

Théorie des nœuds et enluminure celte

Christian Mercat

Ancien élève de l'École Normale Supérieure de Paris
Allocataire Moniteur Normalien à l'Université Louis Pasteur

Cet article est dédié à mon directeur de thèse, Daniel Bennequin qui m'a initié au monde fabuleux des mathématiques et continue à m'y guider.

1. Introduction

La théorie des nœuds a connu un grand essor à la fin des années 80, les polynômes de Kaufmann et de Jones ont été largement décrits dans la presse grand public et ont initié une période très féconde en mathématique. Nous avons l'honneur de compter parmi les professeurs strasbourgeois une des sommités de ce domaine, Vladimir Turaev (voir son article dans *l'Ouvert* n°66, mars 1992) dont j'ai eu le plaisir de suivre l'enseignement lors d'un cours qu'il donnait conjointement avec Christian Kassel en 1993.

Ce dont je vais vous parler, bien qu'ayant trait aux nœuds et entrelacs remonte à bien plus longtemps que cette théorie, à la civilisation celte qui, déjà au IV^{ème} siècle avant Jésus-Christ, dressait des menhirs sculptés de motifs d'entrelacs. Vers le VI^{ème} siècle, les moines irlandais qui copient inlassablement la Bible, christiannisent ces motifs et les incorporent en tant qu'enluminures dans leurs pages de calligraphie. Les motifs torturés et savants des casques saxons et des fibules celtes cèdent la place à de grandes frises sévères et serrées. Cette technique aura ses chefs d'œuvres, en particulier les Bibles enluminées de Kells (XII^{ème}), de Durrow ou de Lindisfarne. C'est à Dublin, dans la magnifique bibliothèque de Trinity College que j'ai eu le plaisir de contempler les deux premiers, mais là où le profane ne voit que des formes très compliquées et très belles, l'initié que j'étais, ajoutant à leur splendeur graphique une beauté d'un autre ordre, perçut le schéma directeur de leur organisation.

Je suis tombé sous le charme de ces motifs, et me suis mis à traquer la bibliographie les concernant, dessiner des motifs originaux, créer des bijoux et des objets à partir de cette technique. Assez prosélyte dans ma passion, j'ai donné deux séries de cours d'enluminure dans l'école internationale de calligraphie de St Cyr sur Loire, en 1994 et 1996. Je remercie Richard Forestier, Chantale Facchinetti et Agnès Forestier d'avoir eu la gentillesse et la patience de m'y accueillir.

Mon intérêt artistique s'est doublé d'un travail théorique et le cœur de ma thèse de mathématiques repose sur cette technique, qui si elle n'est pas nouvelle

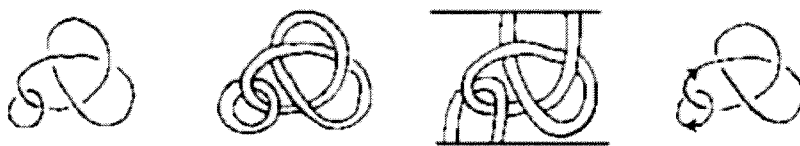
mathématiquement, me semble sous-exploitée; j'espère par cet article vous y initier et en tout cas vous communiquer mon plaisir à dessiner ces motifs captivants.

2. Un peu de théorie

Les entrelacs

Les objets

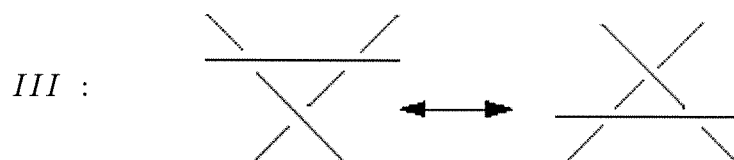
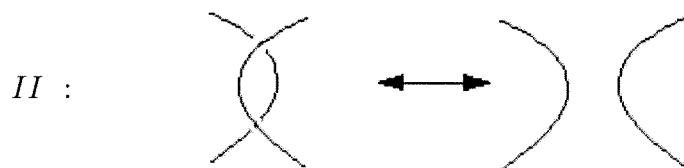
Un nœud est ce qu'on peut réaliser avec une corde qu'on emmêle et dont on soude les deux bouts à la fin, puis qu'on s'autorise à déformer à loisir, c'est à dire un plongement d'un cercle dans l'espace. Un entrelacs est ce qu'on obtient quand on laisse plusieurs personnes jouer à ce jeu dans un endroit exigu. Un nœud est donc un entrelacs à une seule composante. Si vous voulez représenter un entrelacs, vous étalez les cordes par terre en n'autorisant que des croisements de deux cordes pas plus et vous dessinez le tout en notant soigneusement à chaque croisement qui est "au dessus" et qui est "en dessous". C'est à dire qu'on réalise une projection régulière sur le plan de l'entrelacs; le dessin est un graphe sur le plan avec quatre arêtes à chaque sommet (un graphe planaire tétravalent) où on indique l'information des dessus-dessous en arrêtant le trait qui passe en dessous just'avant d'arriver au sommet. On peut enrichir la structure, épaissir un peu le dessin et considérer des entrelacs rubannés où les cordes sont remplacées par des rubans, orienter chaque nœud, ne pas les fermer tous et maintenir leur extrémité fixe, on parle alors d'enchevêtrement, ou bien encore attacher une étiquette ou une couleur à chaque nœud ou à chaque croisement...



Les mouvements de Reidemeister

Il existe plusieurs projections régulières d'un même entrelacs mais on peut toujours passer de l'une à l'autre par une série de mouvements, visiblement nécessaires mais qui sont aussi suffisants, les mouvements de Reidemeister :

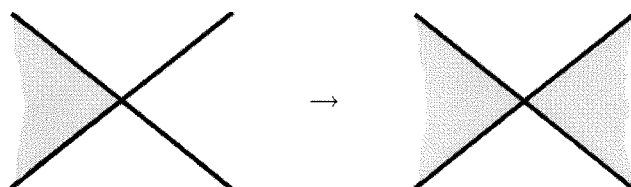




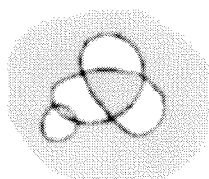
Cependant, il est difficile pratiquement de déterminer si deux projections se rapportent au même entrelacs.

Les graphes

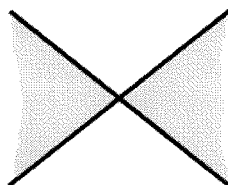
Quand on considère un dessin en un seul morceau, c'est à dire une projection régulière connexe, il partitionne le plan en plusieurs zones, les croisements, les arêtes reliant les sommets (sauf pour un bête cercle, c'est à dire le nœud trivial) et des zones qui ressemblent à des disques, des cellules de dimension deux. Une seule zone ne ressemble pas à un disque, la grande zone qui va jusqu'à l'infini. Colorions cette grande zone en noir. Décidons à chaque sommet qui est sur le bord d'une cellule noire, d'étendre la couleur noire à la cellule opposée et ainsi de suite.



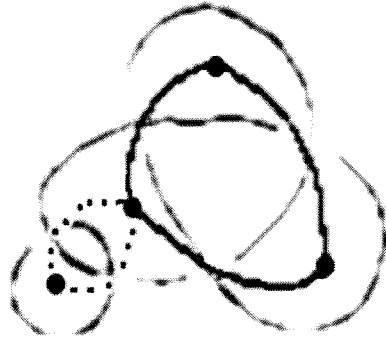
On obtient ainsi une partition en zones blanches et noires :



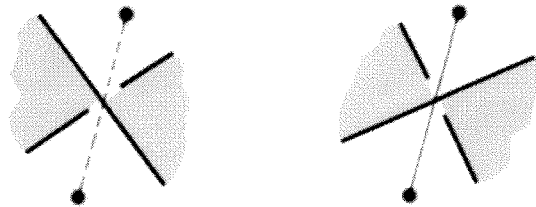
Les cellules de dimension deux se répartissent alors en blanches et noires et il est facile de voir que cela fait un damier où chaque croisement a l'allure suivante :



On code cette décomposition dans un graphe planaire à arêtes signées en attribuant un sommet à chaque cellule blanche et en tirant une arête entre deux cellules au dessus de chaque croisement qui les fait intervenir.



On signe ensuite cette arête en fonction de la situation des dessus-dessous : un signe $+$ si le brin qui passe au-dessus vient de la gauche quand on se place dans une cellule blanche, un signe $-$ sinon. On peut représenter graphiquement le signe d'une arête en tiretant si le signe est $-$ et en laissant le trait plein sinon.



Cette donnée code parfaitement la projection régulière de l'entrelacs et il y a bijection entre les projections planes des entrelacs et ces graphes planaires à arêtes signées.

Par contre, si on se place dans la sphère de dimension trois (on rajoute un point à l'infini à notre espace habituel) et qu'on projette sur la sphère (la "vraie", celle de dimension deux), la correspondance n'est pas biunivoque : deux graphes planaires à arêtes signées codent la même projection, quel est le deuxième ? C'est le graphe dual qu'on aurait obtenu en plaçant les sommets non pas au centre des cellules blanches, mais des cellules noires. Ils sont duaux dans le sens que des notions de dimension k sont remplacées par des notions de dimension $2 - k$, à chaque arête de l'un correspond une arête de l'autre, qui la coupe en un seul point et son signe est opposé, à chaque sommet de l'un correspond une face de l'autre et réciproquement. La situation est plus symétrique que dans le cas du plan, la zone contenant l'infini n'existe plus et aucune zone n'est distinguée des autres, la dualité apparaît.

