

INITIATION aux TECHNIQUES de FROISSAGE STRUCTURÉ



contact: Vincent FLODERER
La Boissellerie 5 – 19130 SAINT AULAIRE – FRANCE

Tel: +33 (0) 5 55 25 99 78 Mobile : +33 (0) 6 85 61 91 02

E-mail : vincent.floderer@le-crimp.org Internet: www.le-crimp.org



CENTRE DE RECHERCHE INTERNATIONALE DE MODÉLISATION PAR LE PLI

www.le-crimp.org Collectif pluridisciplinaire né en 2000, le Crimp développe des techniques originales de pliage avancé et froissage structuré, s'applique au développement de modèles évolutifs bio-inspirés.

L'équipe associe talents artistiques et expertises scientifiques, exprimés à l'occasion d'expositions, séminaires, événements, formations...

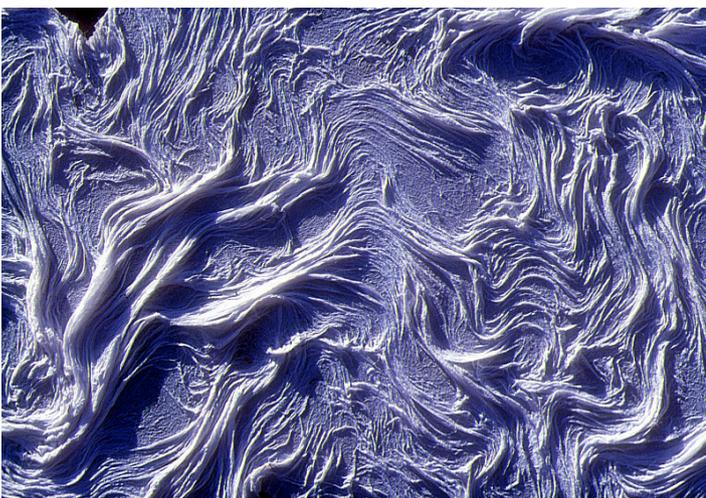
EXEMPLES DE TECHNIQUES DE FROISSAGES CRIMP



Chaotiques- Pseudo-aléatoires



Rayonnant- Multiplications Géométriques



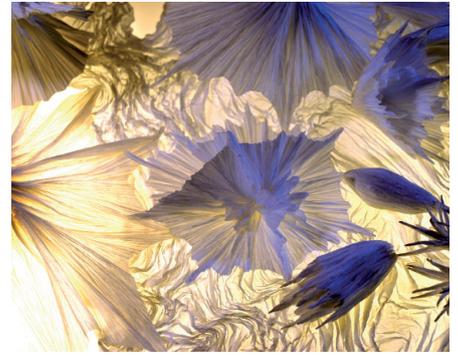
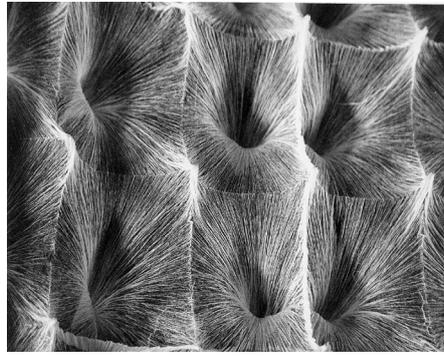
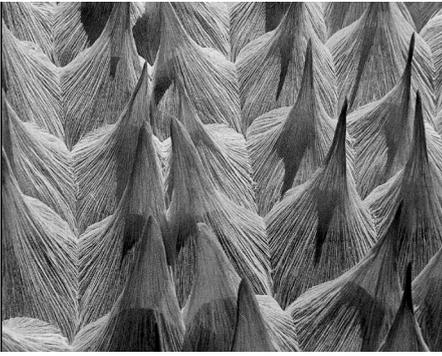
Membranes - Réseaux fluides



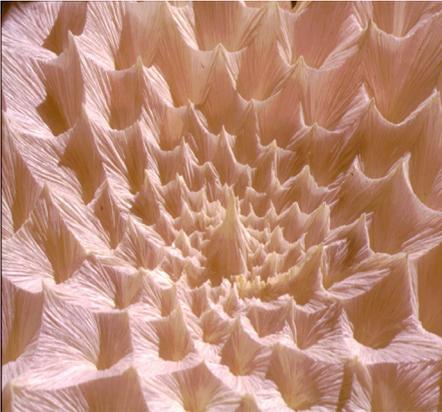
Papiers frappés - reliefs organiques spontanés

Inspirés des modèles d'organisations naturelles, ces travaux sont à l'origine et au cœur de plusieurs projets d'innovations dans une approche globale d'éco-conception.

Les propriétés dynamiques des modèles ouvrent de nombreuses perspectives d'applications pour l'éco-emballage, l'architecture déployable, les matériaux isolants, l'impression 3 et 4D, la robotique souple et auto-assemblée, les matériaux nano-structurés, la cryptographie....



RÉVERSIBLES , MULTIFORMES, TRANSFORMABLES, HYDRO , HYGRO ET THERMO-RÉACTIFS....



PRINCIPALES PROPRIÉTÉS BIO-MIMÉTIQUES DES MODÈLES

...STRUCTURES FRACTALES...

...À EFFET MÉMOIRE..

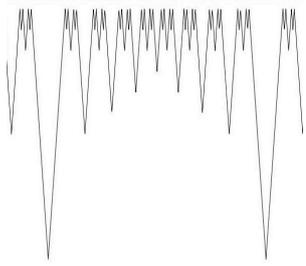


DYNAMIQUES, ÉLASTIQUES, EXTENSIBLES , COMPRESSIBLES, GONFLABLES & RÉTRACTILES...

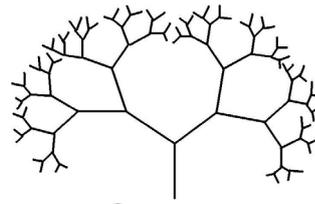
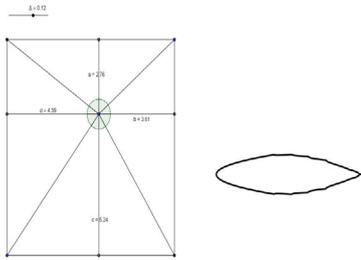
RÉSUMÉ DES ÉTUDES EN COURS

- Design de **prototypes** destinés à diverses applications industrielles
- Recherche et caractérisation des **matériaux** utilisables.
- Détection, analyse et **modélisation** de réseaux de plis
- Sélection, adaptation et validation des **technologies** existantes identifiées pour le prototypage et production en série.
- Recherche d'ateliers de fabrication partenaires (**transfert de technologie.**)

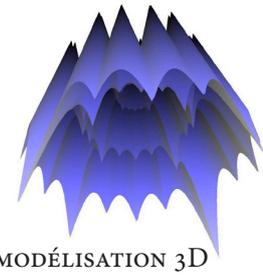
QUELQUES OUTILS MIS EN OEUVRE AU CRIMP POUR CARACTÉRISER ET MODÉLISER LES RÉSEAUX FROISSÉS



ANALYSES MATHÉMATIQUES



GRAPHES & EXTRAPOLATIONS



MODÉLISATION 3D

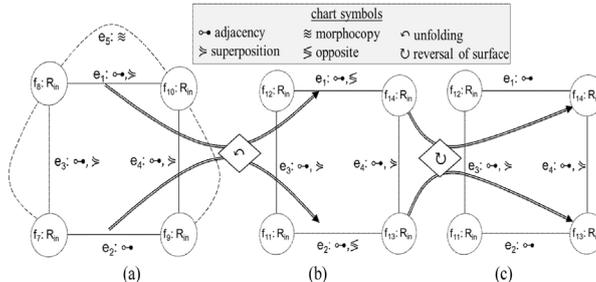
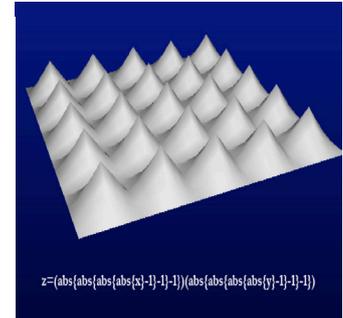


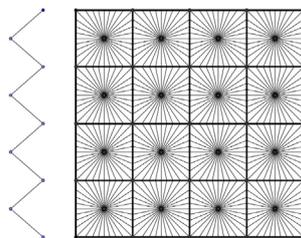
Fig.4 Labeled hypergraph of the sequence from ACO₄ (a) to ACO₆ (c).
R_n defines a radial crease pattern.



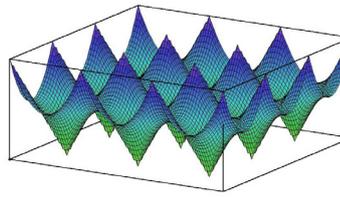
SIMULATIONS DE COMPRESSION



OBSERVATIONS MEB

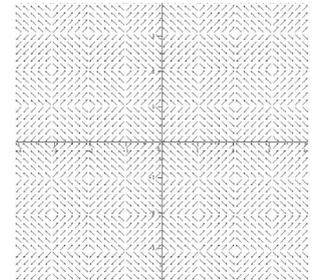


CREASE PATTERNS



TESTS D'ELASTICITÉ

HYPERGRAPHS



CHAMPS DE VECTEURS



www.le-crimp.org

Soutenu par la région Limousin,
Le CRIMP est partenaire de :

l'Université Technologique de Troyes (CNRS),
l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges,
l'École Supérieure d'Ingénieurs de Reims



«FORMES PLIÉES/FROISSÉES DANS LA NATURE»

Vincent FLODERER-CRIMP - La Boissellerie 5 - 19130 SAINT AULAIRE - FRANCE
vincent.floderer@le-crimp.org <http://www.le-crimp.org>

L'article suivant résume les recherches commencées en 1997 par V. Floderer et le Crimp sur les techniques de froissage en relation avec l'observation des formes dans la Nature, où plis et processus dynamiques associés sont souvent à l'oeuvre, de façon parfois inattendue.

Les liens vers les vidéos se trouvent facilement avec les mots clés «Vincent Floderer Vidéo»

Quelques présentations : Bauhaus (Dessau- Allemagne-2004)- International Symmetry Festival (Budapest -Hongrie -2006-2009) - Université d'architecture (Venise-Italie- 2006)- Rosupak expo (Moscou-Russie-2007)- École Boule, Lycée Renoir, École Estienne à Paris, ENS Paris, École Polytechnique de Lausanne, École Polytechnique Paris-Tech, Sciences Po...

1- MOTIF RAYONNANT BASIQUE

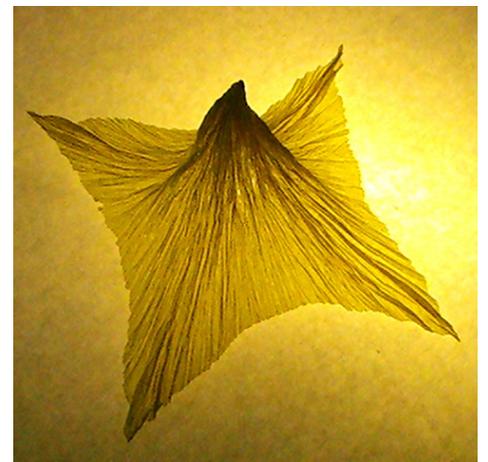
En commençant par le centre, froissez une feuille de papier fin (papier de soie, serviette en papier par exemple); retournez la par le centre et répétez ce processus plusieurs fois.

On obtient une forme conique en 3 dimensions.

Le motif rayonnant obtenu est relié au modèle de l'explosion, omniprésent dans la nature.

Ces travaux ont été inspirés par les idées de Paul Jackson sur les techniques de papier froissé.

Bibl.: Peter S. STEVENS «les formes dans la Nature» Ed. Seuil



CHAMPIGNONS

[vidéo du pliage d'un champignon sur YOU TUBE](#) >



Créé en 1997, le modèle de base peut être plié/froissé dans toute sorte de papier fin (kraft de 25 à 40 gr m2, papier de soie, serviette en papier...). Les premiers modèles ont été inspirés par l'étude des différentes formes de champignons. Bibl: Georges Becker «Champignons»Ed.Gründ.

Depuis, certains éléments de leur architecture, la phylogénie* approximative de certains groupes et quelquefois leur consistance ont pu être modélisés. L'étude de ces modèles continue d'évoluer.

*La phylogénie est l'étude de la formation et de l'évolution des organismes vivants en vue d'établir leur parenté.. (source wikipédia)



«Phylogénie des Pézizales.» Vincent Floderer - 1998
Cette étude vérifie partiellement l'évolution de cette famille
Papiers Japon, Népal, Chine, kraft, encre et aquarelle
Photo: Jean-Marie Nozerand - collection de l'artiste



«Tremelles foliacées.» Vincent Floderer - 1998
Ce modèle reproduit la consistance gélatineuse de ces champignons
Paier Wazshi -Collection: France
Photo: Jean-Marie Nozerand -

2. MOTIFS GÉOMÉTRIQUES SIMPLES MULTI-PLIÉS

méthode de multiplication sur you tube

Multiplier : étymologiquement, signifie plier plusieurs fois (du latin: multiplicare)...également dans de nombreuses autres langues : anglais: multiply, allemand:vervielfältigen...

2A. MOTIFS RÉGULIERS

Plier un rectangle en deux , froissez le par le centre, dépliez. De cette façon, deux pointes sont créées. Plié en quatre, on obtient quatre pointes. On peut répéter le même processus en pliant en 16, 32, 64... pour obtenir autant de pointes. Les champignons à chapeaux multiples sont pliés de cette manière.

On peut copier de cette manière d'autres formes géométriques: Carrés, triangles, hexagones... on relie ces motifs à la notion de "tessellation" où un petit nombre de formes sont répétées pour remplir le plan. En théorie on peut répéter le motif à l'infini. En pratique, en employant [la méthode simple de multiplication](#), 256 pointes ont pu être créées.

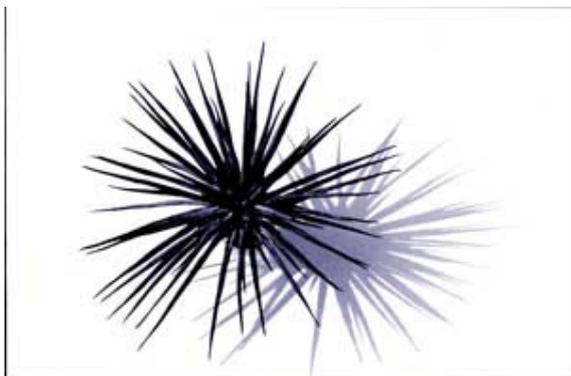
Ces grilles géométriques ont développé des modèles acceptables de fleurs, bourgeons, éponges, oursins, anémones et coraux.



