

Optimisation de découpe de forme

1 Travail demandé

Le travail demandé comporte une implantation en Java, C++ ou Lisaac. Un rapport court (2 à 4 pages) devra accompagner le projet en format papier. Ce rapport devra

- expliquer vos choix de modélisation et lever les ambiguïtés du sujet ;
- mettre des diagrammes d'héritages et de classes/prototypes ;
- poser les algorithmes principaux sous forme synthétique (pas le code!) ;
- présenter la répartition du travail ;

Implantation

- Votre programme devra utiliser le langage Java, C++ ou Lisaac (au autre langage objet).
- L'interface utilisateur est graphique.
- Une petite explication de l'utilisation de votre programme est aussi nécessaire.

1.1 Remise du projet

La remise et l'évaluation du projet se fera lors d'une soutenance de projet la semaine du ?
(A l'heure actuelle, nous n'avons pas encore fixé de date précise ou salle). Les sources seront envoyées, la même semaine, par courrier électronique à votre responsable de TP, à savoir :

- Benoit Sonntag : benoit.sonntag@lisaac.org

1.2 Réalisation du projet

- La réalisation de ce projet devra se faire impérativement **par groupe de deux (ou seul)** pour que vous vous répartissiez le travail au sein du groupe.
- Comme tout cahier des charges, celui-ci ne peut être exhaustif. En cas d'ambiguïté, préciser votre interprétation personnelle, et éventuellement les questions à poser à votre interlocuteur (responsable de projet, futurs utilisateurs, etc.). Toute solution cohérente, justifiée et non contradictoire avec le cahier des charges sera acceptée.

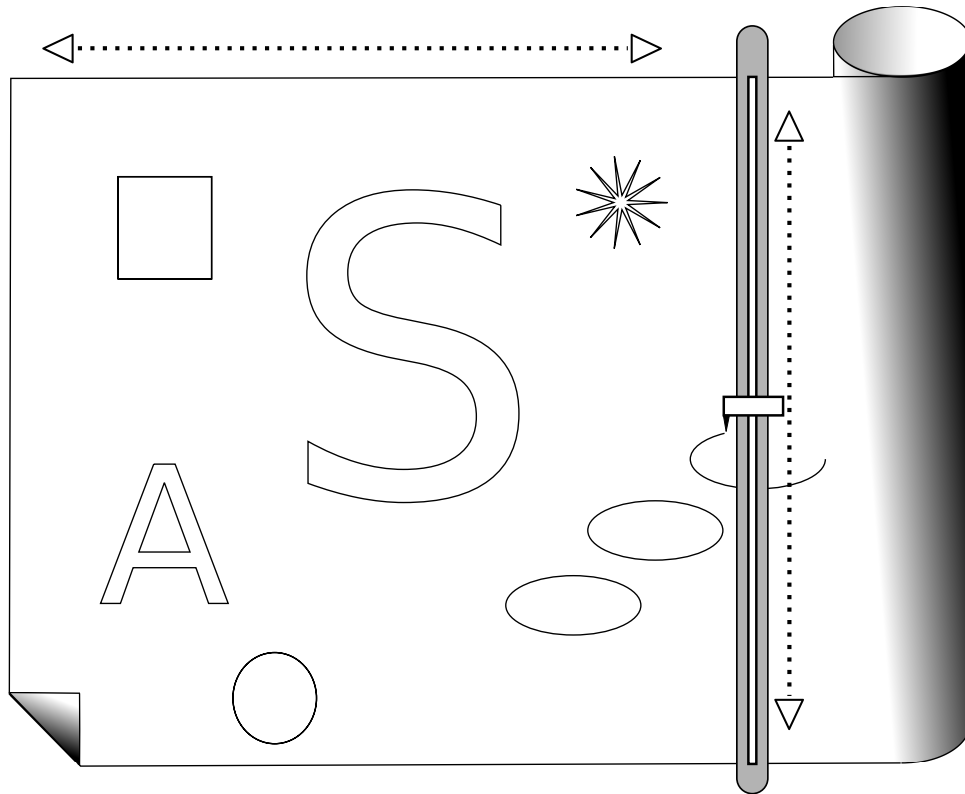
2 Sujet

2.1 Présentation du sujet

Dans de nombreux métiers, la découpe de pièce de matière première (bois, métal, tissus, papier, autocollant, ...) est nécessaire. L'utilisation minimal et l'optimisation des chutes de cette matière première est une préoccupation tant au niveau rendement qu'au niveau du prix de revient de l'objet final.