3. Dessiner

Introduction

Les celtes ne connaissaient pas les mouvements de Reidemeister, ni les graphes planaires à arêtes signées, pourtant ils se débrouillaient très bien. En fait, en regardant de près des originaux du moyen-âge, on reconnaît des traits de construction qui mettent en place une structure un peu similaire, les points qui semblent avoir guidé les moines irlandais sont ceux que je considère comme les sommets du graphe et de son graphe dual. Mais les motifs qu'ils réussissaient à construire ainsi sont relativement pauvres vis à vis des motifs plus anciens gravés sur les menhirs. Il existait sûrement des méthodes aussi efficaces que celle que je décris mais leur secret appartient au passé.

Après les moines irlandais, la technique a l'air de se perdre car les quelques rares motifs européens qu'on retrouve semblent être des copies et des juxtapositions de créations irlandaises. A la renaissance, Léonard de Vinci et Dürer font quelques dessins d'entrelacs mais les appellent humblement concaténation, prouvant qu'aucun schéma général ne les a conduit. Peu de livres traitent du sujet et tous ceux qui tentent de décrire des méthodes de construction échouent à unifier tous les aspects, certains traitant des entrelacs sur un réseau carré, d'autres triangulaires, d'autres sur un cercle... Pourtant, hors de la sphère occidentale, les Arabes maîtrisent depuis toujours semble-t-il la construction des entrelacs les plus sophistiqués, qu'ils traitent en pavages de céramique ou en enluminure de textes sacrés, certaines étant de même allure que les enluminures celtes mais la plupart étant beaucoup plus compliquées. Cependant, j'ai cherché vainement une traduction de traités décrivant leurs méthodes.

Je ne veux pas mésestimer le travail admirable de J. Romilly Allen ou de George Bain, qui a passé sa vie à répertorier les entrelacs celtes, compilant ses résultats dans un très beau livre, ou bien les manuels de dessins d'Aidan Meehan, Andy Sloss ou Iain Bain (le fils du premier), mais leurs techniques ne décrivent que certains types de nœuds seulement, les frises carrées en particulier. Cependant, vous y trouverez d'autres motifs celtes que les entrelacs, ils prennent trois autres formes, les labyrinthes, les spirales et les animaux, et je ne connais pas les méthodes pour les construire.

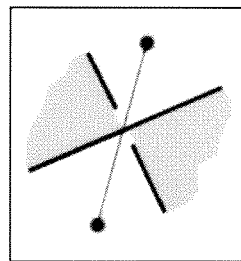
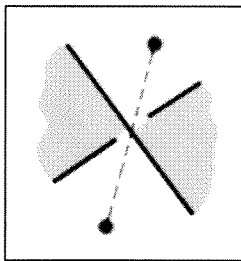
La méthode

Un entrelacs a l'air très compliqué alors qu'un graphe planaire est un objet combinatoire assez simple, facile à reproduire et à créer. La méthode reprend donc en sens inverse la construction qui associe à un entrelacs un graphe planaire à arêtes signées.

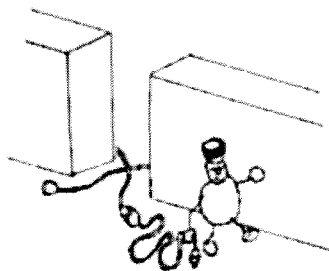
Nous allons d'abord expliquer, étant donné un graphe, comment retrouver l'entrelacs associé, l'étape de la reproduction, puis nous verrons comment composer un graphe qui donne un bel entrelacs, ce sera l'étape de la création.

Il suffit, pour construire un entrelacs associé à un graphe, de placer sur chaque arête signée le dessin qui lui correspond, un croisement de deux brins, bien au milieu de l'arête, avec les dessus-dessous qui correspondent à son signe.

Je vous conseille pour cela de faire sur un petit carré de papier découpé le dessin correspondant à une arête $+$ et le dessin correspondant à une arête $-$, et d'aligner ce petit dessin parallèlement à l'arête sur laquelle vous travaillez et de recopier le dessin trait pour trait. Cela peut paraître enfantin à première vue mais réussir à dessiner l'image d'un croisement par une rotation n'est pas une chose aisée.



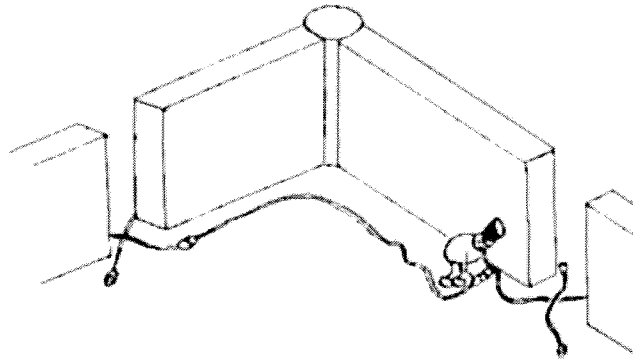
Ensuite il s'agit de relier entre eux les bouts des brins. Imaginez vous chaque arête comme un mur, percé d'une porte au beau milieu de l'arête et placez vous par la pensée sur la feuille de papier, le long d'une arête, au niveau de la porte et regardant vers un des deux bouts du mur, disons par exemple que vous touchez le mur avec votre main gauche, la droite tenant le bout du brin qui a participé au croisement au milieu de l'arête.



Marchez le long du mur, comme dans un labyrinthe, en gardant la main gauche sur le mur. A un moment, vous tournez un coin, c'est le bout de l'arête, vous reprenez le long d'un autre mur, toujours à votre main gauche.

Vous continuez et vous arrivez finalement au milieu de cette arête, là où un autre croisement a eu lieu. Par terre gisent quatre bouts de brins, raccordez le

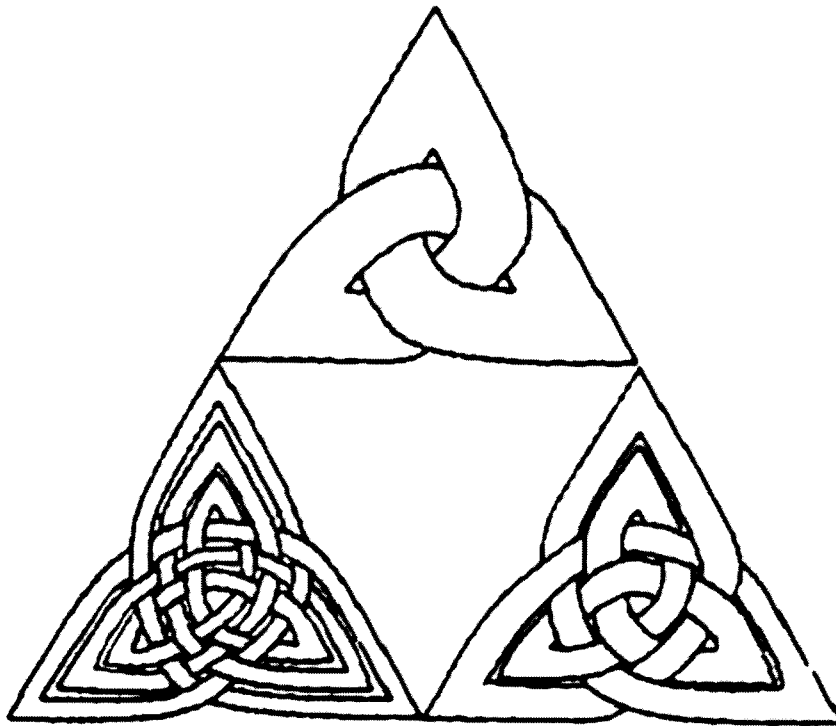
vôtre à celui des quatre qui est dirigé vers vous.



Passez la porte, tournez à droite, prenez l'autre bout du brin dans votre main gauche, gardez le mur à votre main droite et c'est reparti! Continuez pour tous les brins jusqu'à ce que tous soient raccordés.

Cosmétique

Si vous êtes parti d'un beau graphe tout propre, cela doit normalement vous donner un dessin hésitant, très sale, plein de ratures, de traits mal gommés, biffés et tous de la même couleur, très loin du dessin suivant.