«Motif de carrés multi-pliés» - 2001- par Vincent Floderer
16 sections d'après un préplé en 16 épaisseurs Papier de soie :20gr/m² - format de départ:50 X 50cm
Photo : Jean Marie Nozerand

2B. MOTIFS CENTRÉS

Les mêmes motifs peuvent être pliés dans le centre de la feuille, la marge forme alors un tronc. Cette méthode facilite la réalisation des modèles avec un grand nombre de pointes et évite l'usure des pointes situées à la périphérie, pendant le processus de froissage.



«Big blue» oursin à 64 épines par Vincent Floderer- 2000-
Papier Tengu-jo 6gr/m² - PFormat de départ: 200 X 200cm -
Modèle fini : +_20cm
Photo: Romain Chevrier - Collection :USA



«Red Star» anémone de mer à 36 tentacules - Vincent Floderer- 2000-
papier de soie 20gr/m² - format de départ: 160X160cm - Modèle :+_20cm
Photo: Romain Chevrier - Collection :USA

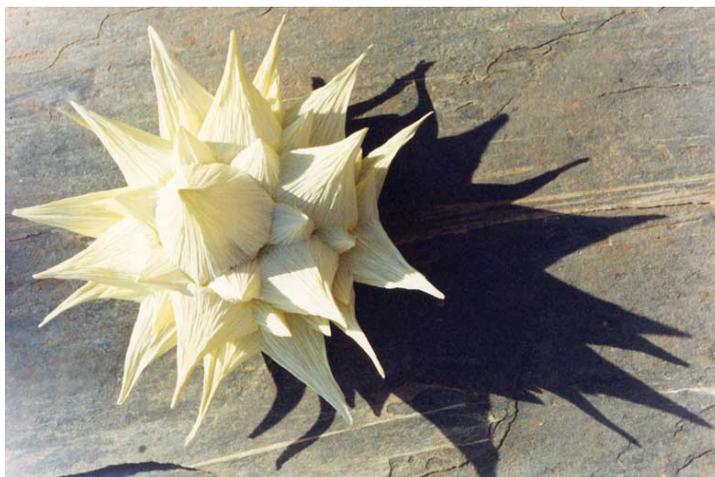


«Corail blanc» - 2001-plié par Anne-Cécile Planck- paire tengu-jo 6gr/m²
100 sections pliées au centre d'un carré/Format:100 X 100cm - Model size: +_10cm
Photo: Suzann Dugan - Collection :Autriche

3.MOTIFS COMPOSÉS

Les motifs composés permettant le pavage du plan peuvent aussi être froissés. Par exemple la base classique de l'oiseau, froissée et dépliée, montre un mosaïque de carrés et d'octogones. En fermant le modèle, une forme de fleur d'orchidée apparaît. Un tétraèdre multicouche donne un motif d'hexagones et triangles équilatéraux et rappelle la structure tridimensionnelle de certains pollens.

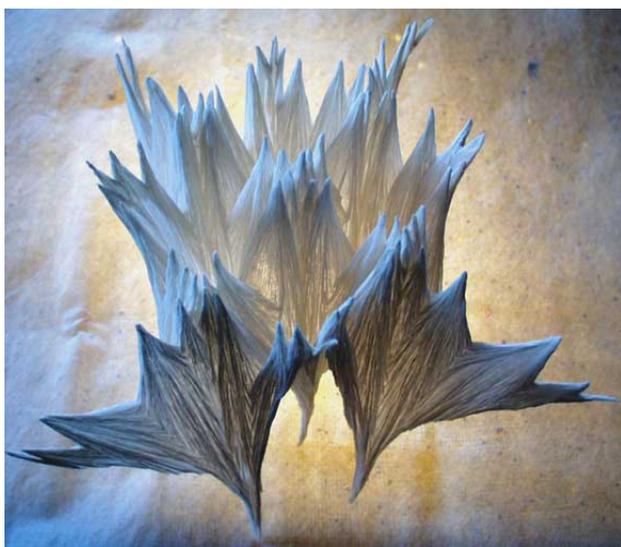
Bibl: «Spores et Pollen» J. Renault Miskovsky/ M.Petzold.
Ed Delachaux & Niestlé



«Pollen» par Vincent Floderer- 2001 -
tétraèdre multicouche froissé -papier de soie - Photo: Jean-Marie Nozerand

4. MOTIFS PROGRESSIFS

D'autres motifs composés de triangles, carrés, hexagones etc.. peuvent être reproduits à des échelles croissantes, décroissantes. Différentes séquences classiques et complexes ont été testées par l'équipe du Crimp depuis des années. La base de la grenouille repliée en accordéon donne des modèles avec des rangées rayonnantes de pointes de plus en petites vers le centre. Des variations sur la base de la bombe à eau donnent des motifs composés de carrés et trapèzes qui ont produit des modèles de coraux «branchés».



«Base à 89 pointes»
Vincent Floderer -2007
Cette base montre :
5 groupes de 9 pointes,
4 groupes de 5 pointes
4 groupes de 3 pointes
4 intersections
8 pointes sur les bords de la feuille

Papier Bolloré 12gr/m²,
format: 80x80cm
Photo Alain Hymon

«Big Blue Splash»
Plié par Patricia Gueyrard &
Vincent Floderer- 2004

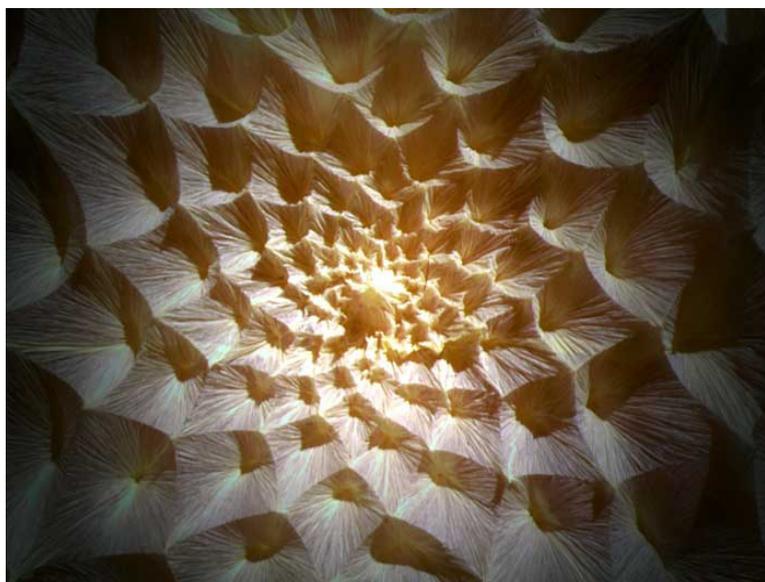
Ce modèle est construit
à partir de 16 groupes
de 5 pointes centrées
papier tengu jo 6gr/m², aquarelle
Format: 180x180cm
Modèle: 25cm +_

collection France
Photo: Romain Chevrier



Des motifs en cerfs-volants organisés en spirale logarithmiques, selon la méthode des "oreilles de lapin sans fin" * décrite par Ernst Bläuenstein. Ces courbes approchent du point Zéro au centre sans jamais l'atteindre. Ce modèle mathématique, connu sous le nom de "suites de Fibonacci", décrit les propriétés du nombre d'or. La nature montre de nombreux exemples de cette organisation: arrangement des feuilles sur les tiges des plantes, coeur des fleurs composées (marguerites, tournesol), cônes des pommes de pins, choux Romanesco, cornes de différents animaux, galaxies...

*Bibl.: édition originale allemande :«Endlose Hasenohr»- Ernst Bläuenstein in:«der Falter» n°9 -Août 1992
Traduction française:«Oreille de lapin sans fin» Ernst Bläuenstein dans «le PLI» n° 52 - automne 1992) -
adaptation de la méthode au froissage par :Sebastian Kirsch.
<http://sites.inka.de/moebius/origami/>

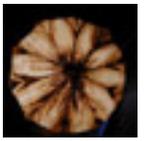


«Oreilles de lapin sans fin»
par Sebastian Kirsch & Vincent Floderer - 2000
papier tengu-jo 10gr/m² -format: 90 X90cm - Modèle extensible
Photo: jean marie Nozerand - Collection :France

5. MODÈLES GONFLABLES

5A. PROPRIÉTÉS DES INTERSECTIONS

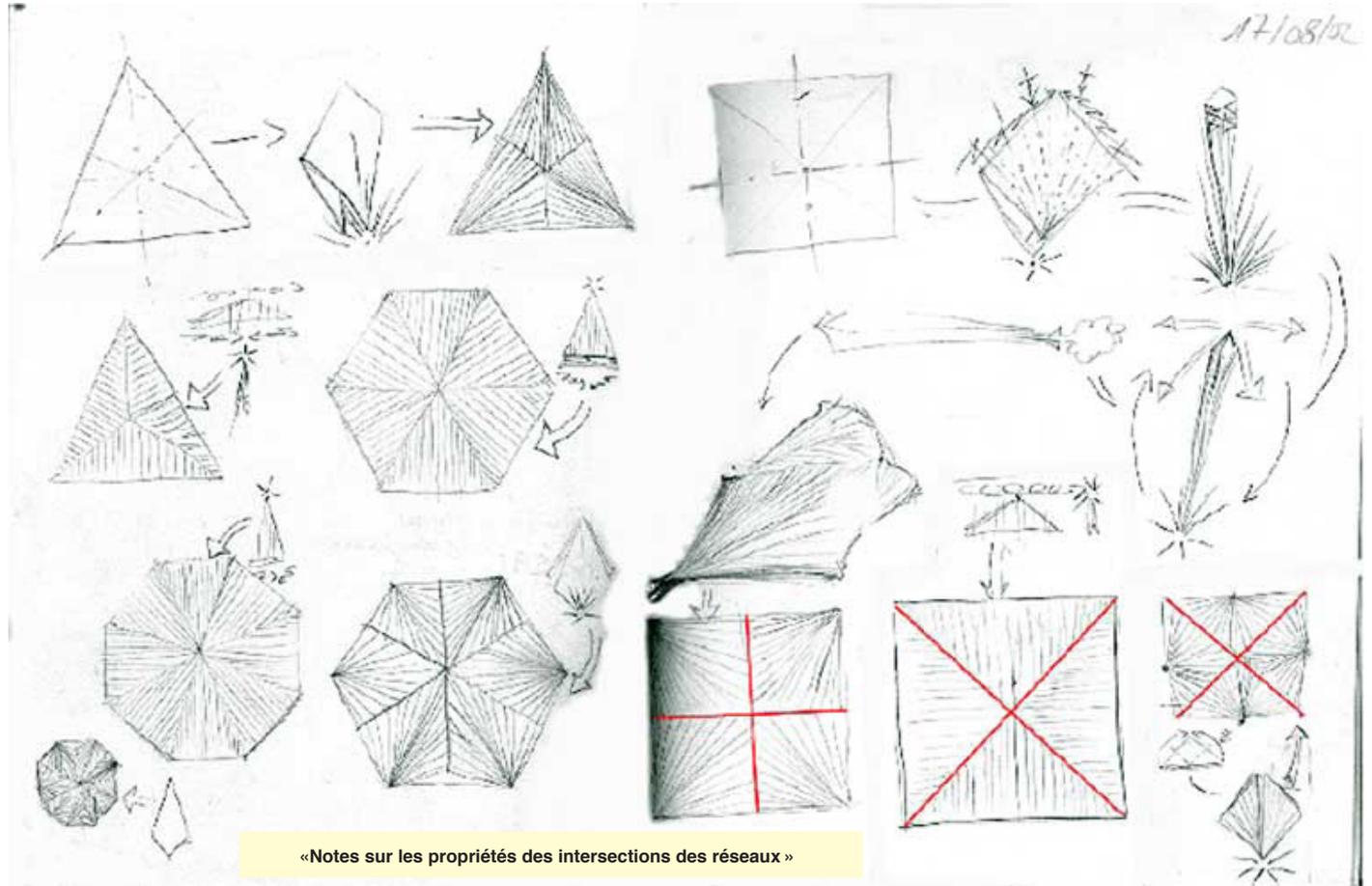
vidéo «O.V.N.I.S.» sur : www.le-crimp.org



En observant l'intersection des motifs rayonnants, on observe une structure gonflable, quasi-sphérique, approchant les propriétés des surfaces de révolution, en théorie non développables dans le plan.

Cette particularité a donné naissance aux séries surnommées: «*Origamis Volants Non Identifiées*»

L'intersection simple d'un ensemble de 4 motifs rayonnants(sur le carré) ou 3 motifs(triangle) sont obtenus par pliage d'une base préliminaire ou bombe à eau.



5B. DES CLÉS EFFICACES

Les séquences de pliage permettant la fermeture de ces “ballons” sont développées à partir de séquences classiques d'origami . Elles génèrent spontanément feuilles, épines et autres détails naturels. Les modèles évoquent les capsules de graines et d'autres structures organiques. Les résultats illustrent les phénomènes de convergence* des formes dans la Nature.

Une de ces clés -un pli pétale modifié- peut “souder” deux côtés adjacents de la feuille dans presque toutes les configurations d'angles, en utilisant une surface de papier réduite. La séquence peut être répétée à différentes places et échelles sur la surface de la feuille pour créer des reliefs . Elle peut aussi être utilisée sous forme modulaire ou multipliée sur la feuille pour construire plusieurs polyèdres.(voir [développements par Alain Giacomini](#))

* En biologie de l'évolution, la convergence est la présence chez deux espèces différentes de caractères analogues, d'une même adaptation, mais qui n'a pas été héritée d'un ancêtre commun.

Elle résulte de deux évolutions indépendantes (d'après:wikipédia)

«Gonflage d'un O.V.N.I.»
au festival SEOF 2002 à Charlotte
un des premiers modèles de ce type , plié à partir d'une base de l'oiseau «blintzée»
kraft Alios:40gr/m²
format de départ :140X140cm



6. PHÉNOMÈNES D'ENROULEMENT EN SPIRALE

La croissance dans la nature s'accompagne très souvent de mouvements en spirale (coquillages, artichaut, tournesol...). La technique de froissage a montré de surprenants phénomènes d'enroulement. Un résultat inattendu est que certains modèles, prépliés en spirale, voient cette propriété annulée après le processus de froissage, qui transforme la mécanique basée sur la diagonale en réseau rayonnant à partir d'un centre.