Pour simplifier notre problématique, nous nous focaliserons sur un certain type de découpe de matière première : les matières fournies à l'état brut sous forme de rouleau. Les tissus, papiers, autocollants (vinyl), bâches PVC, mousses rentrent dans cette catégorie. Ensuite, nous avons un *patron* indiquant les pièces à découper. Une machine découpe chaque pièce dans un ordre précis en utilisant le rouleau.

Voici un schéma typique de ce type de machine :



Elle est composée des éléments suivants :

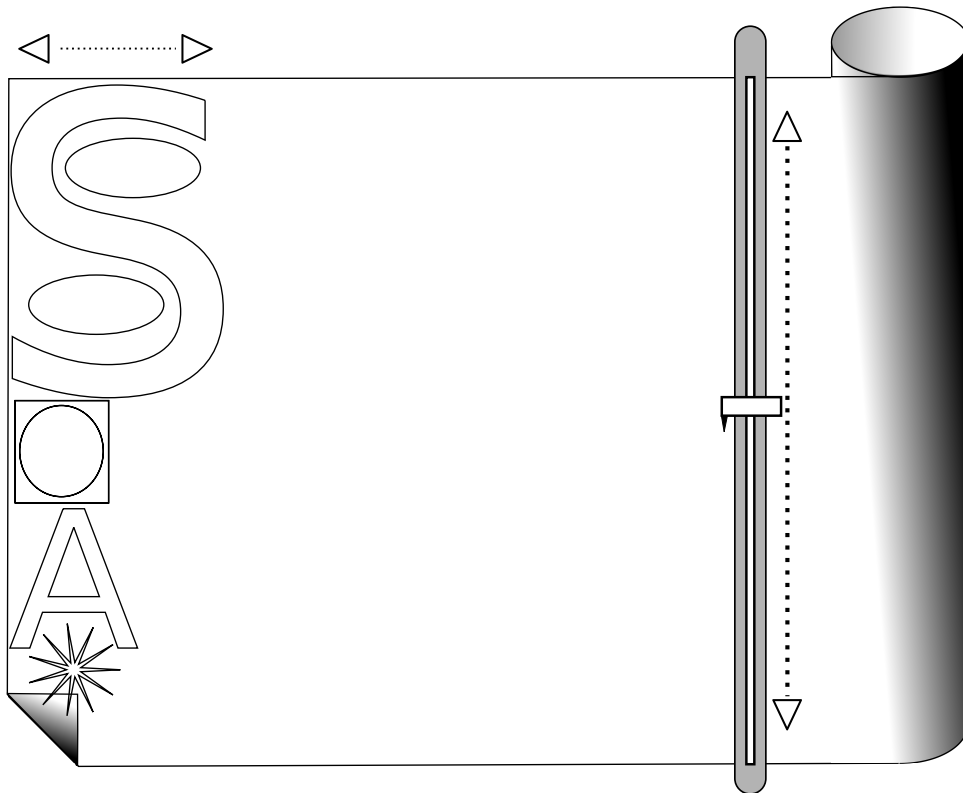
- un rouleau de matière ayant une hauteur fixe (*ici, 1 mètre*) et une longueur enroulée de taille variable (*cela peut être de 10 mètres ou plus*). La longueur a peu d'importance, tant que l'on en utilise le moins possible !
- Deux galets maintiennent le rouleau dans la machine. L'un maintient avec fermeté le haut du rouleau partiellement déroulé. L'autre maintient le bas du rouleau partiellement déroulé. Ces deux galets peuvent tourner dans un sens (dérouler le rouleau) ou dans l'autre sens (enrouler le rouleau). Ils permettent donc un mouvement sur l'axe des abscisses.
- Une courroie est fixée sur toute la hauteur de la machine et peut tourner dans les deux sens.
- Sur cette courroie, nous avons un curseur fixé. Selon le sens de rotation de la courroie, le curseur va monter ou descendre. Ainsi, elle permet un mouvement sur l'axe des ordonnées.
- Sur le curseur, nous avons un outil permettant de découper la matière. L'outil est dépendant du type de matière : un laser, un cutter, un crayon, une scie sauteuse filaire, ...

