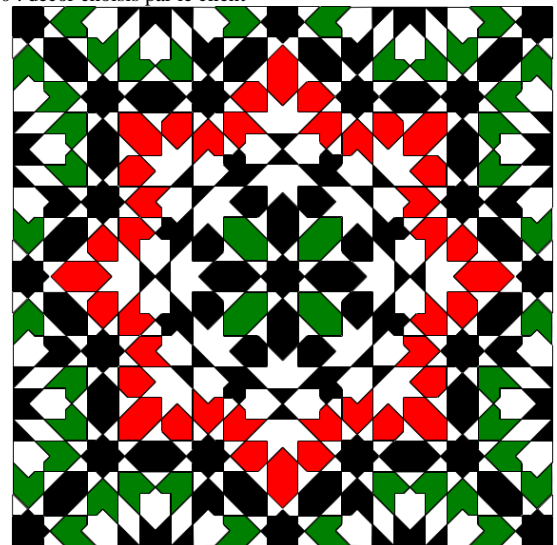


Fig. 11 : format informatique (CAO) du décor

Ce décor contient quatre groupes de couleurs :

Rouge, Vert, Blanc, Noir

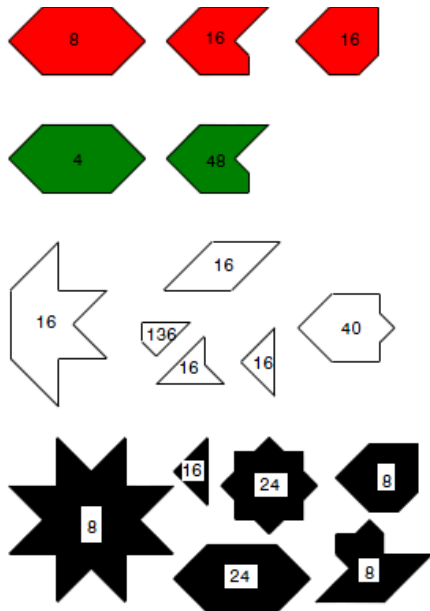


Fig. 12 : nombre de formes primitives pour chaque couleur

Le placement optimal de ces formes de couleur rouge est le suivant, (nous allons raisonner sur les formes qui ont la couleur rouge, et ça sera le même principe pour les autres couleurs), les parties blanches ce sont des déchets :

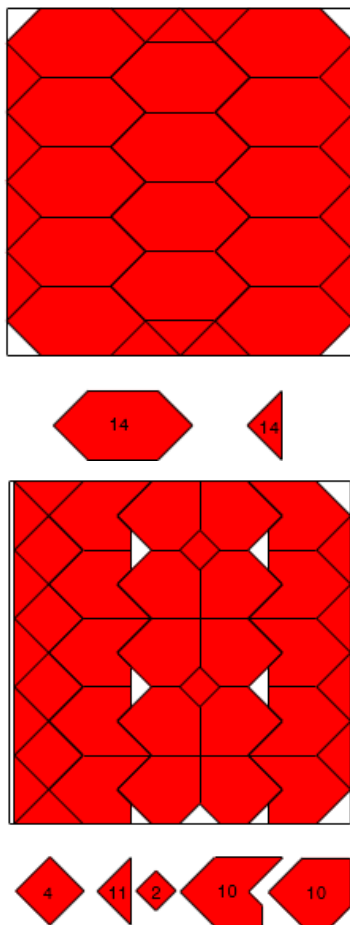
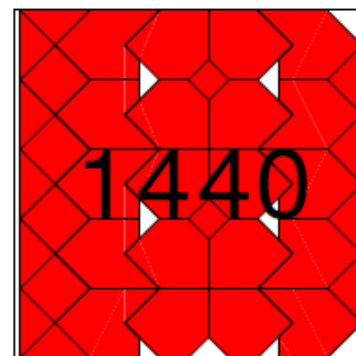
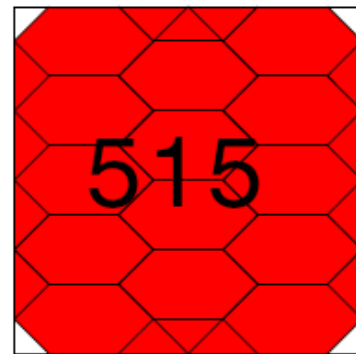


Fig. 13 : placement optimal des formes de couleur rouge

La surface de ce panneau décoratif est de  $1/9 \text{ m}^2$ . Pour décorer une surface d'aire «  $S=100\text{m}^2$  » nous aurons besoin de 900 panneaux, c'est-à-dire toujours pour l'exemple des motifs rouge :

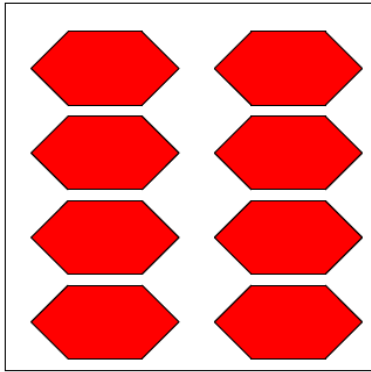


En utilisant les combinaisons proposées, nous aurons besoin de **1955** carreaux de base de couleur rouge : 515 carreaux seront découpés suivant la première combinaison : avec des déchets (partie blanche du carreau) de 2 % de la surface du carreau de base, et 1440 carreaux seront découpés suivant la deuxième combinaison : avec des déchets (partie blanche du carreau) inférieurs à 4 % de la surface du carreau de base.