En revanche cette propriété apparaît spontanément dans d'autres modèles qui n'ont pas cette construction au départ. Ce résultat semble lié à un grand nombre de sections qui trouvent naturellement leur place pour un encombrement minimum.

Par exemple, un motif comportant 80 carrés pliés dans un long rectangle s'est quasi spontanément enroulé en spirale pour faire apparaître un modèle de pomme de pin assez convaincant. Les structures gonflables construites sur la base préliminaire semblent également trouver leur meilleure organisation quand elles sont "vissées". Elle grossissent alors en tournant quand on les gonfle.



«Pomme de pin» - 2001 -par Vincent Floderer papier de soie 20gr/m² - format: 70 X25cm - Model : extensible
Photo: Jean-Marie Nozerand -

[vidéo sur les propriétés des modèles sur YOU TUBE](#)



7. MÉTHODES DE MULTIPLICATION- LIMITES ET PROPRIÉTÉS

Plusieurs méthodes de multiplications à base de séquences de plis classiques peuvent être utilisées. Le choix de la méthode dépend de la complexité du modèle, de sa taille, de la qualité du papier... Les limites dues aux épaisseurs du papier sont régulièrement repoussées par l'emploi de techniques adaptées. Par exemple le prépliage «vissé», développé par Manuel Madaleno a permis de plier précisément des modèles de grand format comportant un très grand nombre de sections.

Ci-dessous quelques propriétés:

- Les modèles sont élastiques, extensibles et réversibles.
- Les grilles géométriques, même les plus simples, génèrent des modèles très multiformes,
- Des modèles asymétriques apparaissent après froissage prolongé de modèles symétriques.
- On observe des phénomènes efficaces et réversibles d' "agrafage" des surfaces entre elles.
- Tous les modèles froissés peuvent être fortement compressés sous l'eau. Ils adoptent alors une forme particulière de "graine", déterminée par le contenu géométrique. Ces "graines" ont la propriété de s'ouvrir dans l'eau et d'y persister plusieurs semaines sans s'ouvrir complètement.

[vidéo «ouverture graine» sur www.le-crimp.org](http://www.le-crimp.org)



8. RÉSEAUX RAYONNANTS PSEUDO-ALÉATOIRES



base d'arbre «aléatoire»
 étude pour «Victoire!»
 collection: France
 papier thai: 10gr/m²
 format de départ: 60X50cm - Modèle: +_15cm
 photo: Alain Hymon

Paul Jackson écrit sur cette technique qu'il a initiée:

“Froissez une feuille de papier en boule en lui imprimant le plus de plis possible. En fait la feuille doit être froissée d'une manière précise et contrôlée, mais lorsque c'est bien fait, elle adopte d'extraordinaires propriétés élastiques”.

De la surface de la feuille ainsi froissée on tire de nombreuses pointes à partir du centre et des bords. Une structure réaliste de paysage de montagnes et vallées apparaît. Une fois compressées fortement sous l'eau, les pointes sont séparées et donnent branches et racines.

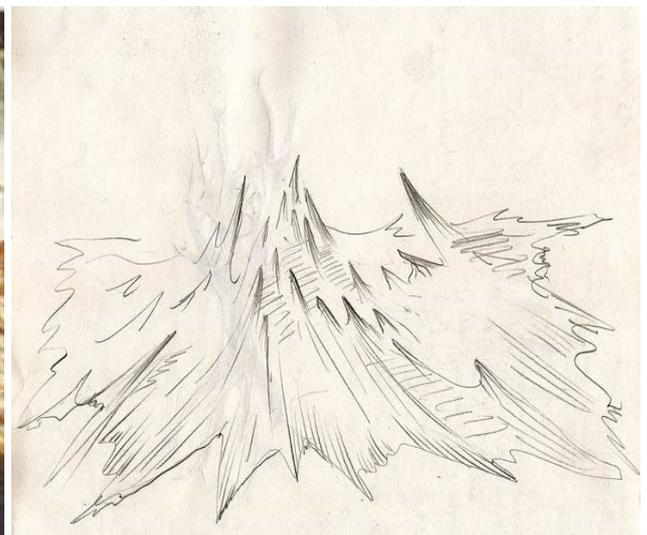
Ces modèles d'arbres sont parmi les plus difficiles à plier. Différentes bases ont été testées et correspondent à autant de «géométries» d'arbres différentes.



«Salem» V. Floderer
 Papier Tengu-jo : 10gr/m²
 Format : 200X200 cm - Modèle : +_35cm
 Collection : USA
 Photo: Angéline Lassaga

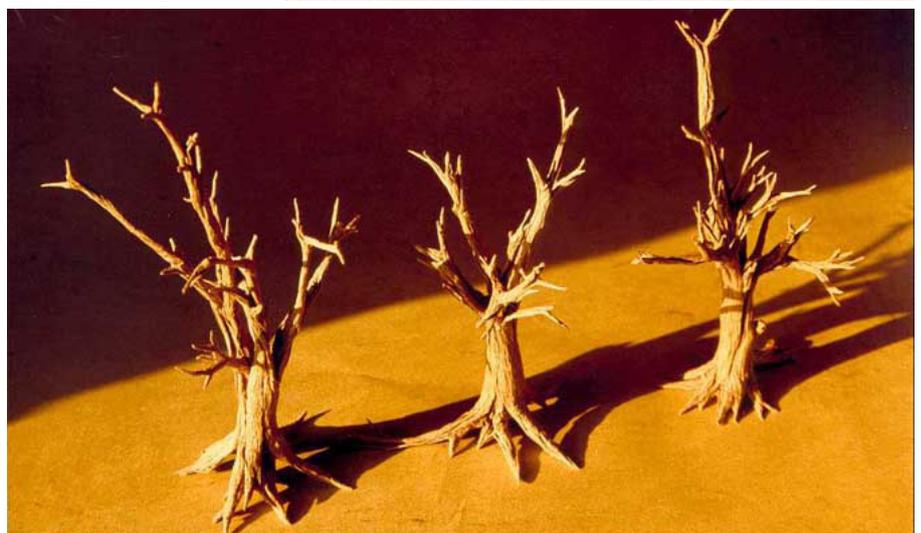
Une méthode type pourrait être décrite comme une structure accordéon 3D. Certains modèles réalisés par [Fritz Junior Jacquet](#) sont effectivement d'abord pliés en accordéon complexe (*Box-Pleat*).

On peut créer d'autres formes en étirant les crêtes, utilisant l'élasticité du papier. Les modèles obtenus évoquent les lichens, algues et certains champignons.



«Paysage» base d'un arbre & note
 V. Floderer
 Kraft Alios : 25gr/m²
 Photos: Jean marie Nozerand /Alain Hymon

«3 Arbres»
 par Vincent Floderer
 Kraft Alios: 25gr/m²
 Base : «salière» traditionnelle
 Format: 65 X50cm
 Modèle : +_15cm
 Photo: Romain Chevrier
 Collection : USA



9. FROISSAGE TUBULAIRE

Imaginée par Romain Chevrier, cette technique simple produit des modèles très résistants, et ouvre la porte du monde des coquillages. Un regard attentif sur les modèles relève un motif de base de bombe à eau. Encore très peu explorée, cette approche a un grand potentiel. Les modèles obtenus ont une grande résistance mécanique et d'autres propriétés intéressantes: souplesse, tension...



«Modèles tubulaires»

par Romain Chevrier papier kraft alios 25gr/m² - formats: bande divers -
Photo: Lee chang - Alain hymon - Collection :Crimp

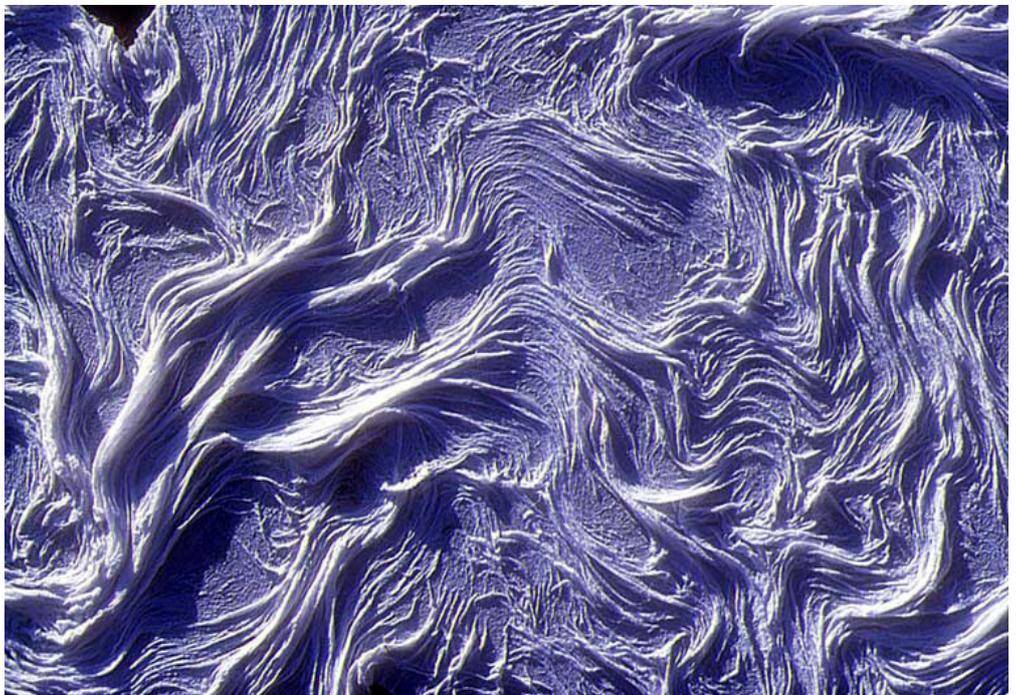
10. MEMBRANES – processus de pliage, dépliage

10a PAPIERS MOUILLÉS

Les feuilles des végétaux, les membranes alaires des insectes, les tissus cellulaires, les méninges... présentent sur leur surface des nervures, villosités, surépaisseurs qui leur donnent formes et propriétés.

Ces structures sont des concentrations de plis organisés.

Le papier étant mouillé sur une surface lisse, des mouvements successifs délicats lui sont appliqués et créent ces réseaux veinés modifiables à l'infini, capables de faire circuler les fluides, à la manière



«Dans l'éther» par Vincent Floderer papier tengu-jo 6gr/m²

format: 90 X45cm - Model : +_A3 - Photo: Jean-Marie Nozerand - Collection :France



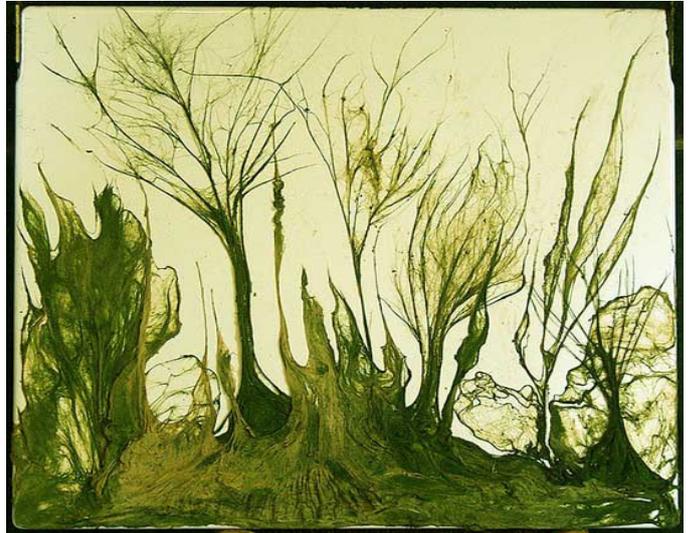
Cette variété d'algue prospère dans les eaux dormantes. Elle produit un feutre composé de très longues fibres qui s'apparente à une feuille de papier .

Utilisée brute et travaillée sur une surface lisse par de légers mouvements de pliages et dépliages, cette matière qui peut avoir de zéro à n épaisseurs produit presque spontanément des formes organiques évoluées : réseaux de nervures, tissu alvéolé, réseaux tendus interconnectés et modifiables à volonté. Les formes d' autres algues apparaissent très naturellement.



«Algue verte filamenteuse»

Photo: Jean-Pierre Bonnebouche



«Paysalg» déplié par Vincent Floderer - 2004 - collection de l'artiste - Photo: Alain Hymon

11. PERSPECTIVES

Après dix ans d'exploration des techniques de froissage, seule une petite partie des possibilités ont été testées. Les modèles déjà étudiés continuent d'évoluer et réservent régulièrement des surprises. De nombreuses séquences classiques n'ont pas encore été évaluées. Des techniques comme l'accordéon complexe, sont en cours d'étude au Crimp. Les plis en dents de scie, en écailles, génèrent une surface «hypersymétrique» (même relief sur les deux côtés de la feuille).