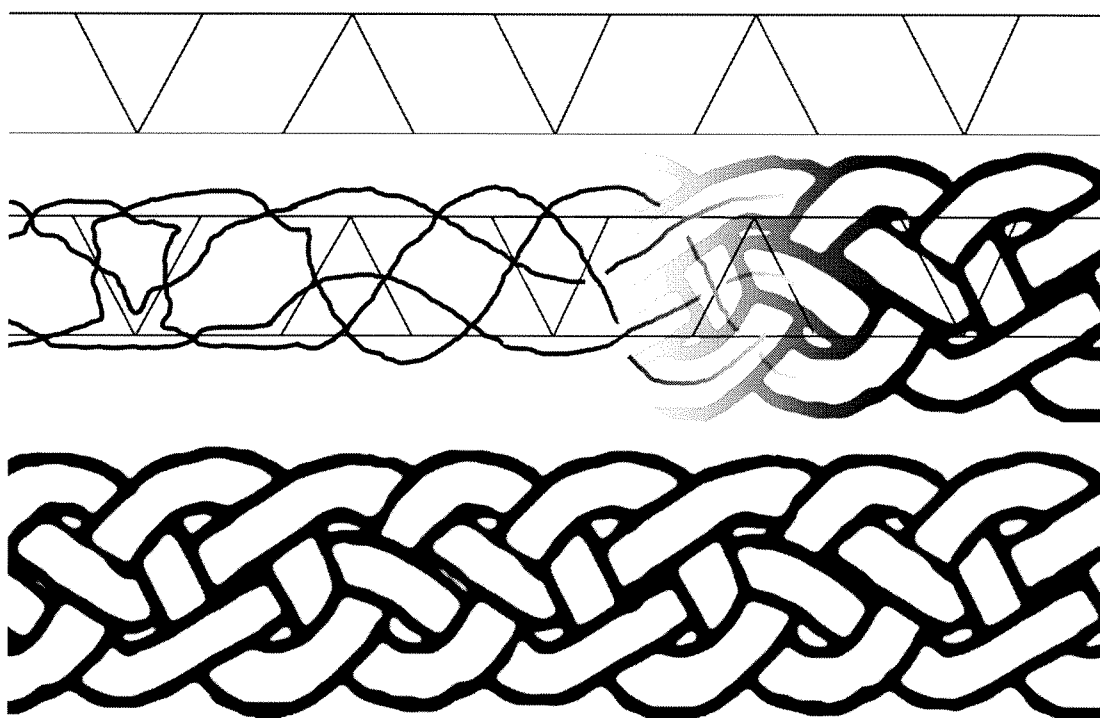


En premier lieu, adoptez des mines différentes pour le tracé du graphe et le tracé de l'entrelacs proprement dit.

Faites d'abord une ébauche de l'entrelacs en tirant la langue et en appliquant la méthode rigoureusement sans tricher. Puis prenez de la distance et rectifiez le trajet cahotique de chaque brin en une belle courbe sinueuse en tenant compte de la direction générale du brin. Vous pouvez très bien ne pas vous soucier des dessus-dessous pour l'instant, mais plutôt du trajet de chaque brin.

Après avoir repris chaque croisement pour bien décider des dessus-dessous, prenez chaque brin et considérez son nœud non plus comme une corde mais comme un pneu et gonflez le, laissez chacun prendre plus de place.

A ce stade, je vous propose de vous faire la main sur une frise simple qui s'appuie sur un réseau triangulaire dont on a effacé une arête tous les pas et demi : recopiez le graphe sur une feuille et suivez les quatre étapes suggérées sur la deuxième ligne.



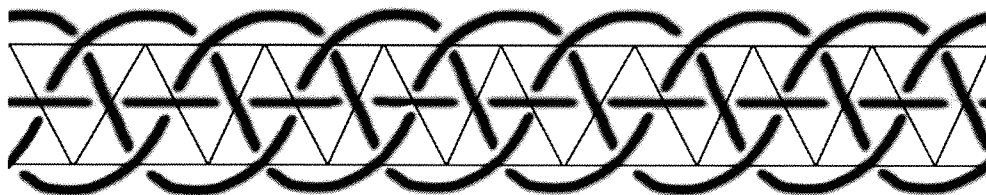
Sur la deuxième ligne, j'ai commencé par appliquer la méthode à la lettre, sans souci de l'aspect esthétique, cela donne plein de coins, de traits hésitants, et les dessus-dessous ne sont pas indiqués; puis les traits sont peu à peu épurés et leur trajectoire est rectifiée; puis les dessus-dessous sont représentés et finalement les brins sont épaissis.

Il est clair que ces étapes, présentées juxtaposées, se passent en réalité successivement, au même endroit, à grand renfort de gomme et de jurons. Un des problèmes principaux est que, quand on gomme le tracé d'un brin, on gomme le graphe qu'il y a dessous, pourtant, celui-ci est un guide jusqu'à la fin et c'est une erreur de croire qu'on peut s'en passer dès que la vision de la trajectoire de l'entrelacs est claire. Il faut donc, soit retracer le graphe après chaque coup de

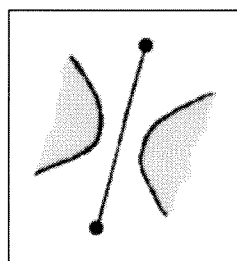
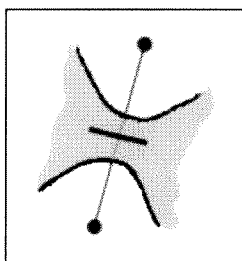
gomme, soit, pour une étude préparatoire, dessiner sur une face d'un papier calque et faire les traits de construction sur l'autre face.

Les murs

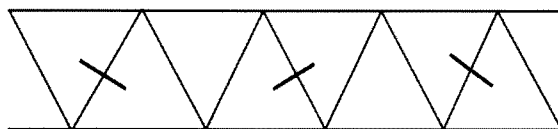
Comparez cette tresse à celle obtenue sur la frise triangulaire ou aucune arête ne manque :



Vous voyez que l'omission d'une arête change assez radicalement le résultat. Vous pouvez aussi observer qu'omettre une arête sur un graphe revient à souder deux sommets dans son graphe dual. Mais si effacer une arête est facile à représenter graphiquement, souder deux sommets l'est un peu moins. Nous prendrons la convention, quand on perturbe un graphe en omettant une arête ou, dualement, en soudant deux sommets, de dessiner le graphe inchangé, mais de mettre un trait gras en travers si on efface l'arête et de dessiner l'arête elle-même en gras si on identifie ses extrémités.

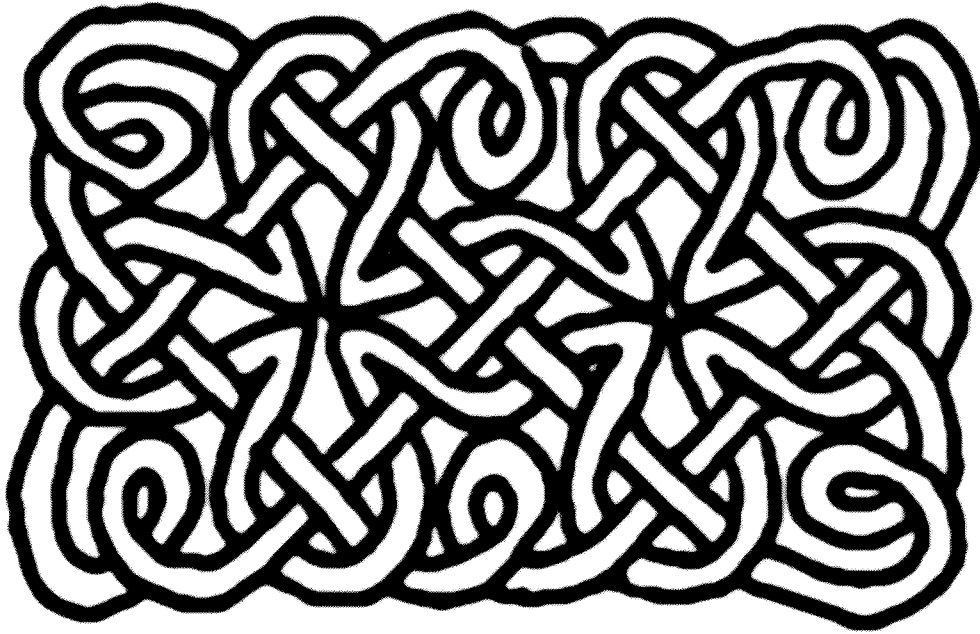


La tresse triangulaire proposée en exercice est ainsi associée au graphe triangulaire avec un mur transversal toutes les trois arêtes :



Cette manière de dessiner permet de simplifier la représentation graphique du graphe sous-jacent mais aide aussi à la construction de l'entrelacs : le trait en gras, qu'il soit longitudinal ou transverse doit être compris comme un **mur** sur lequel **rebondissent** les brins des nœuds au lieu de se croiser au milieu de l'arête. Il y a maintenant quatre types d'arêtes, les +, les -, les défauts longitudinaux et les défauts transverses. Pour reprendre l'expérience de pensée, un mur longitudinal

revient à fermer la porte du milieu de l'arête, un mur transverse revient à casser cette arête. Vous êtes capables de faire la plupart des exercices proposés en Annexe.



Création

Introduction

Construisez un graphe planaire à arêtes signées quelconque, avec relativement peu, disons six ou huit sommets et une dizaine à une quinzaine d'arêtes, saupoudrez de signes (les mêmes signes partout, c'est souvent le plus joli), de murs longitudinaux et de murs transverses (pas trop), affutez votre crayon et allez-y.