### B. Comparaison :

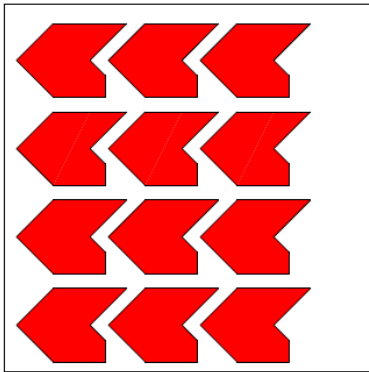
Dans cette partie nous allons faire une comparaison entre la méthode actuelle et l'utilisation de notre Logiciel d'optimisation, nous allons prendre le même exemple précédent. Les règles de traçage manuel imposent de laisser un espace entre les formes primitives dans le carreau de base pour permettre au marteau d'enlever la forme primitive :



Après un calcul mathématique nous avons trouvé que les déchets (partie blanche) constitue 52% de la surface du carreau de base (le cadre noir).

Donc pour produire 7200 de cette forme il nous faut **900** carreaux de couleur rouge contre **515** carreaux rouge nécessaires si on utilise notre Logiciel.

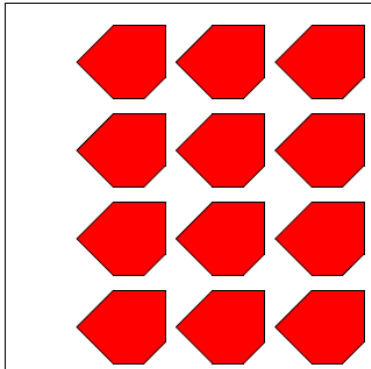
De même pour la deuxième forme primitive rouge.



Après un calcul mathématique nous avons trouvé que les déchets (partie blanche) constitue 54% de la surface du carreau de base (le cadre noir).

Donc pour produire 14400 de cette forme il nous faut **1200** carreaux de couleur rouge contre **720** carreaux rouge nécessaires si on utilise notre Logiciel.

De même pour la troisième forme primitive rouge.



Après un calcul mathématique nous avons trouvé que les déchets (partie blanche) constitue 56% de la surface du carreau de base (le cadre noir).

Donc pour produire 14400 de cette forme il nous faut **1200** carreaux de couleur rouge contre **720** carreaux rouge nécessaires si on utilise notre Logiciel.

Pour récapituler il nous faut :  $900 + 1200 + 1200 = 3300$  carreaux de base de couleur rouge si on veut réaliser cette toutes les formes primitives de couleur rouge présente de la surface totale à décorer, contre **1955** carreaux si on utilise notre logiciel d'optimisation.

#### IV. CONCLUSION

Le logiciel que nous avons présenté l'idée va permettre à partir d'un décor (personnalisé) choisi par le client, selon la surface à décorer concernée, d'obtenir directement le nombre exact des formes primitives avec les couleurs adéquates à produire.

Ce qui va engendrer un gain énorme soit en matière première (l'argile, l'eau, les colorants) soit en énergie, tout ça va permettre une amélioration de la production et une fabrication qui respecte l'environnement, cet article consiste le premier pas de l'intégration de l'approche éco-conception en industrie Marocaine, ce qui répond totalement à la politique du développement durable que le Maroc suit ces dernières années.

La prochaine étape qui prolonge nos travaux est la mise en œuvre de notre LOGICIEL basé sur les l'architecture que nous avons proposé.

#### Références

- [1]: CASTERA J. M. « ARABESQUES, art décoratif au Maroc ». ACR Edition 96.
- [2]: GADI T. " Conception d'un système d'indexation recherche d'une base d'images de décors arabo-mauresque », Thèse de doctorat, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès (Maroc), sept. 1999.
- [3]: GADI T., BENSLIMANE R., M.DAOUDI "Fuzzy shape-based retrieval scheme" RSR Calculateurs Parallèles, Image et Vidéo, pp. 417-430, Edition Hermes, 2000.
- [4]: GADI T. , BENSLIMANE R. "Segmentation hiérarchique floue » Traitement du signal, volume 17, n° 1, pp. 1-9, 2000.
- [5]: AMEGOUZ D., Nouvelle approche pour génération/interprétation des entités simples et interagissantes enrichies (géométrie+attributs de fabrication) à partir d'un graphe cellulaire. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de Fès, 2002.
- [6]: AMEGOUZ D. OUZZANI T. CARRARD M., «Décomposition et Analyse d'usinabilité des CFC du graphe GADEC», Colloque International de Conception et Production Intégrées, FST de Tanger 1999.
- [7]: AMEGOUZ D. TRABELSI A. OUZZANI T. CARRARD M., «L'utilisation de GADEC pour le traitement orienté usinage des formes enrichies à partir d'un graphe cellulaire», Revue Internationale de CFAO et l'Informatique Graphique, 1999.
- [8] : PRATT W. K., " Digital Image Processing " Second Edition, John Willey and Sons INC., 1991.
- [9] : FARHANE Y. AMEGOUZ. D. BOURASS A. «L'éco-conception en industrie artisanale», Congrès International de mécanique appliquée JET'2012-Marrakech-Maroc