«Coquillage»

créé par: Hermann van Goubergen-
plié par : Manuel Madaleno - 2007
Papier «peau d'éléphant» 130gr/m²
Format 70X70 cm
Modèle : +_20cm
Photo: Alain Hymon - Collection :Crimp

«Ressort en action»

créé par : Jeff Beynon
plié par: Romain Chevrier 2004
Papier «Popset »: 90gr/m²
Format: 7/8 A4
Modèle : +_20cm
Photo: Jean pierre Bonnebouche
Collection :Crimp



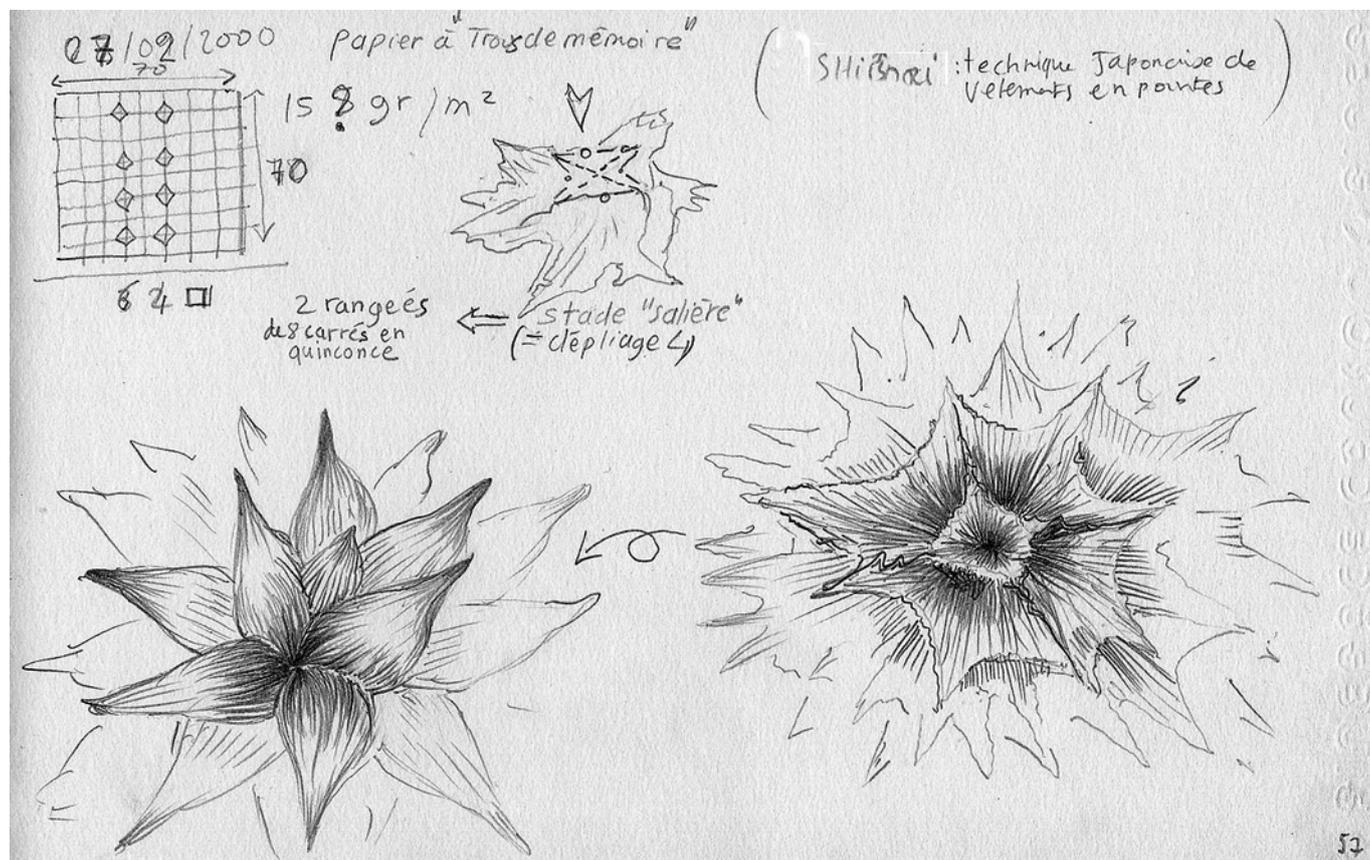
Des modèles tels que le [“ressort en action” de Jeff Beynon](#) ou le coquillage d'Hermann van Goubergen, étudiés par [Manuel Madaleno](#), se révèlent de puissants outils pour dépasser les limites actuelles des techniques de froissage . La complexité croissante des techniques de pliage conduit l'équipe du Crimp à développer un système de notation particulier, sorte de «code génétique», compressé en formules abstraites courtes, permettant de décrire précisément un grand nombre de séquences.

Dans son livre “Forme et croissance”, publié en 1910, D'arcy Thompson développe sa théorie des transformations avec une approche mathématique et physique des formes naturelles. Ses méthodes, qui trouvent encore aujourd'hui des prolongements dans de nombreux domaines, sont un exemple magistral des rapprochements possibles entre les disciplines scientifiques et artistiques.

L'Origami permet aujourd'hui de construire de nouveaux ponts entre Arts et Sciences de toute Nature. ○

EXTRAITS DES CARNETS DE DESSINS

DE VINCENT FLODERER



AVERTISSEMENT

Ces notes sont proposées à titre d'exemples, représentatifs des possibilités du froissage et de ses difficultés . Elles ne constituent pas de véritables diagrammes . Seule une bonne compréhension des principes du froissage alliée à une pratique prolongée peuvent permettre d'atteindre certains résultats.

Ces exemples feront prendre conscience de la puissance de cette technique, qui n'est encore, après dix années de recherche en équipe, qu'à un stade embryonnaire. De nombreuses pistes sont encore à explorer et un long travail reste à accomplir pour établir les correspondances avec les modèles naturels.

Ces pistes ouvertes sont une chance à saisir pour partager ces travaux à tous les niveaux car les principes de bases sont accessibles à tous .

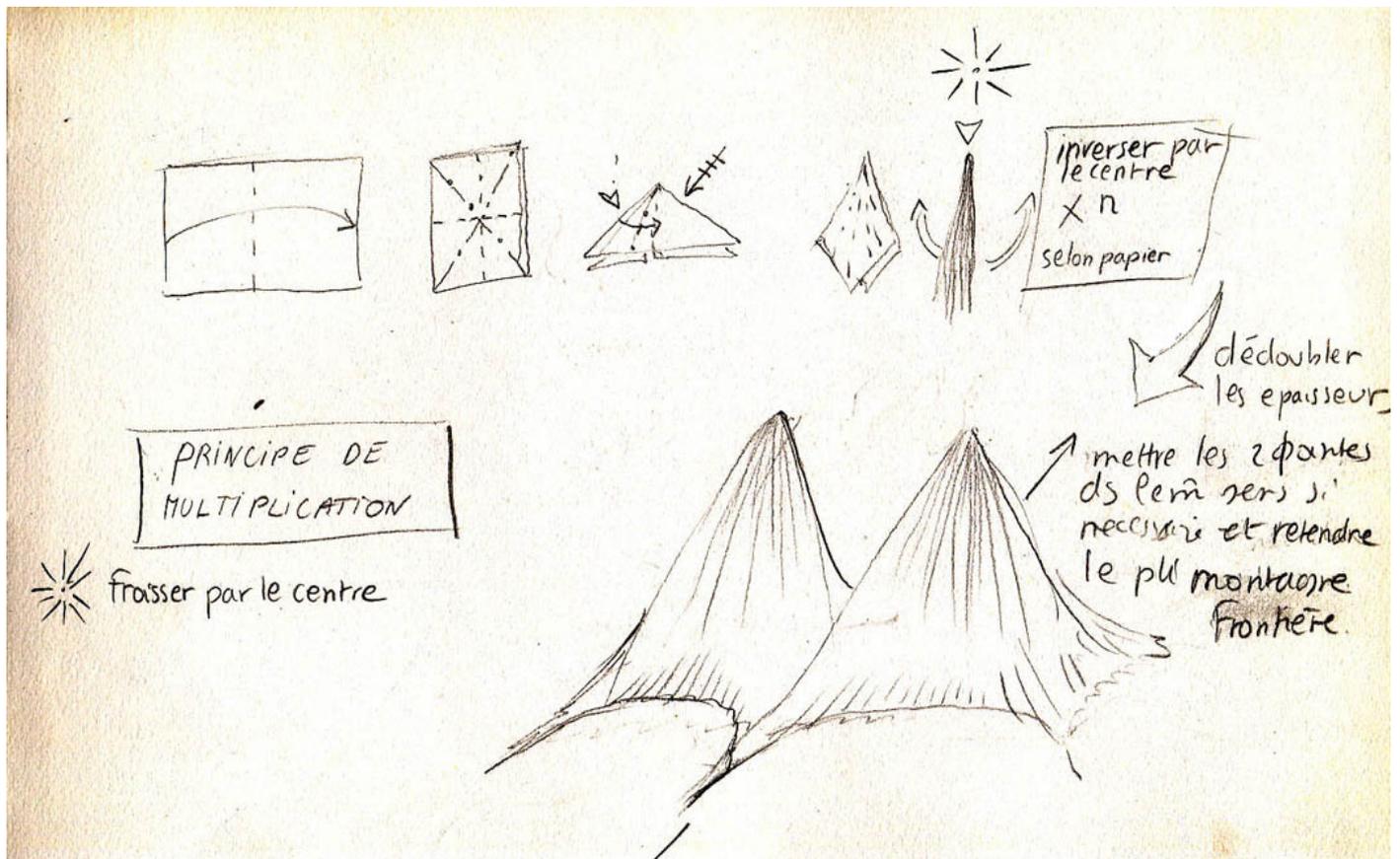


Diagramme original du modèle de base.

Ce dessin a permis de montrer qu'on pouvait utiliser les symboles universels du solfège de l'origami pour décrire un modèle froissé. Les signes décrivent en réalité des mouvements, des forces. Les plis sont la mémoire de ces énergies que la feuille de papier enregistre pour donner naissance à la forme.

Quelques symboles ont été créés par la suite pour compléter les descriptions. Il ne s'agit certes pas d'un véritable diagramme et la pratique sera nécessaire pour utiliser ces notes.

Toutefois les modèles froissés plus avancés utilisent de plus en plus efficacement des séquences prépliées identiques à celles développées par les origamistes et peuvent se coder de façon concise en Crease Pattern traduit par canevas de plis ou déplié.



PRINCIPE DE MULTIPLICATION

C'est ce principe très simple de dédoublement qui est à la base de la plupart des modèles froissés proposés ici. En prépliant la feuille en deux et en la froissant par le centre on crée simultanément deux pointes qui apparaissent après dépliage.

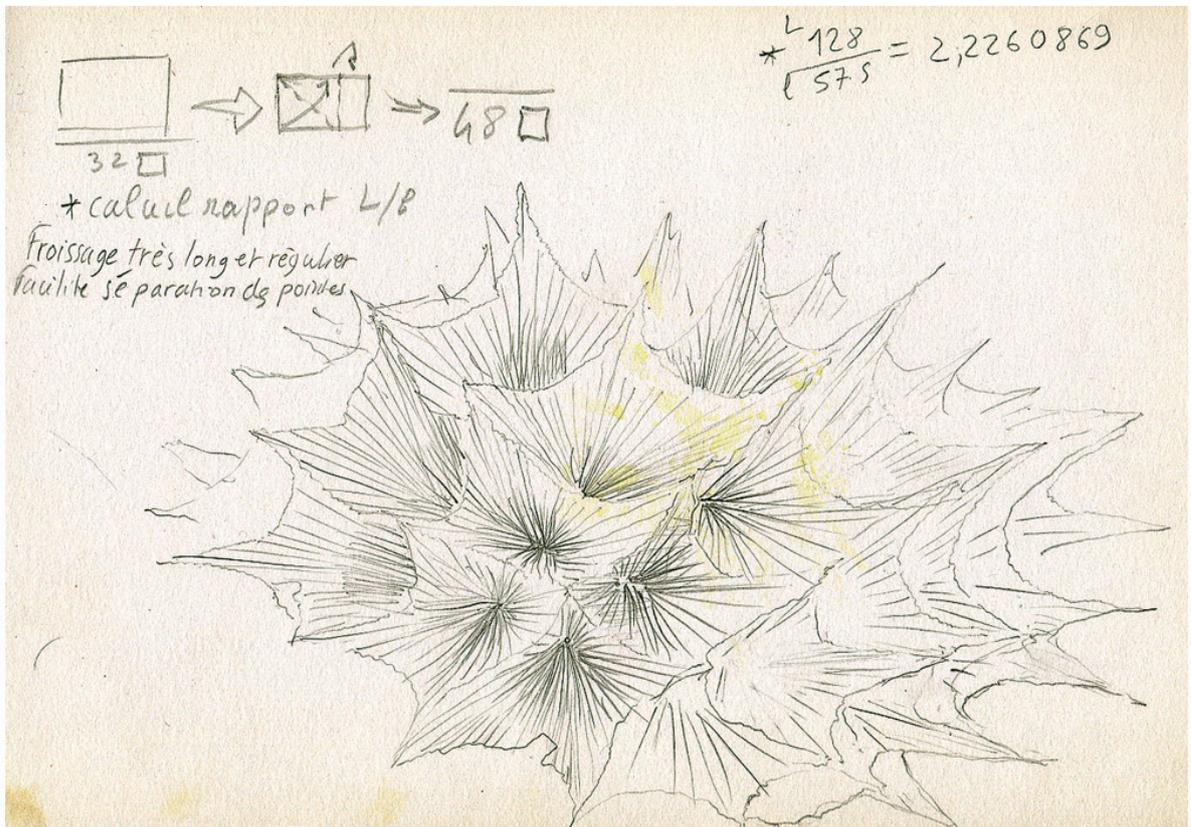
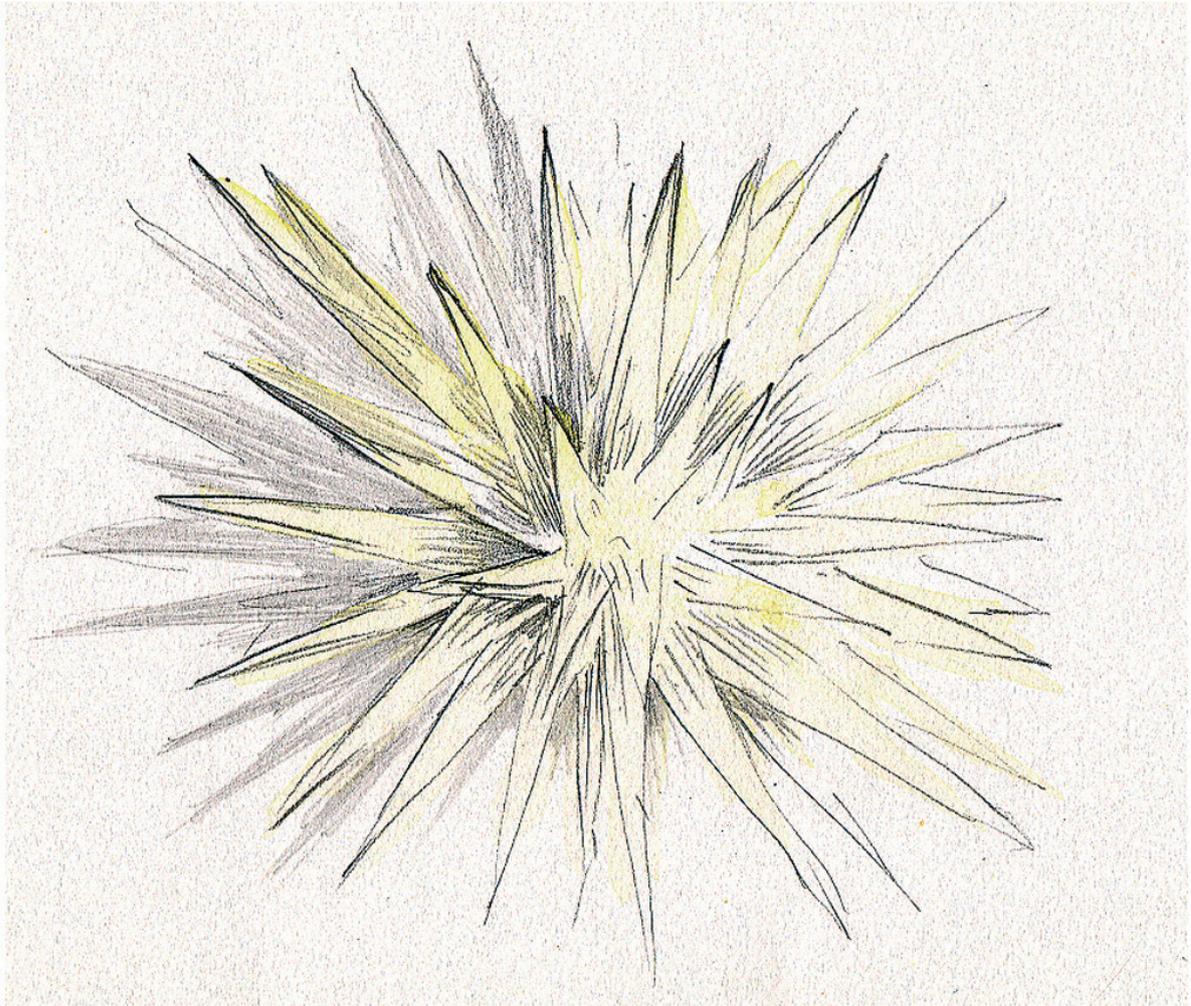
Des difficultés apparaissent quand le nombre d'épaisseurs augmente. Le recours à des techniques plus savantes devient nécessaire. Les méthodes ingénieuses développées par le pliage classique se révèlent en pratique des outils puissants pour surmonter ces obstacles. Dès quatre épaisseurs, par exemple le prépliage en base préliminaire, des plis écrasés ou une simple préparation par pliage des bissectrices conduiront à de meilleurs résultats.