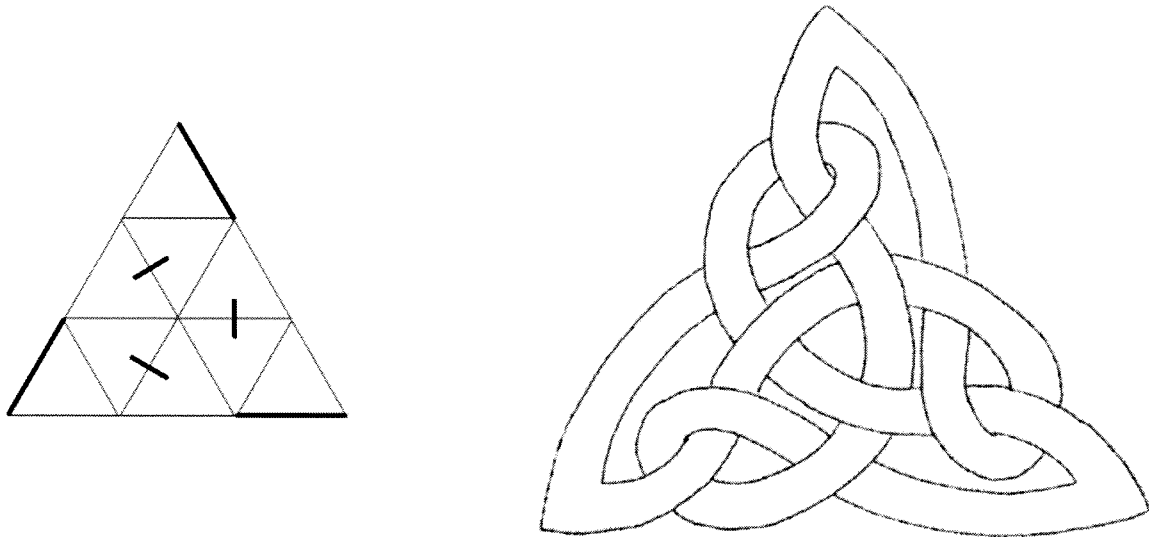
Vous pouvez parfois trouver le résultat, quoique relativement satisfaisant, peu harmonieux, en particulier si le graphe sous-jacent contient des arêtes d'échelles de longueur trop différentes, il y a de grandes zones toutes vides et des endroits surchargés et confus où les rubans sont lamentablement tassés les uns contre les autres. Et plus que tout, vous n'avez aucun contrôle sur le produit fini, vous êtes même très étonné que ça ait cette allure (n'est-ce pas?).

Il existe en fait quelques règles simples et des guides qui donnent à coup sûr un bel entrelacs, la première est de partir d'un réseau qu'on perturbe, la deuxième, quand on est déjà confiant consiste à créer un graphe de plus en plus grand autour d'un centre, la troisième, pour les spécialistes que vous allez bientôt être est nécessaire pour construire de grandes réalisations et repose sur la "mise en boîte" des motifs.

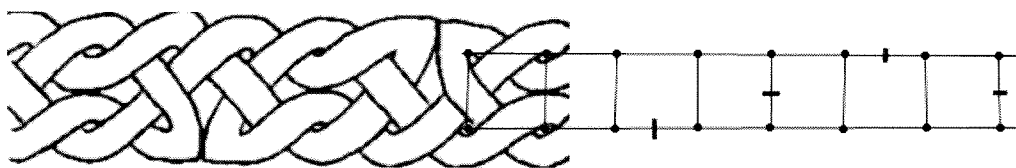
Sur réseau

Le plus simple pour avoir un graphe équilibré est de partir d'un bout d'un

réseau standard, et de n'agir qu'en saupoudrant de manière "appropriée" des défauts. Les réseaux simples sont le réseau carré, le réseau triangulaire et son dual le réseau hexagonal (on l'obtient à partir d'un réseau triangulaire dont on enlève les arêtes participant à certains sommets). "Appropriée" veut souvent dire assez symétrique et souvent périodique.



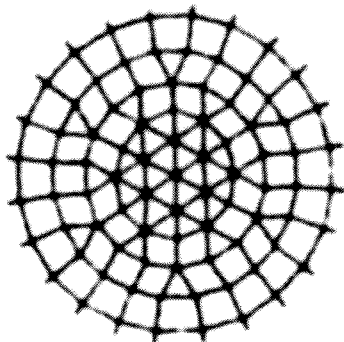
Le plus payant pour débiter est de s'attaquer aux frises, et les plus simples sont les carrées. Dessinez une quinzaine de carrés alignés, comme une échelle ou une ligne de chemin de fer. Distribuez deux ou trois murs et répétez les comme vous voulez, en faisant une série de réflexions, de translations ou de symétries centrales. Ça ne peut pas rater, c'est superbe.



Essayez ensuite avec une série de deux carrés superposés, ou une frise à base de triangles ou d'hexagones...

Vous pouvez ensuite déformer vos frises pour les mettre sur un cercle, si son rayon n'est pas trop petit, le motif n'est pas trop déformé. Par contre, pour des cercles allant du centre jusqu'à des rayons de vingt fois la maille, il se pose un problème, comment réduire? On ne peut pas bêtement garder autant de secteurs quand on diminue le rayon, il faut en oublier quelques uns. On peut soit séparer assez nettement les différentes zones dans lesquels le rayon ne varie pas trop, en mettant des murs qui font presque toute une circonférence, soit fusionner des arêtes

comme dans cet exemple :



C'est peu ou prou la technique des moines irlandais. Cela permet déjà une très grande diversité. Mais il ne faut pas en rester là! Essentiellement deux manières de construire un graphe apparaissent à mon sens, une où l'on fait croître un graphe à partir d'un centre, sans trop contrôler l'espace que le motif va occuper, ce que j'appelle **vers l'extérieur** et une autre où l'on fixe **d'abord** la zone que va occuper le motif puis en construisant le graphe **à l'intérieur** de celle-ci.

Vers l'extérieur

Cette méthode est faite pour créer de petits motifs à main levée, très libres, sans la contrainte d'un réseau; elle est plus rapide et moins contraignante que la troisième méthode qui permet un résultat soigné et une grande cohérence de l'ensemble. Mais nous verrons qu'elles fonctionnent en synergie.

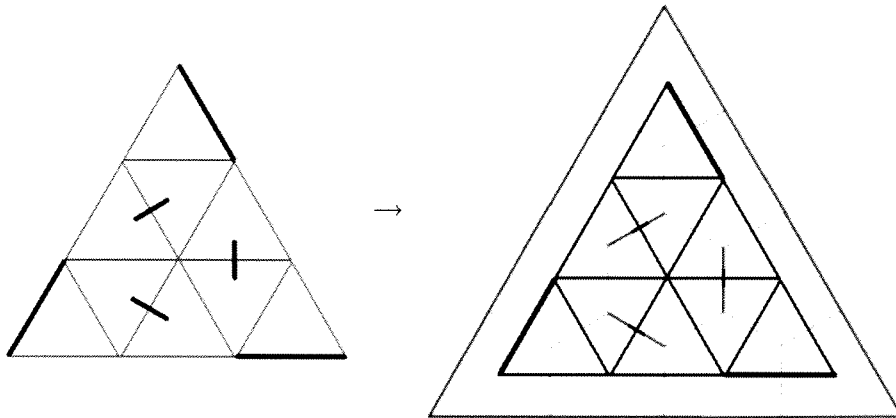
Pour commencer, il faut faire un petit graphe vraiment quelconque, avec relativement peu d'éléments, disons six ou sept sommets et une dizaine d'arêtes, de longueurs semblables (que la plus grande ne soit pas le double de la plus petite). Tâchez de répartir équitablement les sommets, par exemple en vous imaginant que les arêtes sont des ressorts de même raideur et de même longueur à vide. Tirez la langue et appliquez vous à faire émerger votre entrelacs de cette structure. Ça n'ira pas du premier coup, il faudra réajuster la position des différents sommets, la longueur des arêtes, une subtile alchimie dont je ne connais pas le menu. Quand les courbures des brins sont bien réparties, jugez votre création. Si elle vous déplaît, jetez la ou modifiez la localement, sinon, notez soigneusement le motif quelque part, il vous resservira pour une création de plus grande ampleur.

Quand vous avez plusieurs motifs qui vous plaisent, il est vraiment très simple de les assembler pour en faire un plus grand, il suffit de dessiner les deux graphes à la même échelle, assez proches l'un de l'autre, à une distance égale à la longueur moyenne des arêtes, et de rajouter quelques arêtes allant d'un sommet d'un graphe à un sommet de l'autre. N'ajoutez qu'une, deux ou trois arêtes, sinon les motifs de départ ne seront plus reconnaissables, il faut les fusionner juste assez pour qu'ils s'unissent sans perdre leur individualité.