Les étapes de fabrications :

1. Conception des motifs par un graphiste, designer, styliste, ... sur un logiciel de dessin vectoriel en deux dimensions.
2. Optimisation de l'espace à découper, c'est à dire, positionner au mieux les motifs/pièces pour occuper le moins de place possible. (*C'est l'objectif de ce projet !*)
3. Positionner le rouleau dans la machine : Dérouler un peu le rouleau pour que le début du rouleau soit bien sous les galets de maintien.
4. Lancer la découpe dirigée par ordinateur avec un logiciel gérant l'appareil de découpe.
5. Retirer la partie utilisée du rouleau en angle droit pour que le rouleau soit de nouveau disponible pour l'utilisation suivante. Tout en récupérant la partie découpée.
6. Il reste à retirer les chutes pour récupérer pièce par pièce nos motifs (*On dit aussi écheniller*).
7. Monter l'objet final en utilisant chaque motif.

2.2 Résultat attendu

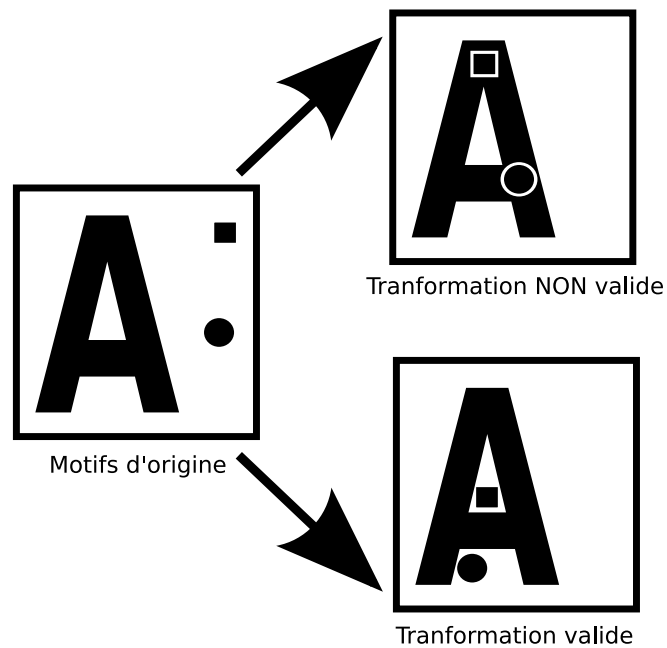
Partant de notre exemple, voici un résultat que l'on pourrait attendre de votre logiciel. D'autres possibilités sont bien évidemment valables.



2.3 Considérations techniques

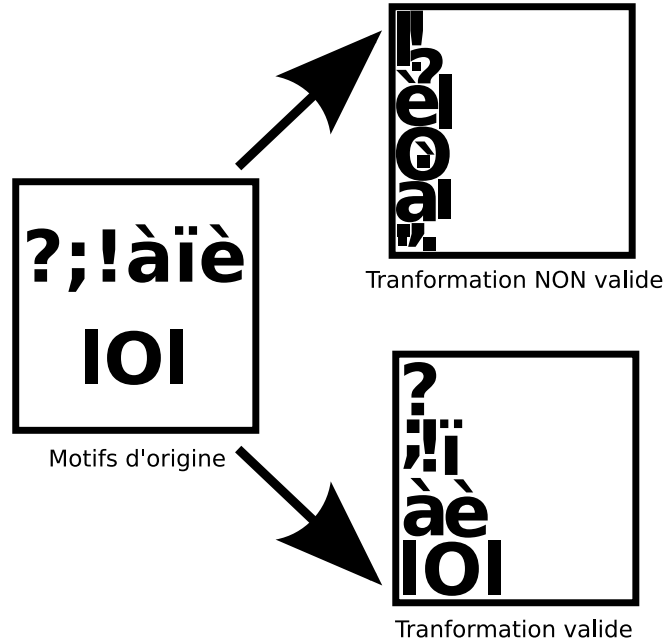
2.3.1 Surface utile

Chaque motif occupe une surface à ne pas utiliser pour compacter les objets :



2.3.2 Groupe de motifs

Les motifs peuvent former un *groupe* à ne pas séparer. Les séparer devient trop contraignant pour la dernière étape de montage de l'objet final. C'est lors de la conception de l'image d'origine que les groupes sont réalisés. *Vous n'avez pas à les inventer !*



2.3.3 Timeout obligatoire

Il est important que votre algorithme ne prenne pas un temps infini pour arriver à un résultat. Le logiciel devra permettre de donner un résultat, même approximatif, en un temps limite réglable par l'utilisateur. En d'autre terme, après ce temps imparti, il prendra la meilleure solution trouvée.

2.3.4 Visuel et résultat

Un visuel de l'image d'origine est nécessaire et un visuel de l'image finale. Il devra aussi montrer le gain d'efficacité de son résultat.