Ci-dessous quelques exemples des difficultés rencontrées et les conseils pour y remédier:

Lors du dédoublement, le plus souvent, les pointes s'inversent. Il convient alors de les retourner par le centre et les plis frontières doivent être retendus en montagne. Cette opération sera facilitée en tenant le modèle en l'air et en étirant ces plis frontières entre les pouces et index. Ce geste a pour effet de réunir les sommets des pointes en position correcte pour amorcer un nouveau cycle de froissage.

Cette étape a aussi pour effet «d'agrafer» les épaisseurs entre elles et un mouvement incorrect aura pour effet d'user prématurément le papier, voire de provoquer d'irréversibles déchirures. Ce phénomène - réversible - d'agrafage constitue une propriété essentielle de cette technique (copie «miroir empreinte» des surfaces: les plis montagnes s'encastrent parfaitement dans les plis vallées sur la surface en contact). Toutefois, lorsque la feuille est étirée dans son plan et simultanément par ses quatre coins, les épaisseurs se libèrent facilement. Cette étape permettra aussi de détendre la surface et d'augmenter avec moins d'effort la densité des plis au prochain cycle. C'est en effet en grande partie d'une densité suffisante que dépend la qualité du modèle fini. Non seulement son aspect sera plus harmonieux si les plis sont plus réguliers mais son élasticité sera plus grande. La répétition contrôlée, maîtrisée de ces mouvements conditionne grandement la réussite.

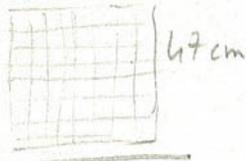
Le plus souvent il est nécessaire de brumiser ou de mouiller les modèles à différents stades pour obtenir la densité de plis suffisante. Par ces moyens, l'effort nécessaire est considérablement réduit et les modèles plus «énergiques». Les fibres sont en effet mieux préservées - pliées en fait - lorsque le papier est travaillé humide alors qu'elles sont brisées lorsqu'il est sec. Selon les modèles et le papier, il faudra apprendre à maîtriser les quantités d'eau adéquates.



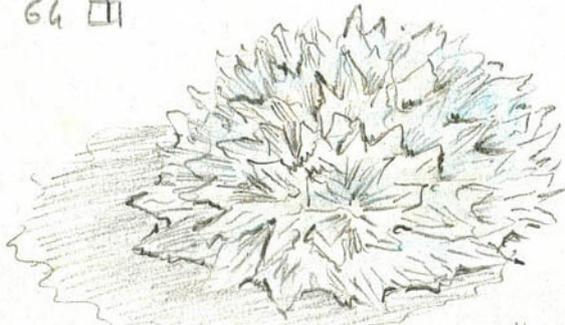
Exemples de multiplication recto /verso V. Floderer 2000

20/12/99

1er essai avec soie sapon 5 gr/m²

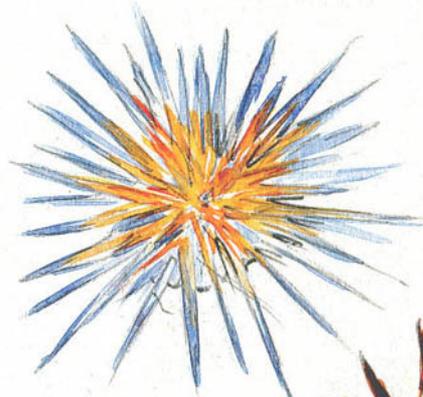


64 □



plus facile que prévu! a mettre en boule au 3^e
dernier dédoublement évidemment (poids du papier)
très délicat.

essayer serrage à l'eau



essai

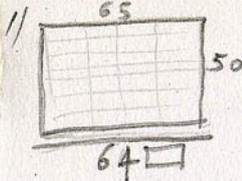


Ci-dessus, les premiers essais avec papier japonais Tengu-jo 5 à 6 gr/m². L'extrême finesse de ce support rend possible la création d'épines acérées. Bien évidemment, la maîtrise de ces modèles à plus grande échelle et avec des papiers plus résistants est nécessaire avant d'aborder ce type de réalisation.

Certaines qualités de serviettes en papiers de grand format, dédoublées après froissage, permettront de s'entraîner à cet exercice, et de prendre conscience des possibilités de cette technique avec les grammages ultra-fins.

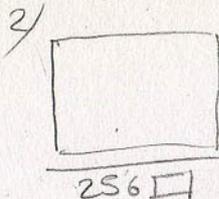
On voit aussi que cet «oursin» n'est que le positif de l'«éponge» ci-dessous.

28/12/99



64 □

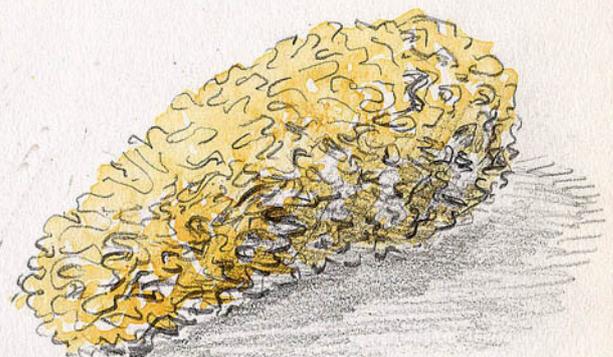
ALios 25g



256 □



1) 64 à demi déplié



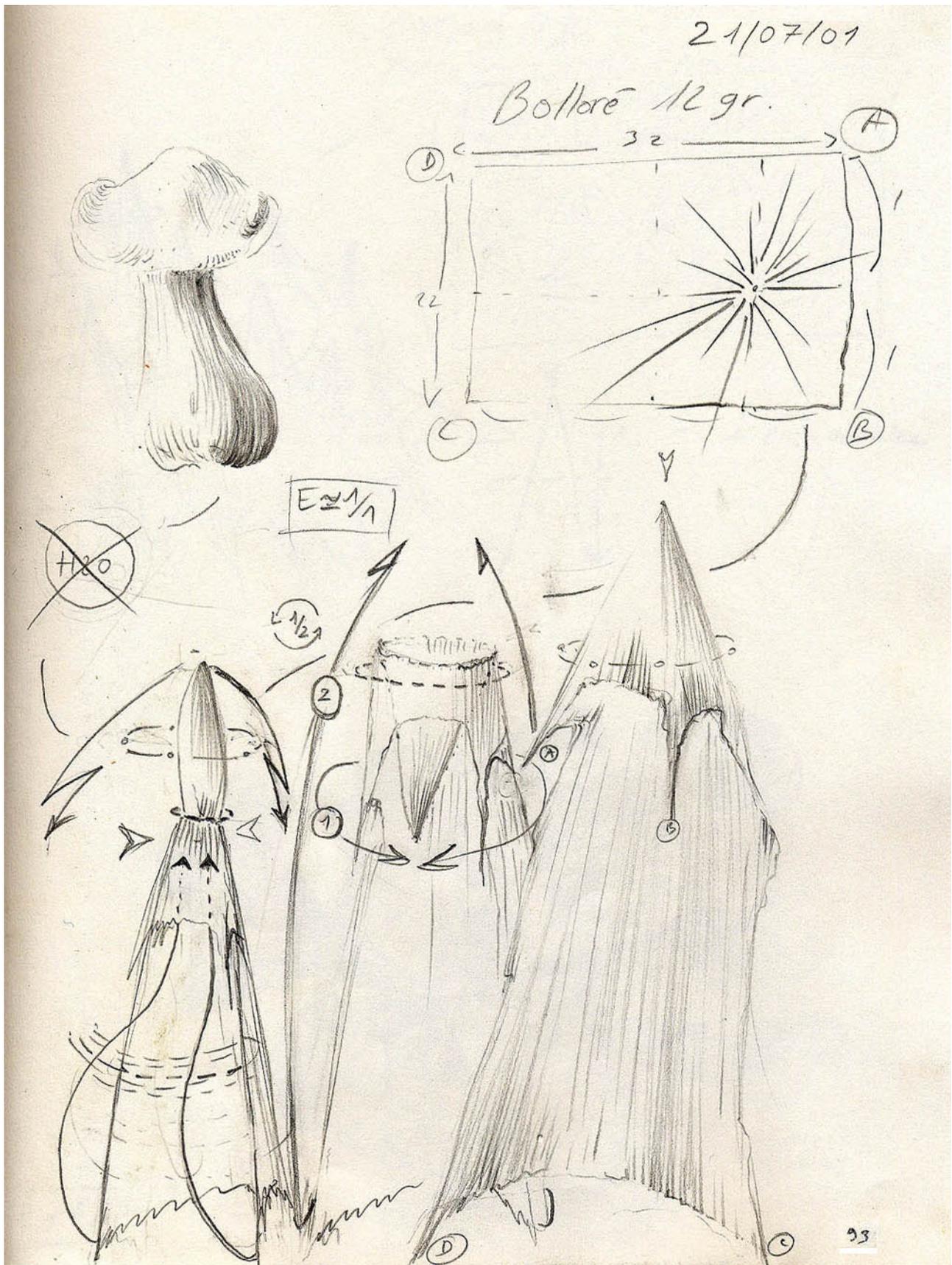
2) avt serrage complet a sec.

resultat idem  => matiere depend du gd nombre de pointes

Une méthode permettant d'atteindre de grand nombres de sections par enfoncement des intersections à partir d'un modèle plus simple. Ici, on réalise un modèle en 64 épaisseurs et on enfonce les intersections en refroissant progressivement le modèle. Il faut maîtriser les rythmes de froissages et de dépliage.

21/07/01

Bollare 12 gr.

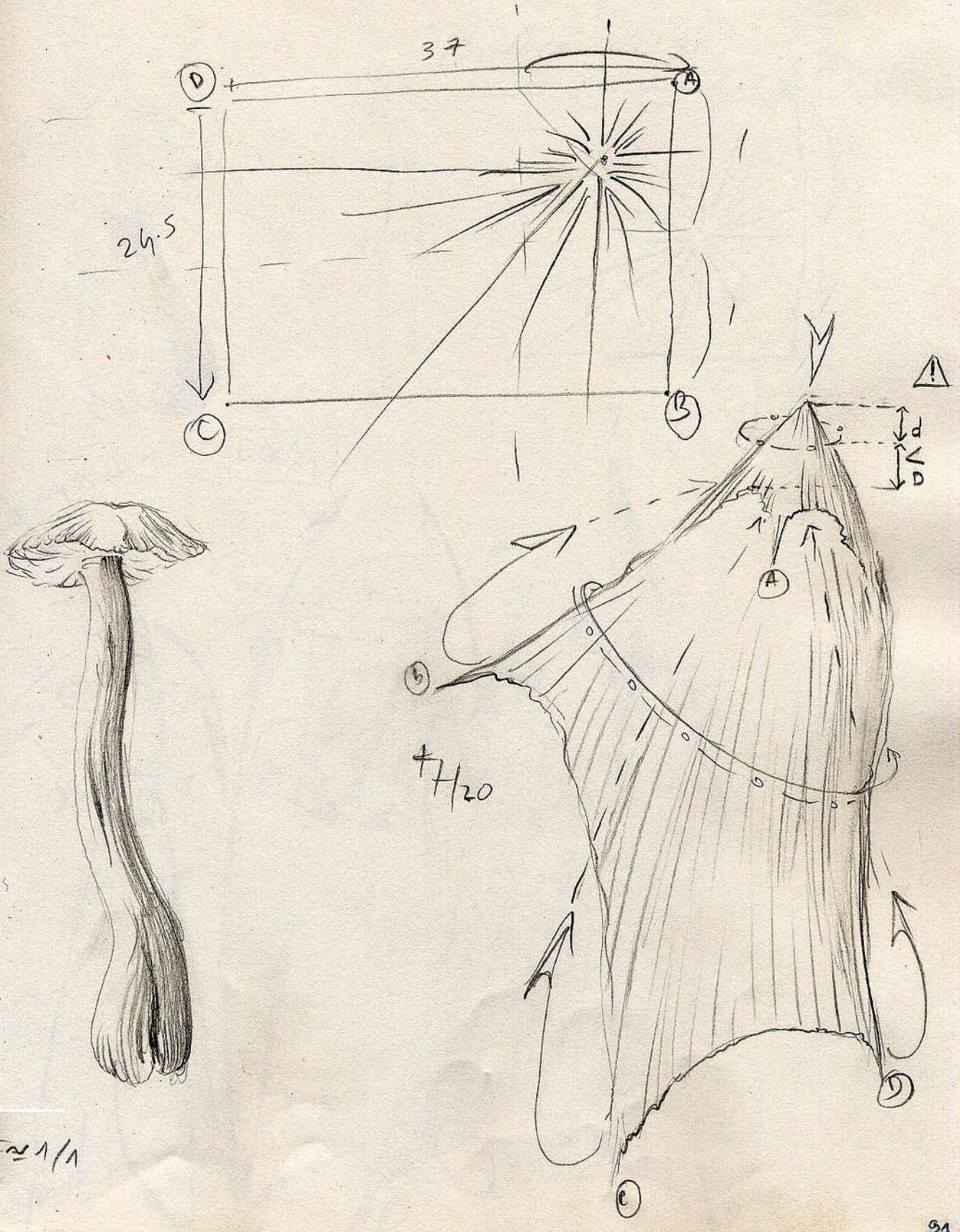


Le décentrage du chapeau autorise d'autres organisations pour le repliement du pied. Le modèle dessiné ici a été froissé sans mouiller le papier, ce qui augmente le diamètre de la section du pied qui peut alors rester plus ou moins creux .