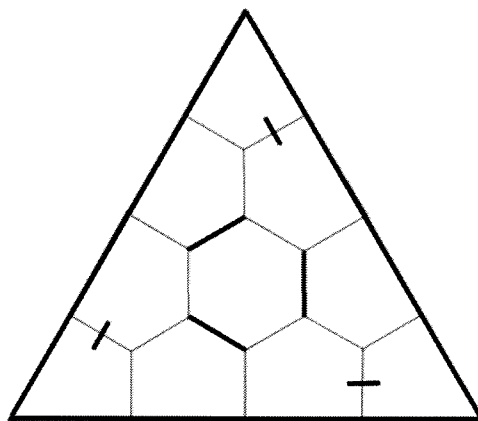
Encapsulation

Pour rendre assez automatique ce processus, il est pratique de “mettre en boîte”, d’encapsuler votre motif, c’est à dire de tracer un polygône autour de l’entrelacs. Les plus futés auront déjà compris qu’il est alors plus naturel de considérer le graphe dual de celui à partir duquel vous avez construit votre entrelacs : prenez un crayon d’une autre couleur, placez vous sur le polygône près d’un croisement, dessinez un point et tracez une arête au-dessus du croisement, coupant transversalement l’arête de votre graphe primitif et faites la atterir au centre de la face de l’autre côté de celle-ci. Placez-y un sommet. Continuez de proche en proche, placez de nouveaux points sur le polygône, jusqu’à ce qu’à chaque croisement de l’entrelacs corresponde une nouvelle arête. Vous avez construit le graphe dual de votre graphe de départ. N’hésitez pas à mettre plusieurs sommets dans la même face si elle est étendue, vous les fusionnerez en un seul en les rejoignant par un mur longitudinal. De même, si votre graphe de départ contenait des arêtes avec des défauts, faites figurer l’arête duale, si c’était un défaut longitudinal, la nouvelle porte un défaut transverse et vice-versa.

L’encapsulation du motif précédent, bâti sur un réseau triangulaire, donne par exemple un graphe porté par un réseau hexagonal :

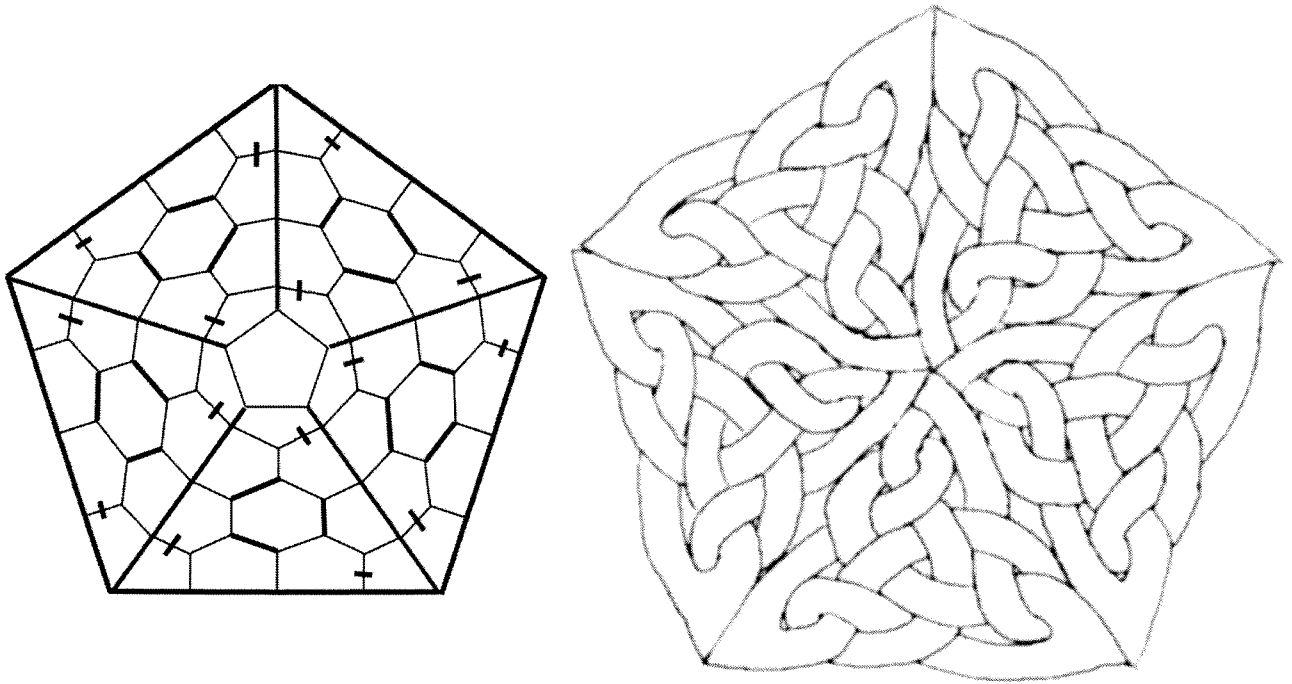


Le graphe dual est donc :



Il est important de savoir jongler entre un graphe et son graphe dual; l'un des deux est souvent vraiment plus simple que l'autre, alors avant d'apprendre par cœur le graphe de votre motif favori, regardez son dual pour voir...

La clef de l'encapsulation d'un entrelacs est donc de construire le graphe dual qui est associé à celui (plus naturel *a priori*) qui a servi à le concevoir. On a maintenant un graphe dont toutes les arêtes externes sont des murs longitudinaux, il est enfermé dans un rempart polygonal. Et c'est justement ce qui permet facilement d'élaborer des motifs plus complexes par concaténation, juxtaposition de motifs plus simples encapsulés : il suffit de considérer les deux polygones mis à la même échelle, d'aligner quelques arêtes externes et de les rapprocher jusqu'à faire coïncider quelques murs des deux remparts. On peut alors ouvrir une ou deux portes dans les remparts et les deux entrelacs se mélangent. Et plus besoin de rechercher le graphe dual, celui-ci est déjà tout encapsulé. Notre motif triangulaire peut ainsi servir tel quel à construire une étoile à cinq branches, il suffit de déformer un peu le triangle et le graphe qu'il contient puis d'ouvrir une porte pour que les nœuds se mélangent :



Le nombre d'arêtes externes qu'on soude n'a pas à être forcément le même de part et d'autre du rempart, les sommets externes des deux capsules n'ont pas à coïncider si on n'a pas l'intention d'ouvrir une porte à cet endroit.

Retenez que pour faire une belle enluminure, il ne faut pas mettre la charrue avant les bœufs, mieux vaut prendre le temps de construire à main levée un motif original dont on soit vraiment content et construire une bonne partie de l'enluminure totale en répétant à loisir ce motif. Pour cela, il faut l'encapsuler et paver l'espace de travail avec la forme de sa boîte. Puis on recopie le graphe du motif à l'intérieur de chacune des boîtes, on complète à l'extérieur par un graphe

sans floriture et on ouvre des coins des boîtes pour que le motif s'échappe et se mélange à la masse tout en étant reconnaissable. Vous êtes parés pour l'élaboration d'une grande fresque.

Vers l'intérieur

Quand vous voulez faire une vraie enluminure, sensée illustrer un texte ou encadrer un objet, définissez soigneusement la zone où vous voulez que vos entrelacs s'inscrivent, par exemple un disque, un rectangle, une croix, une bande *etc.*... Partagez votre espace intérieur en sous-zones suivant votre goût et suivant la forme du ou des motifs que vous voulez y voir figurer; dans chacune, un motif trouvera sa place propre. Il faut bien sûr aussi avoir choisi l'échelle du dessin, c'est à dire la largeur des rubans que vous voulez utiliser, cela détermine la longueur moyenne des arêtes, qui doit valoir à peu près une fois et demie la largeur des rubans. Les différents motifs que vous comptez faire figurer doivent donc être à des échelles compatibles.

Le contour de ces zones formera les murailles principales de l'enluminure, ce sera le squelette du graphe qui servira à construire l'entrelacs. Ces murailles seront donc des arêtes du graphe que nous sommes en train de construire, portant un défaut longitudinal, un "mur" (il est naturel qu'une muraille soit une suite de murs).

Recopiez alors à l'intérieur des zones où vous voulez dessiner votre motif favori, son graphe encapsulé associé. Il reste cependant beaucoup d'espace encore vide entre les boîtes si vous ne les avez pas organisées en pavage (ce qui est souvent impossible, voir pire, inesthétique). Il faut donc, votre étalon de longueur à la main, semer périodiquement des points sur la muraille aux endroits où aucun graphe n'occupe encore l'espace. Ce sont en fait des demi-points posés d'un côté seulement du rempart, on ne leur impose pas de s'étendre de part et d'autre du trait. A l'approche d'un coin plus aigu que 90° , augmentez le pas, jusqu'à deux fois le pas normal si l'angle est très aigu. Vous vous apercevez qu'il doit y avoir un équilibre entre la longueur des arêtes et la forme de vos zones. Ce tracé doit être fait en gras puisque ce sont des murs. En vous appuyant sur ces sommets, faites pousser un graphe harmonieusement, ses arêtes étant approximativement de la taille décidée, les sommets bien éloignés les uns des autres, jusqu'à ce qu'il remplisse tout l'espace intérieur. Pour bien placer les sommets et évaluer la longueur des arêtes, considérez celles-ci comme des ressorts, les points intérieurs comme des points mobiles et relaxez le tout en maintenant certains points du bord fixes.