2.4 Considérations mathématiques

L'optimisation des chutes est directement lié au X maximum. En plus simple, l'objet le plus à droite.

Nous pouvons calculer ce X dans le meilleur des cas hypothétique. A savoir, tous les objets remplissent parfaitement l'espace comme de l'eau que l'on verse dans un verre. Le verre étant la matière première, et l'eau, les motifs.

Soit X_{min} cette valeur, n le nombre de motifs, h la hauteur du rouleau et S_i la surface du motif i , nous avons :

$$X_{min} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{h}$$

Nous pouvons calculer ce X dans le pire des cas hypothétique. Soit X_{max} cette valeur, n le nombre de motifs, et W_i la longueur du rectangle englobant le motif i , nous avons :

$$X_{max} = \sum_{i=1}^n W_i$$

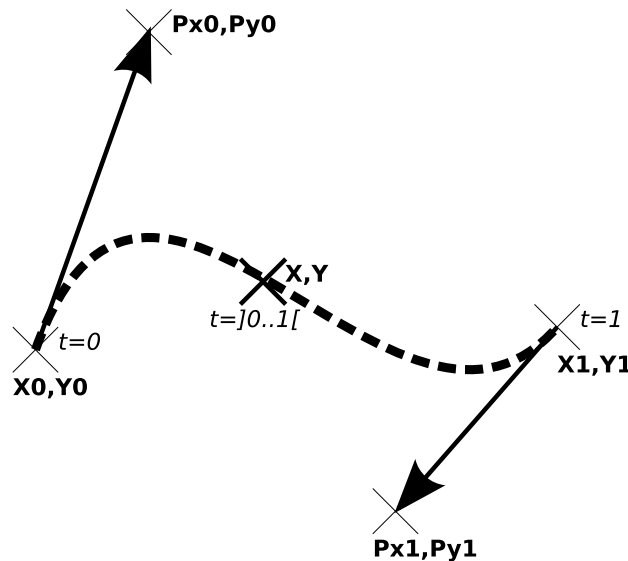
Soit P_i la position du motif i . Le dessin d'origine a un X'_{max} : $X \in [X_{min}, X_{max}]$

$$X'_{max} = \max_{n=1}^n P_i + W_i$$

Donc, votre objectif est d'obtenir un X le plus petit possible, tel que :

$$X \in [X_{min}, X'_{max}]$$

Nous allons utiliser les courbes de bézier (courbe paramétrique utilisant 4 points) :



$$t \in [0, 1] \left\{ \begin{array}{l} X_t = t^3 X_0 + 3 \times t^2 (1-t) P_{x0} + 3 \times t (1-t)^2 P_{x1} + (1-t)^3 X_1 \\ Y_t = t^3 Y_0 + 3 \times t^2 (1-t) P_{y0} + 3 \times t (1-t)^2 P_{y1} + (1-t)^3 Y_1 \end{array} \right.$$

L'algorithme sera itératif en utilisant ce que vous voulez :

- Heuristique suivant le bon sens commun. Par exemple, placer les plus grands motifs avant les autres, ...
- Découpage en grille, puis sous grille, ...
- Génétique,
- Réseau de neurones,
- Autres ...

Les exemples sont produits à l'aide du logiciel *Inkscape* disponible gratuitement pour Linux, mac et Windows :

<https://inkscape.org/fr/>

La largeur du rouleau est de 1 mètre et donc les fichiers ayant les motifs sont sur 2 mètres de longueur et 1 mètre de largeur/hauteur. Le format utilisé est du SVG *Scalable Vector Graphics*, lisible directement en texte et balise XML. Attention à bien convertir en courbe les textes pour pouvoir les travailler. Ici, nous ne considérons que les ensembles de segments et de courbes de bézier.

Attention :

Votre logiciel ne devra pas utiliser de bibliothèques externes (traitement de courbe, ordonnanceur, ...). Dans le cas contraire, le zéro sera de rigueur.

2.5 Extension du sujet

A ne pas forcément prendre en compte :

- Optimisation avec possibilité de faire des rotations.
- Dans le cas de certain type de curseur (par exemple : laser), l'épaisseur n'est pas négligeable. Donc prendre en compte une certaine épaisseur minimal réglable entre deux motifs.
- Emboitement, non pas d'un seul ensemble de motifs, mais de deux ou trois (réglable) ensembles identiques.

J'ai conscience de la difficulté de ce sujet, et j'en prendrai compte à la notation. Mais, l'idée du sujet m'a paru vraiment très intéressante et motivante, j'espère qu'il en sera de même pour vous !

Good luck !