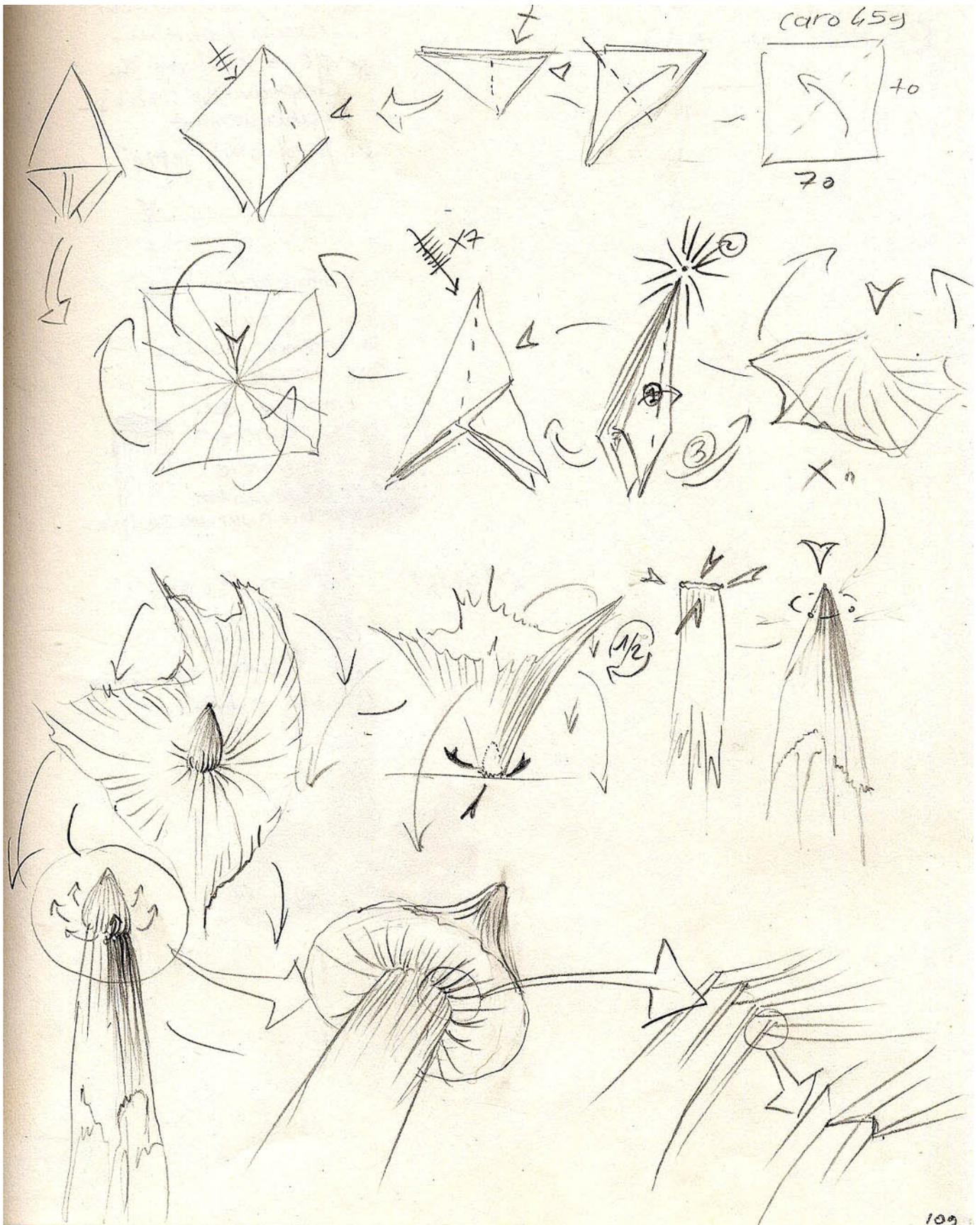
La description des mouvements conduisant aux différentes formes observées (variabilité des formes du chapeau, ondulations, tensions, renflements , bulbes plus ou moins prononcés ...et toutes formes accessibles par ces modèles) reste difficile à décrire précisément. Seule l'étude et l'observation attentive d'exemples naturels associée à une pratique assidue conduira à des résultats toujours plus convaincants.

Wenzhou

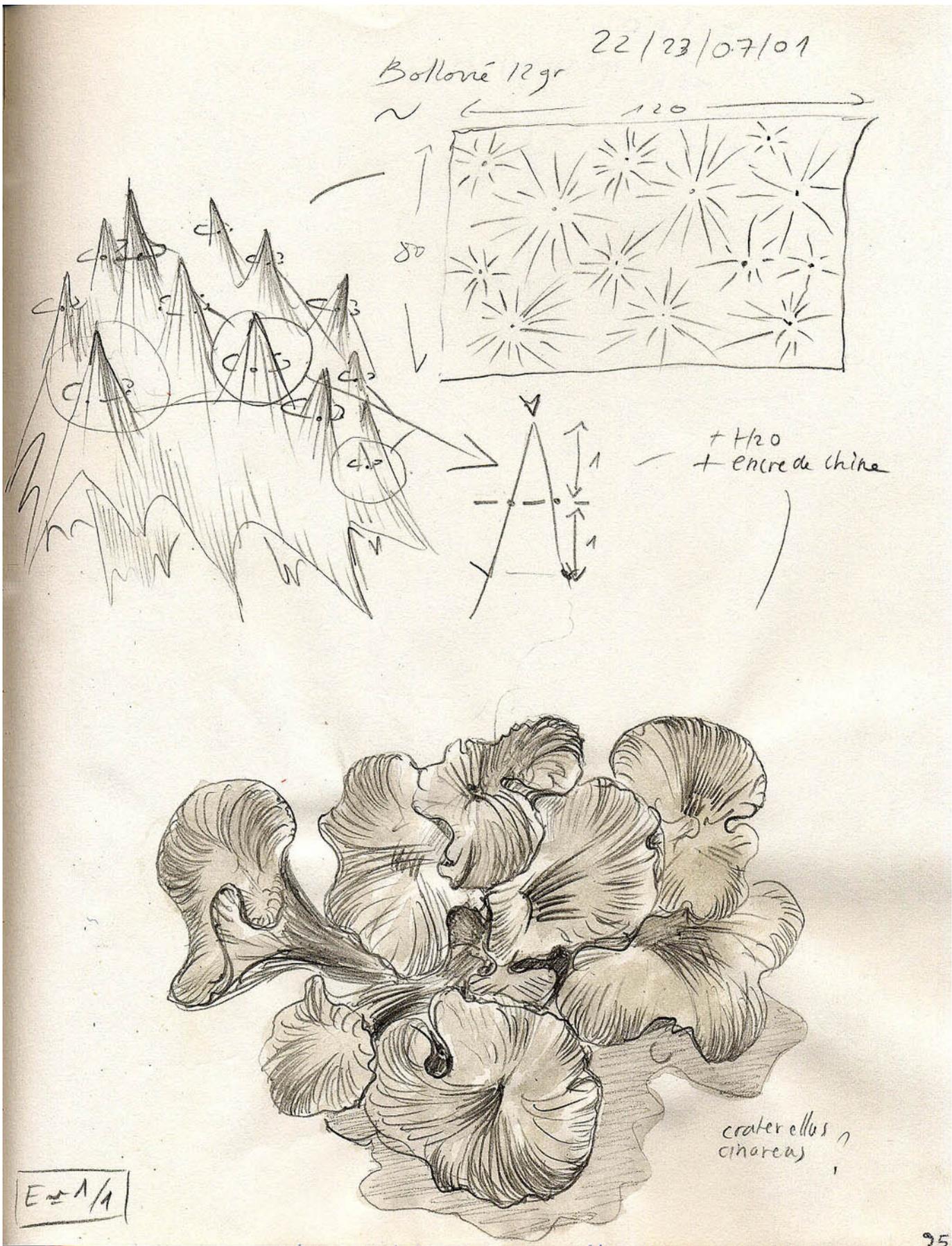
20/07/01



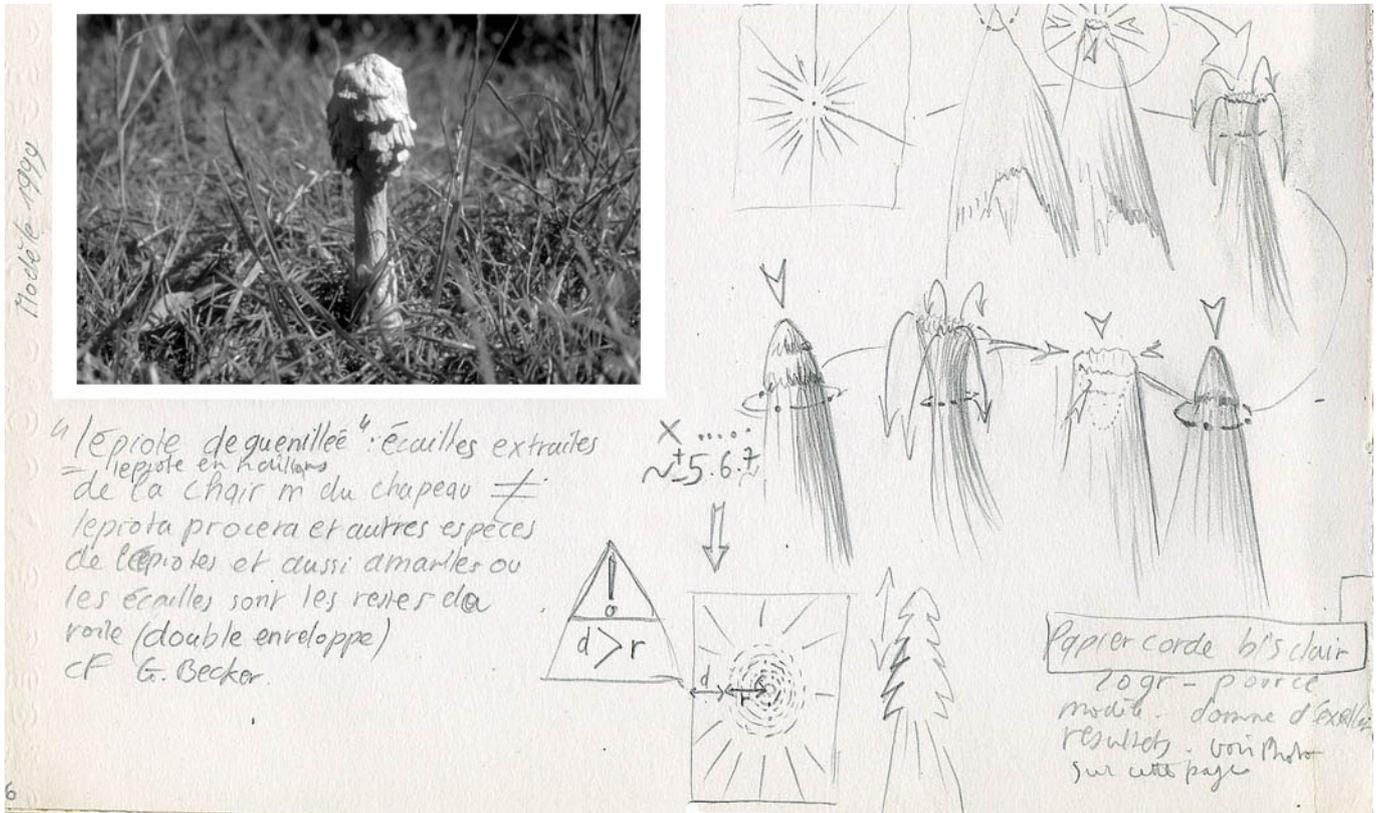
Le décalage du centre permet ici d'augmenter considérablement la taille du pied . Attention à ne pas dépasser la moitié de la hauteur du «cône» , pour réserver assez de matière pour capturer les lamelles.



Un repli circulaire au centre , effectué après l'enfoncement , crée une liaison au raccord pied /lamelles plus régulière. La technique employée pour le modèle de base, en serrant le pied au maximum laisse en effet apparaitre un surplus de papier à cet endroit. Ici un mouvement de pliage plus subtil a permis un très bon agrafage des plis . Cette séquence n'est toutefois pas facile à reproduire à toutes les échelles et avec tous les papiers. L'enfoncement doit être réalisé d'un coup sec, le modèle étant maintenu presque fermé. Le traitement de ce détail fait l'objet de nombreuses autres approches , qui tendent à une représentation toujours plus proche des modèles naturels.



Un exemple à partir de pointes de taille légèrement différentes tirées directement depuis le centre de la feuille. l'enfoncement à la moitié de la hauteur des pointes, génère des cratères profonds, en accord avec le modèle naturel, qui présente un pied creux presque jusqu'à sa base. Toutefois ce caractère ne pourra être correctement simulé qu'en utilisant les papiers les plus fins. (moins de 12 grammes/m² -serviette dédoublée par exemple) et en resserrant le pied autour d'une baguette ou d'une paille.



HISTOIRES D'ÉCAILLES

Le modèle reprend un principe universel de pliage, en accordéon, appelé « dent de scie », utilisé depuis longtemps dans le plissage du tissu.

Jean Claude Correia a créé une oeuvre magistrale à partir de variations sur cette technique. Certaines oeuvres évoquent les écaillés des reptiles.

Au cours de l'évolution dans la nature, ces écaillés se sont transformées en plumes au fur et à mesure qu'aparaissaient les premier oiseaux.

Les écaillés sur les ailes des papillons dans un repli de la membrane de l'aile.

Ici ce modèle se comporte de façon étrange quand il est réalisé dans un papier fin et froissé. L'encombrement des épaisseurs donne naissance très naturellement à des écaillés qu'il suffira de défriper légèrement pour qu'elles ressemblent à s'y méprendre aux mèches qu'on observe sur cette espèce de lépiote, la bien-nommée « déguenillée ». Contrairement à ses cousines dont les tâches du chapeau, comme chez la plupart des autres familles de champignons (amanites en particulier), résultent de la dilacération de la double enveloppe dans laquelle elles se forment et commencent à grossir, les mèches des spécimens de cette espèce semblent extraites de la chair elle même.