Tout l'espace est maintenant quadrillé par des graphes, les zones de départ et l'espace résiduel. Il faut alors ouvrir quelques portes pour faire communiquer les zones entr'elles en rendant normales quelques arêtes de la muraille.

Voilà, votre œuvre est là qui n'attend plus que vous l'exprimiez, armez vous de patience et de persévérance et déroulez tous les brins de votre entrelacs. Une fois que vous avez déterminé le parcours de chaque brin (soit une bonne heure après), il faut les gonfler jusqu'à ce qu'ils s'applatissent contre les murs et se serrent les uns contre les autres. N'hésitez pas dans cette dernière phase (et dans cette dernière

phase seulement!) à oublier le graphe et à laisser s'exprimer votre crayon sans contrainte.

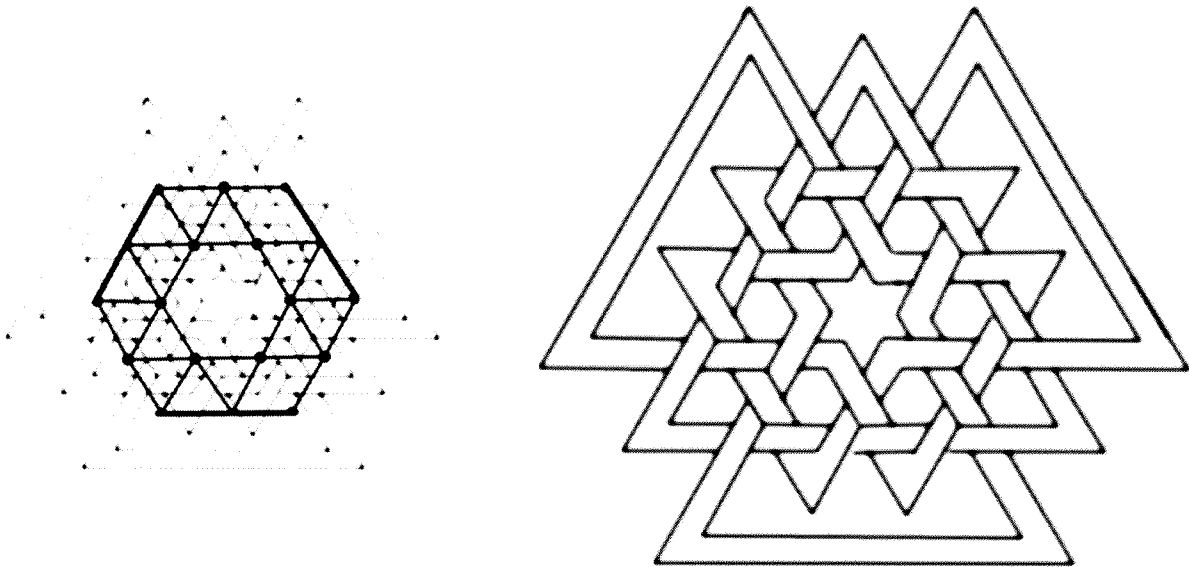
Animaux, personnages, les enchevêtrements

Si vous êtes contaminés, vous griffonnez en ce moment tous les coins de table encore vierges et vous voulez aller plus loin, retrouver le lyrisme héroïque fantaisie des Vikings, entrelacer les barbes de Freyr et de Thor... Mais vous ne savez pas dessiner des brins qui s'arrêtent ou qui se fondent à une masse.

Semi-encapsulation

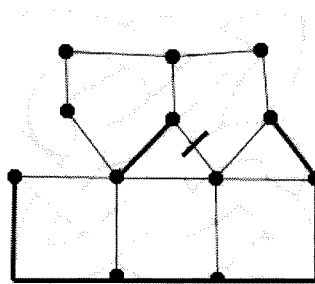
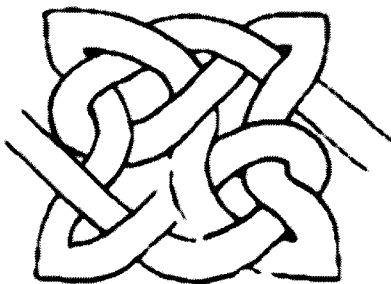
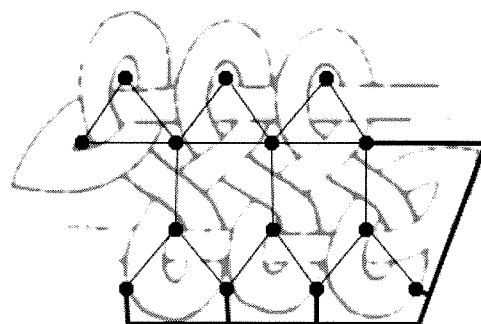
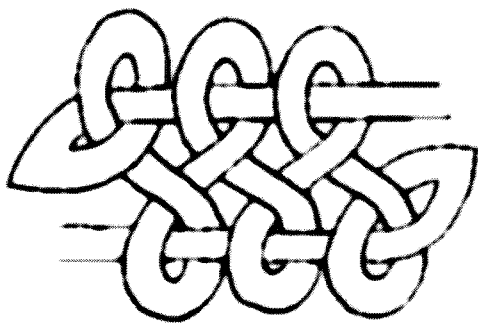
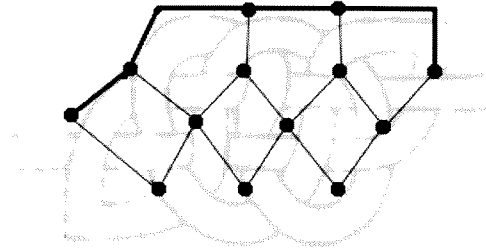
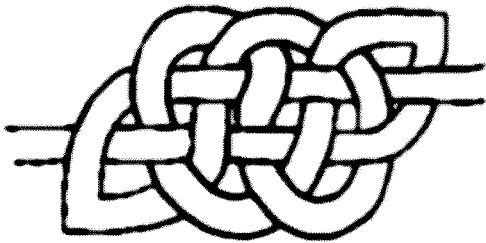
Comment faire non plus un entrelacs sans début ni fin, mais ce que nous appellons un enchevêtrement, où certains brins s'arriment à une masse ou à un point fixe. Déjà, il faut remarquer que les bouts viennent toujours par paire, impossible de faire un enchevêtrement n'ayant qu'une extrémité...

Si vous maîtrisez bien le passage d'un graphe à son dual, vous êtes habitués à des graphes ceints d'une muraille, duals d'un graphe libre comme l'air. Essayez donc de faire des graphes mixtes, dont le bord est composé de bouts de murailles, et de bouts libres. Vous voyez que chaque bout de muraille fait apparaître de longs brins tous seuls, longeant la muraille extérieure tout du long. Voici un exemple simple traité à la manière arabe (un réseau plutôt triangulaire et un traçage à la règle) :

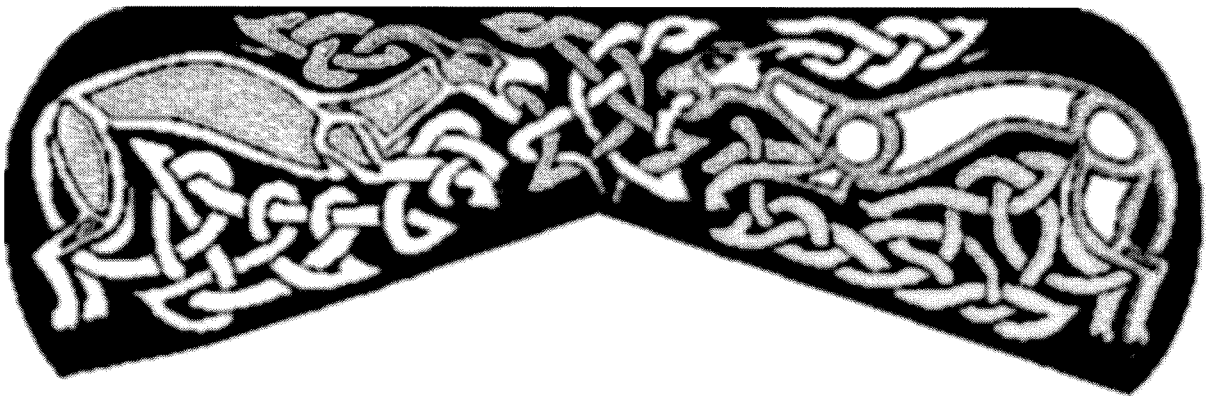


Observez les trois grands brins qui contournent de loin le motif.