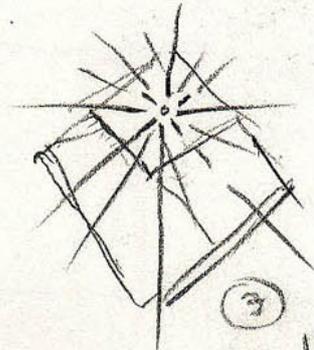
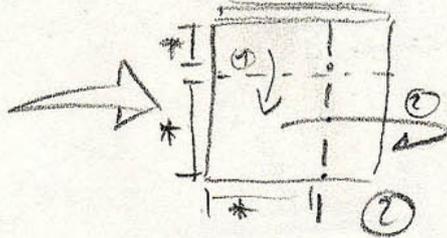
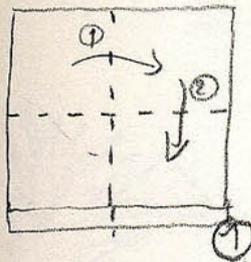
Quoique simple, ce modèle n'est pas facile à réussir. Il faut maîtriser les phénomènes d'agrafage.



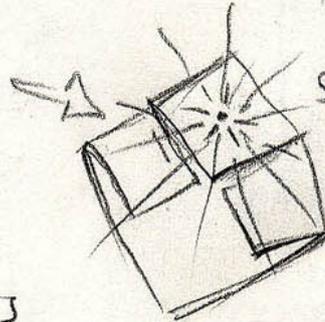
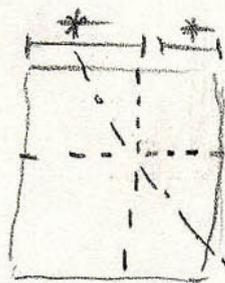
10/11/2000

pointes centrées sur carré.

1) x 16



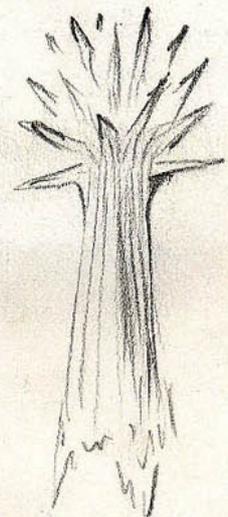
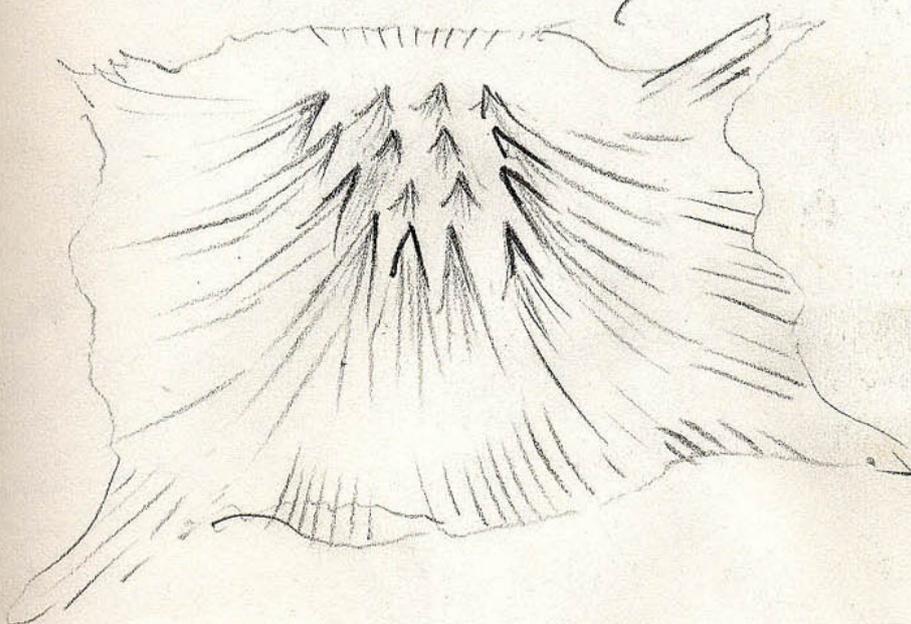
* Proportions variables



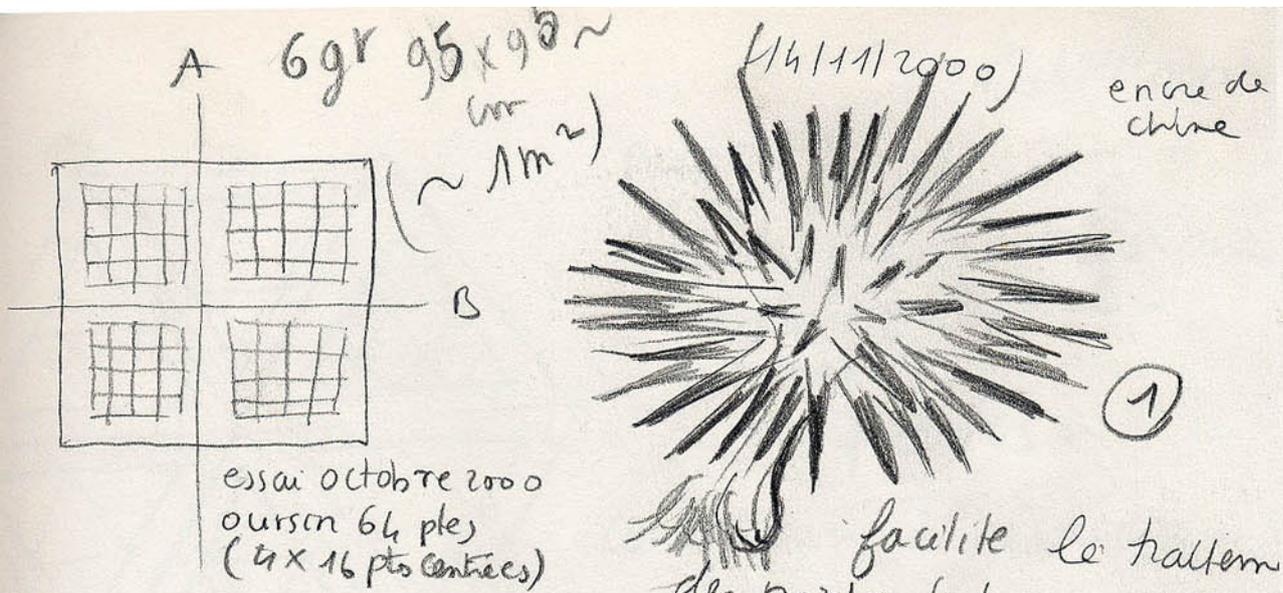
Soit base
Prel décentré

2 bis

3 bis



Le centrage des pointes a été développé pour pallier à l'usure des bords de la feuille, qui entregistrent plus vite les plis que les parties au centre. La variable de centrage augmente très vite et permet en outre la création d'un «tronc» qui facilite beaucoup la manipulation. Deux méthodes proposées sur cette note, repliement simple ou prépliage en base préliminaire. D'autres proportions peuvent être ajustées par pliage accordéon.



il est facile de rattacher les 4 groupes entre eux
en tirant sur les médianes A et B côté montagne
cette méthode pourrait peut-être permettre d'augmenter
le nombre de pointes, on créant une structure interieur
"cloisons armatures" ... "squelette" ?

* 14/11 2000
la structure ① a été repleiée partiellement et
remodelée comme suit:

noir: encre de chine
jaune: aquarelle
appliquée en 2^e
modelage (après
séchage complet et remouillage,
et dépliage partiel →
(pas de dilution)

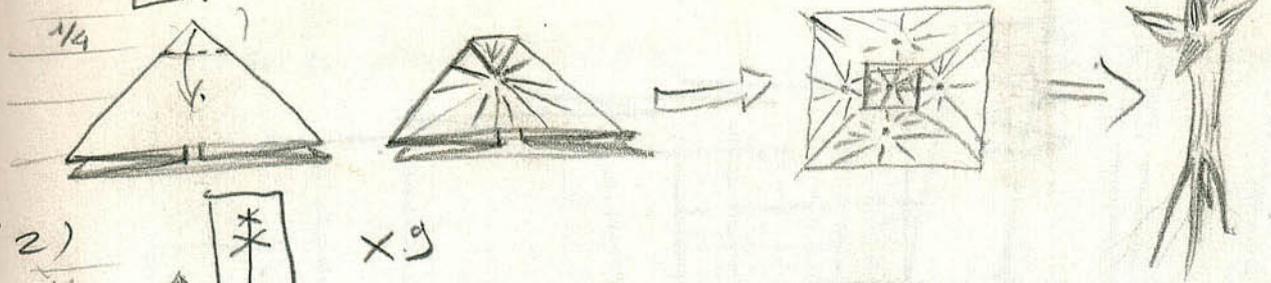


Finir au pinceau
chargé d'eau ou
d'aquarelle.

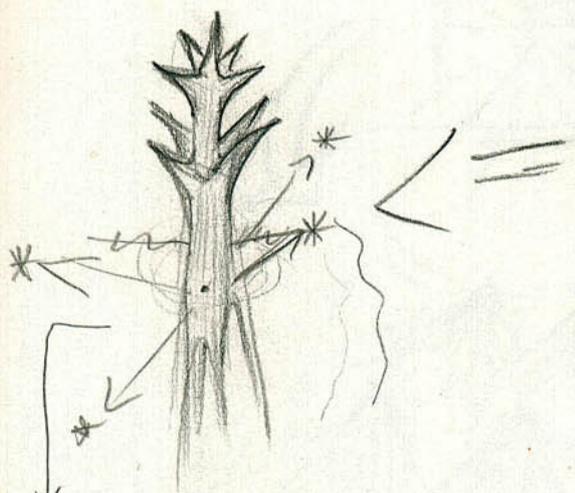
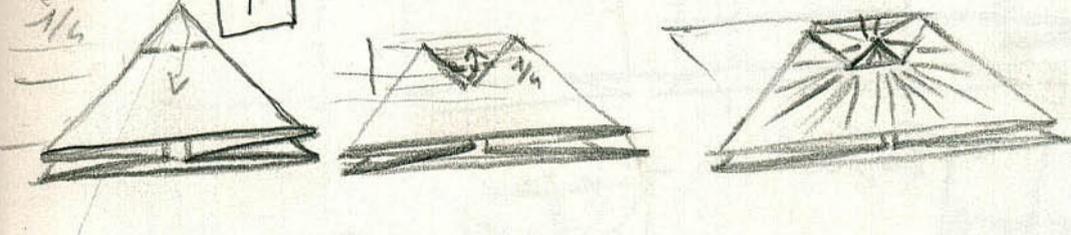
4X 16 pointes se froissent plus facilement que 64 épaisseurs. L'ossature créée de cette façon a d'étonnantes propriétés qui révèlent le puissant polymorphisme de ces bases, en accord avec les lois de la nature, qui génèrent des formes très diverses à partir de quelques modèles simples.

19/07/2000

1)  x 5



2)  x 9



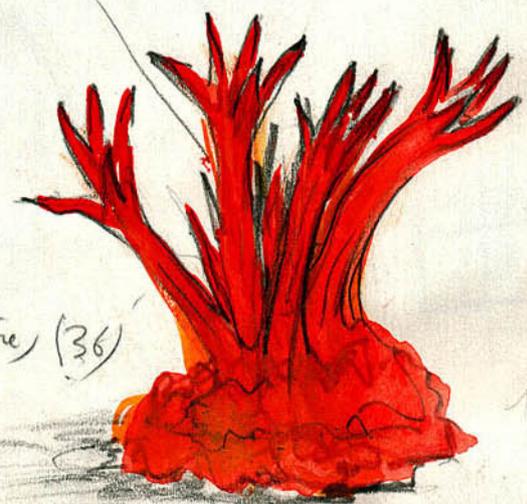
bouquet "pointes simples" (6?)
des centres

10/10/2000

25/11/2000

essai - $9 \times 9 + (4 \times 9) = 117$
 6 gr - $1m^2$

- froissage sec OK. si Cent
 - épaisseurs un peu encombrantes
- ⇒ extraction pointes supplémentaires (36)
 (4 x 4) sur la base des troncs
 là où les crêtes se forment.
 (voir *)



Papier bulle
 20gr/mm.
 avec inversion
 pointe se condense
 centrale (pied)

x 9

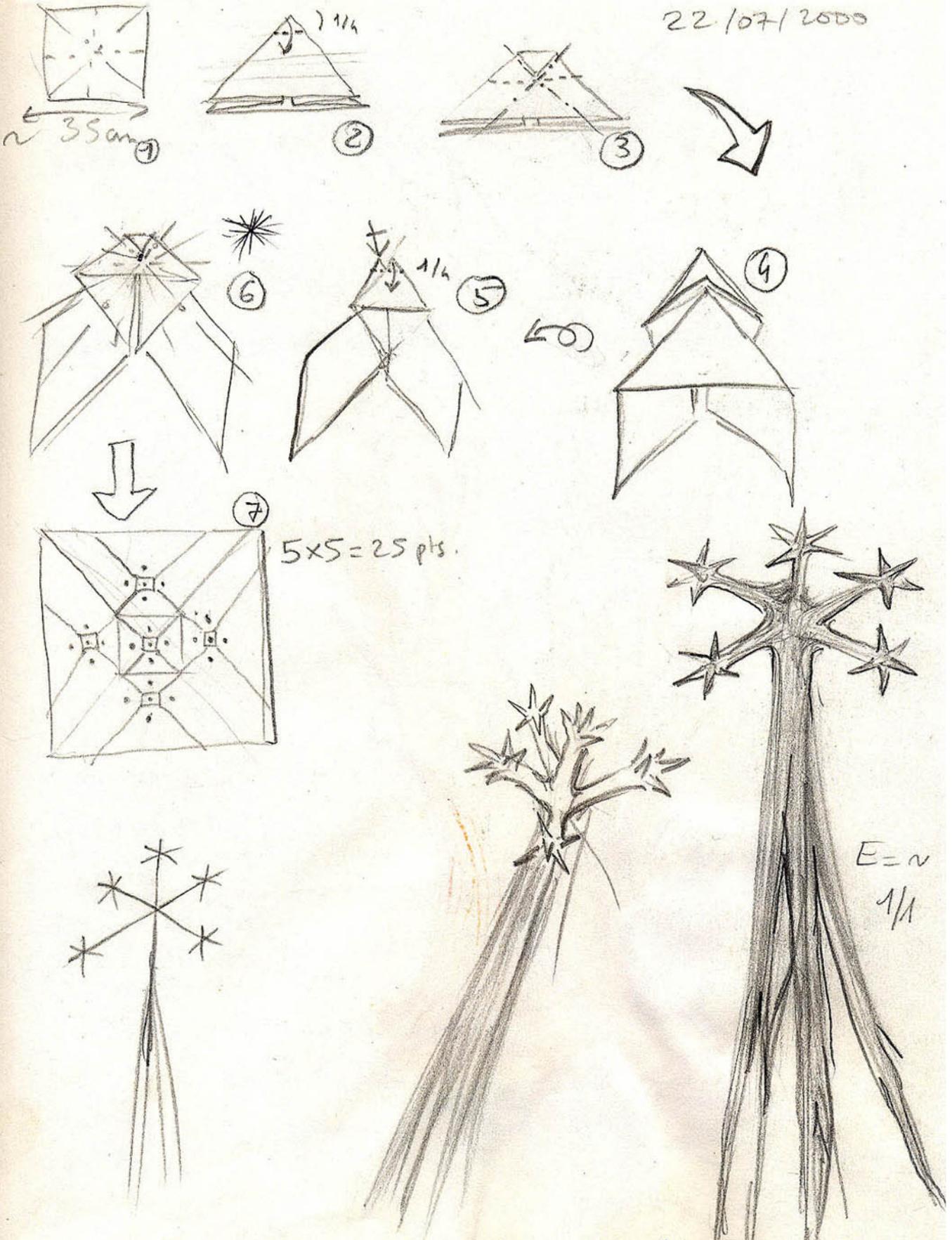
x 4

La base de la bombe à eau, repliée au quart de sa hauteur, et froissée au départ de ce point, produit un élément à 5 «branches» et quatre «racines» sur les bords de la feuille. Cette séquence peut se répéter sur le triangle restant et on obtient de la sorte un élément à 9 «branches». Ce réseau de pointes peut être multiplié comme tous les autres réseaux.