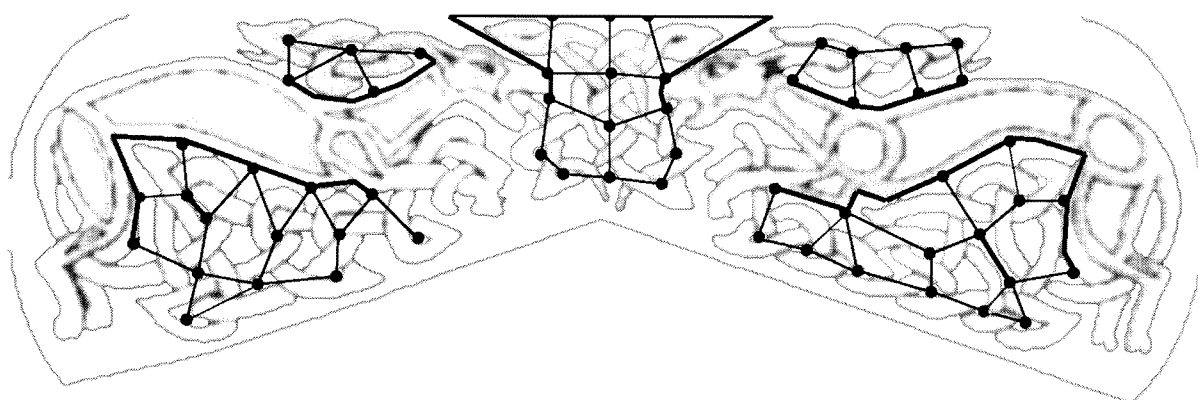
Il suffit donc de couper ces brins extérieurs et vous vous retrouvez avec des bouts de brins émergeant de l'entrelacs central, une paire aux extrémités de chaque muraille. C'est cela la semi-encapsulation. Ce sont des motifs beaucoup plus souples à manipuler, à assembler, et qui permettent surtout d'être mêlés à des personnages ou des animaux dont les extrémités (cheveux, barbe, queue, langue ou bras) s'entremêlent.



Ce qui vous permettra de faire de jolies compositions, surtout si, comme moi, vous tirez des modèles d'animaux des livres d'Aidan Meehan :



Pour cela, repérez les endroits où vous voulez faire sortir un brin, à la naissance d'une queue ou d'une oreille, placez un sommet d'un côté de ce brin et tracez une muraille qui part de là pour aller jusqu'au sommet que vous placerez près du bout du brin suivant, une deuxième oreille, une autre queue ou le bout libre de celle-ci. Recommencez pour chaque paire de bout de brins. Vous obtenez une succession de bouts de murailles; faites pousser un graphe qui s'appuie sur cette muraille et reste dans l'espace que vous lui avez fixé.

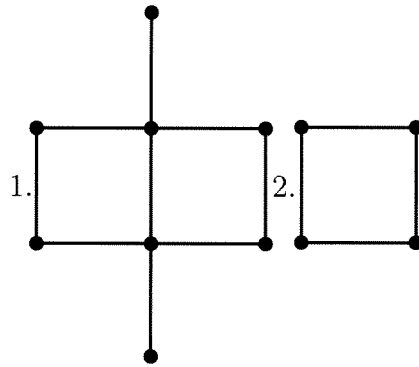


Bibliographie

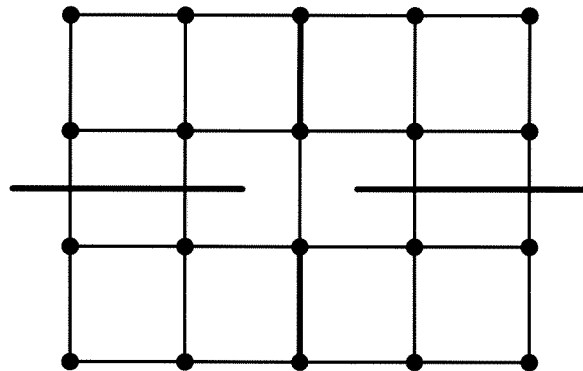
Vous trouverez tout ce que vous cherchez à la librairie de l'Odet à Quimper, 45, boulevard de l'Amiral de Kerguelen, 29000 Quimper Numéro de téléphone : 98 95 23 61

1. Celtic Art – Methods and Construction/ George Bain
2. Celtic knotwork/ Iain Bain
3. Celtic key patterns/ Iain Bain
4. Celtic art : from its beginnings to the Book of Kells/ Ruth Megaw
5. The art of Celtia/ Courtney Davis
6. The Celtic art of Courtney Davis/ Nancy Davis
7. Art of the Celts/ Lloyd and Jennifer Laing
8. Celtic design I : a beginner's manual/ Aidan Meehan
Celtic design II : illuminated letters
Celtic design III : animal patterns
Celtic design IV : knotwork: the secret methods of the scribes
9. Celtic art/ ed. Barry Raftery, Paul-Marie Duval
10. Later Celtic art in Britain and Ireland/ Lloyd Laing

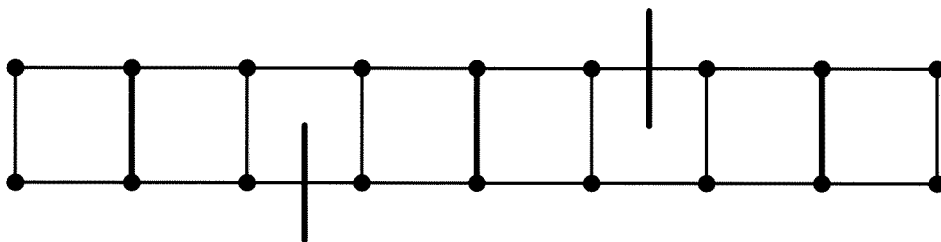
Exercices



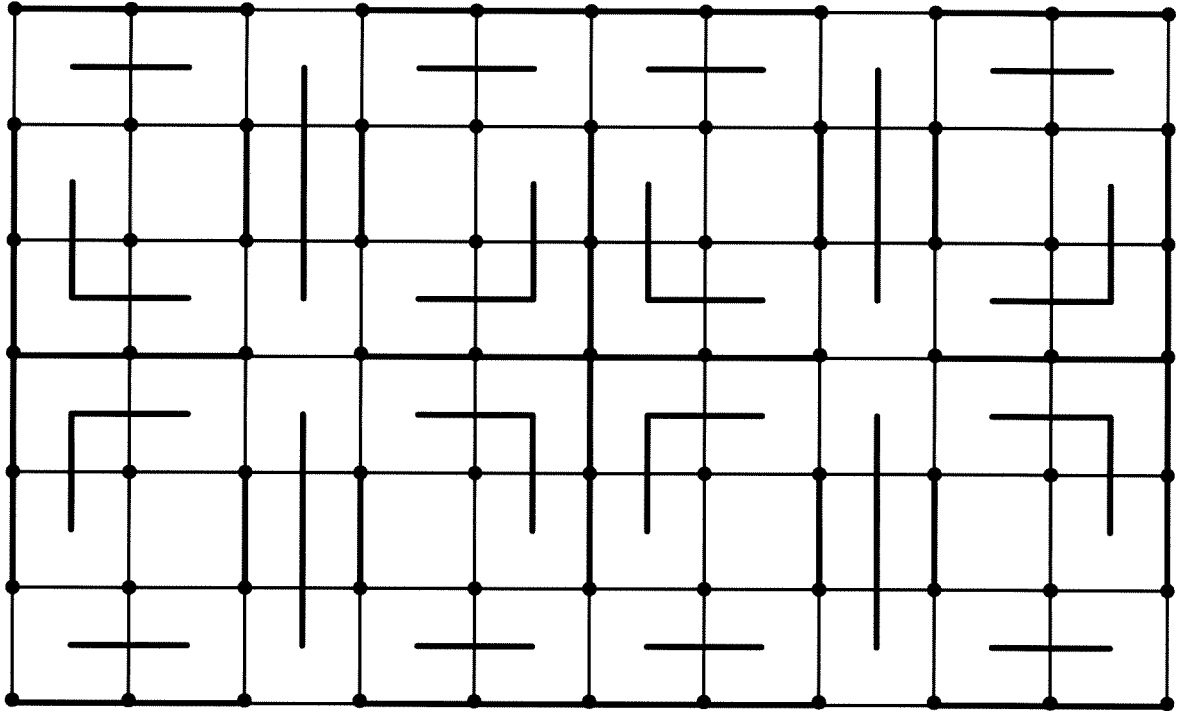
3.



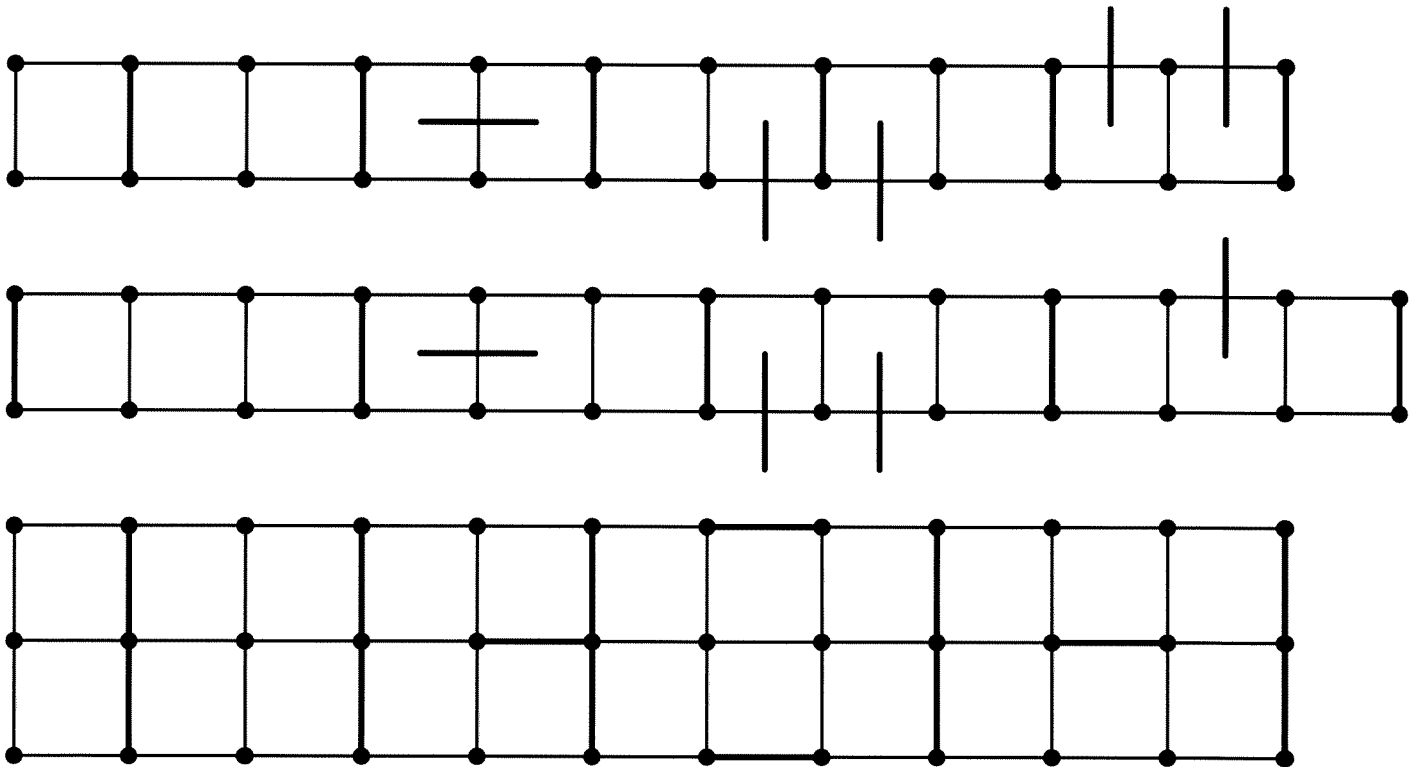
4.



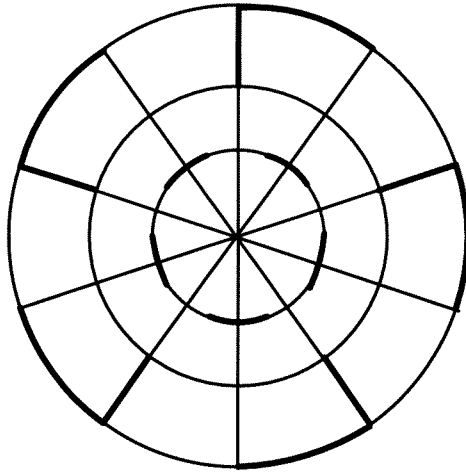
5.



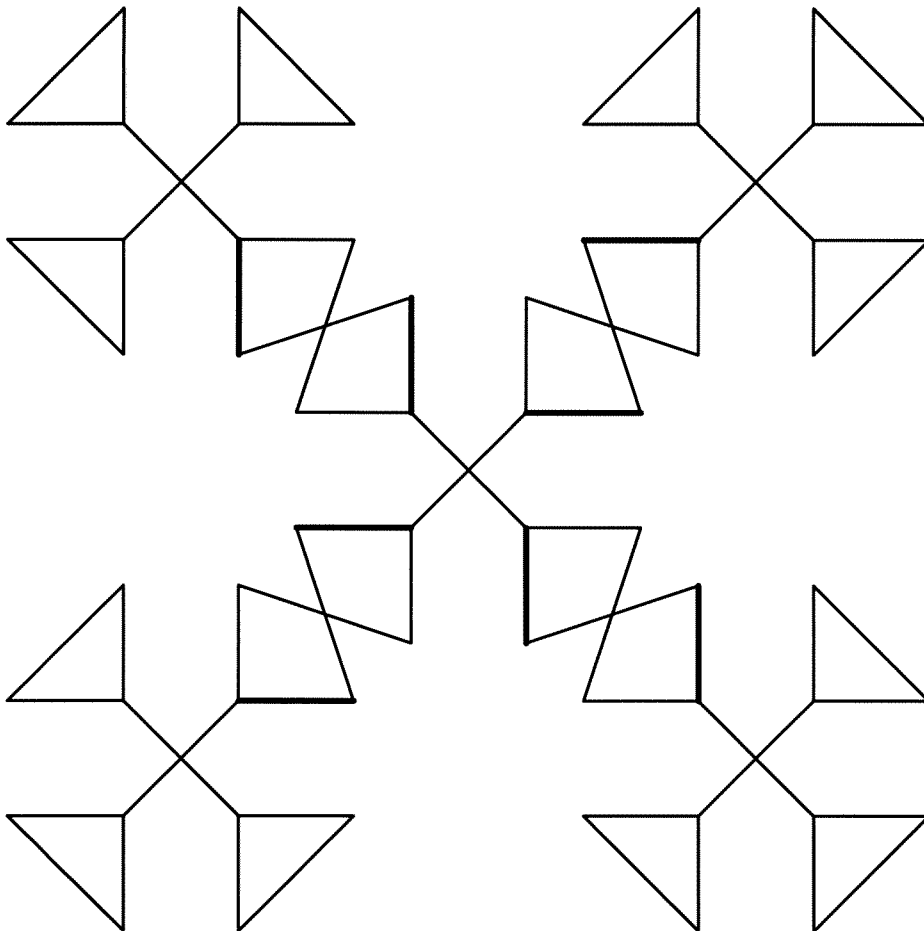
6.



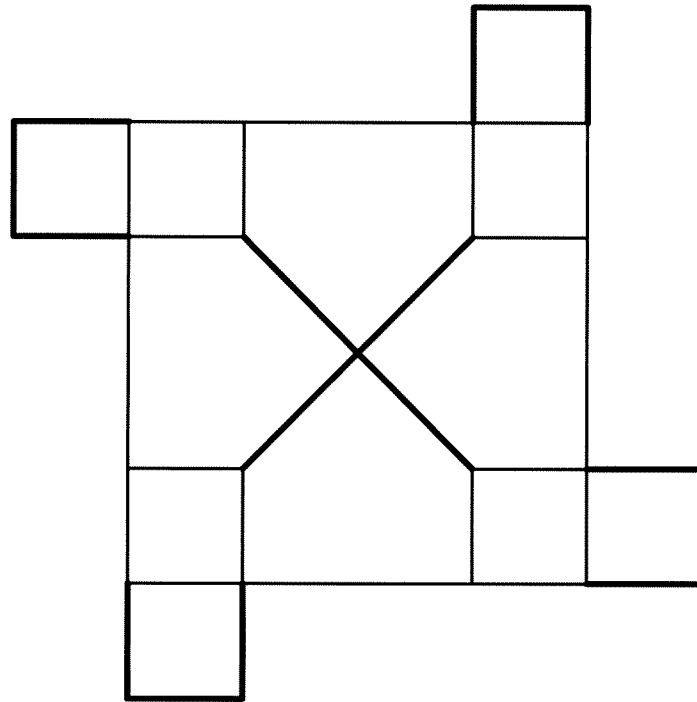
7.



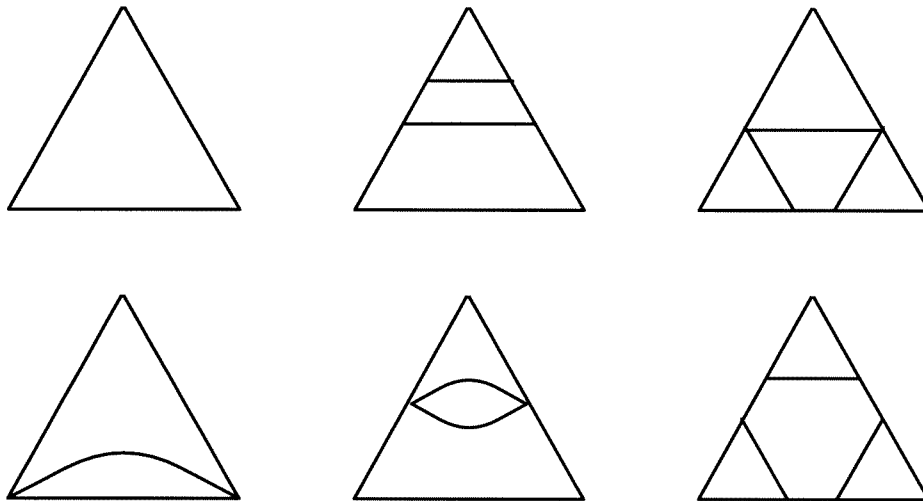
8.



9.



10.



11. Chercher toutes les erreurs faites dans cet article.

*[Les entrelacs] ne sont pas des «ornements», mais possèdent le privilège
de discipliner les allusions et le pressentiment des formes.*

Gilles Châtelet

Les enjeux du mobile, Des Travaux/ Seuil 1993