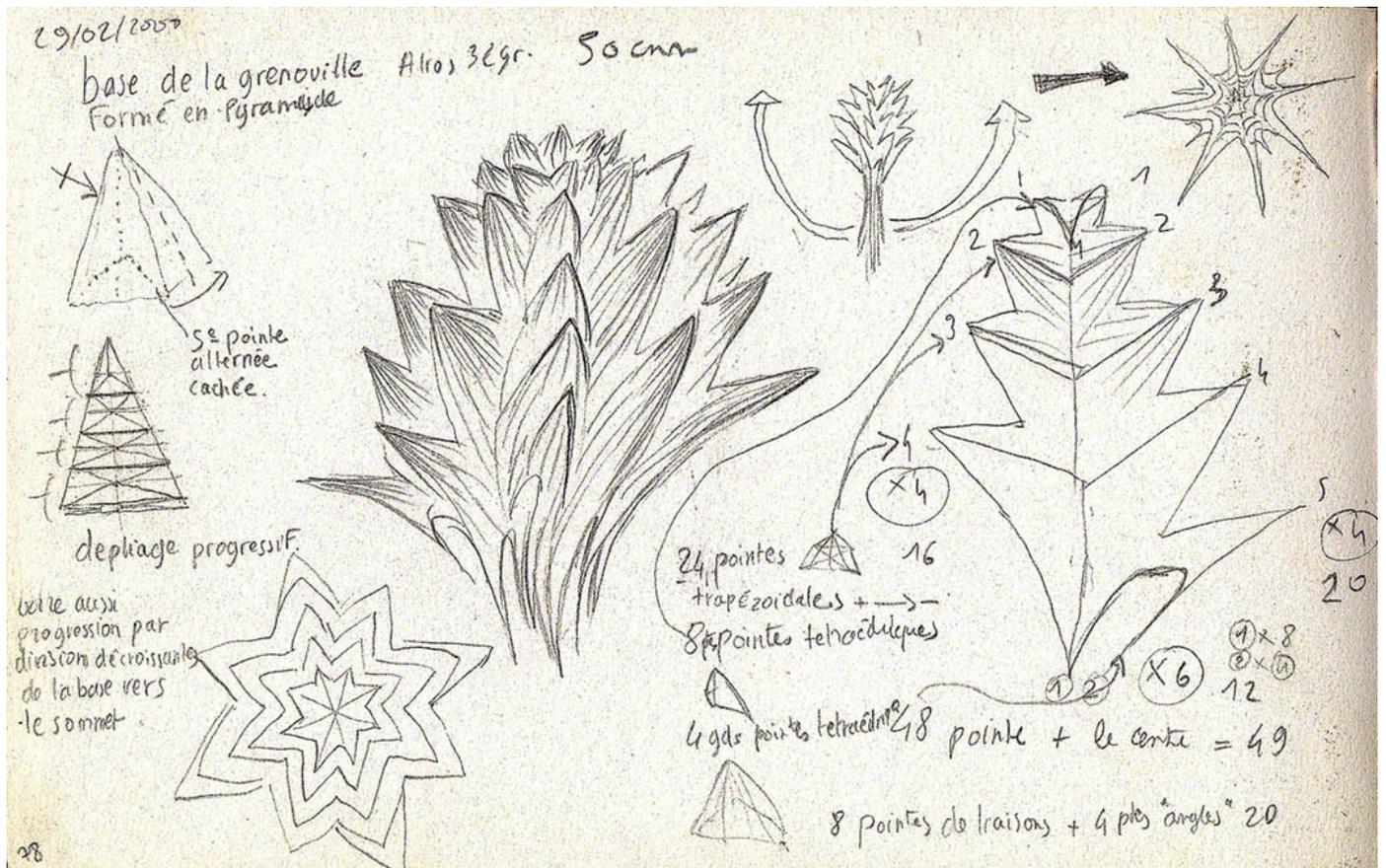
Ce type de séquences rappelle l'organisation des coraux branchés.

soie outline

22/07/2000

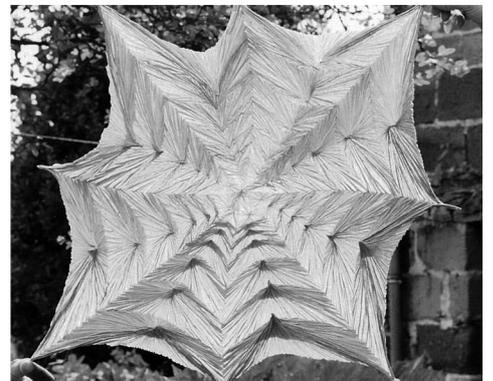


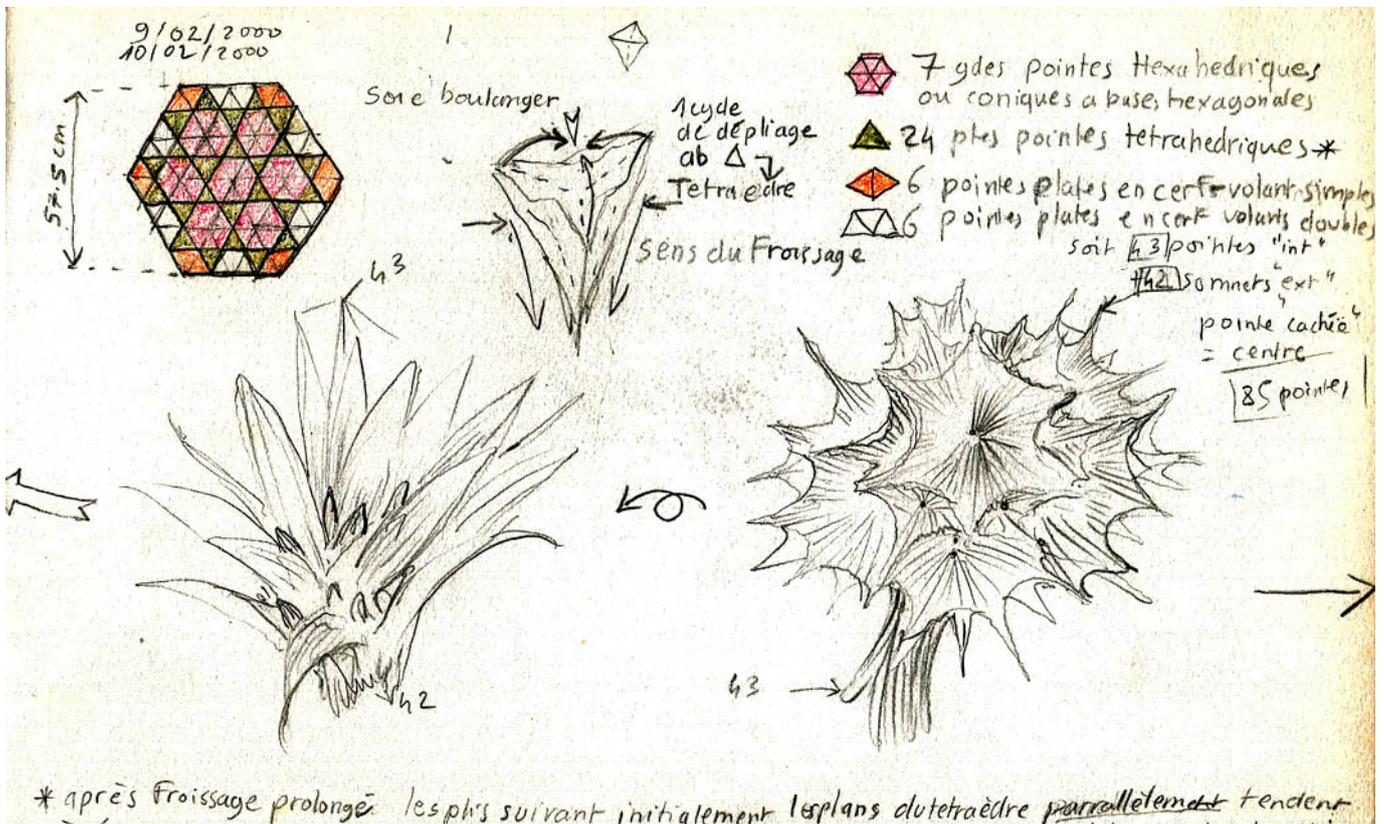
Cette séquence multiplie le nombre de points par 25. Un modèle en 4 épaisseurs produit un «corail» à $4 \times 5 \times 5$, soit 100 points. Les méthodes de multiplication permettent de «factoriser» et donc contrôler le nombre de points voulues à l'intérieur même d'un modèle d'organisation déterminé par sa séquence de pliage.



Premier essai de modèle avec des pointes dont la taille réduit depuis les bords de la feuille vers son centre. Ici ce sont les premières étapes de la base de la grenouille qui ont été utilisées, autrement dit 4 plis aplatis réalisés sur la base préliminaire. La méthode de dépliage est aussi originale et se fait par ouverture radiale des couches ce qui se fait avec une relative facilité, vu la complexité de la forme obtenue qui rapelle schématiquement la forme des capitules d'artichaut.

Ce modèle se prête à de multiples variations, la base carrée présentée ici sera plus efficace sur un octogone. L'hexagone donne des formes plus légères et équilibrées. Les méthodes de pliage ainsi que les variations des rythmes de progression peuvent varier. Le modèle est aussi intéressant retourné comme un gant.

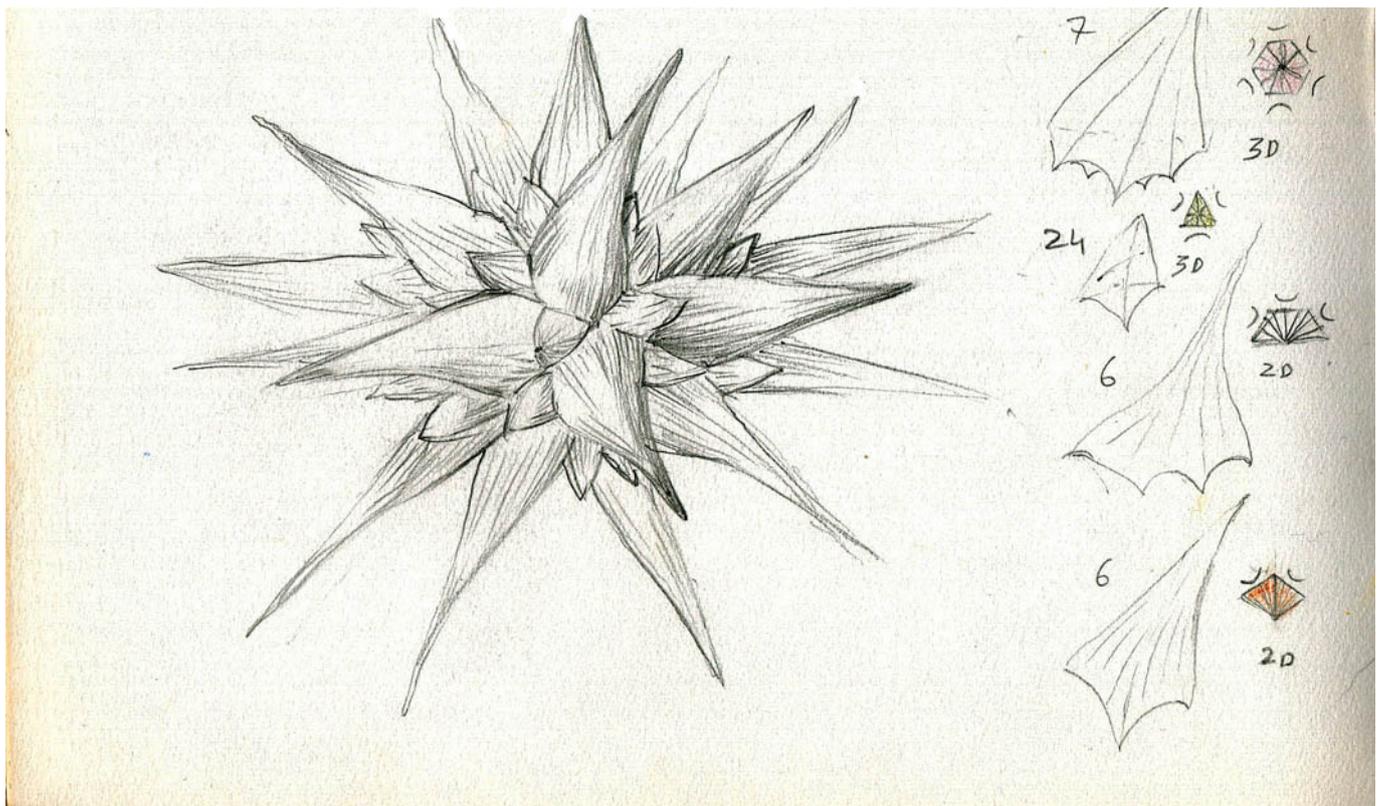


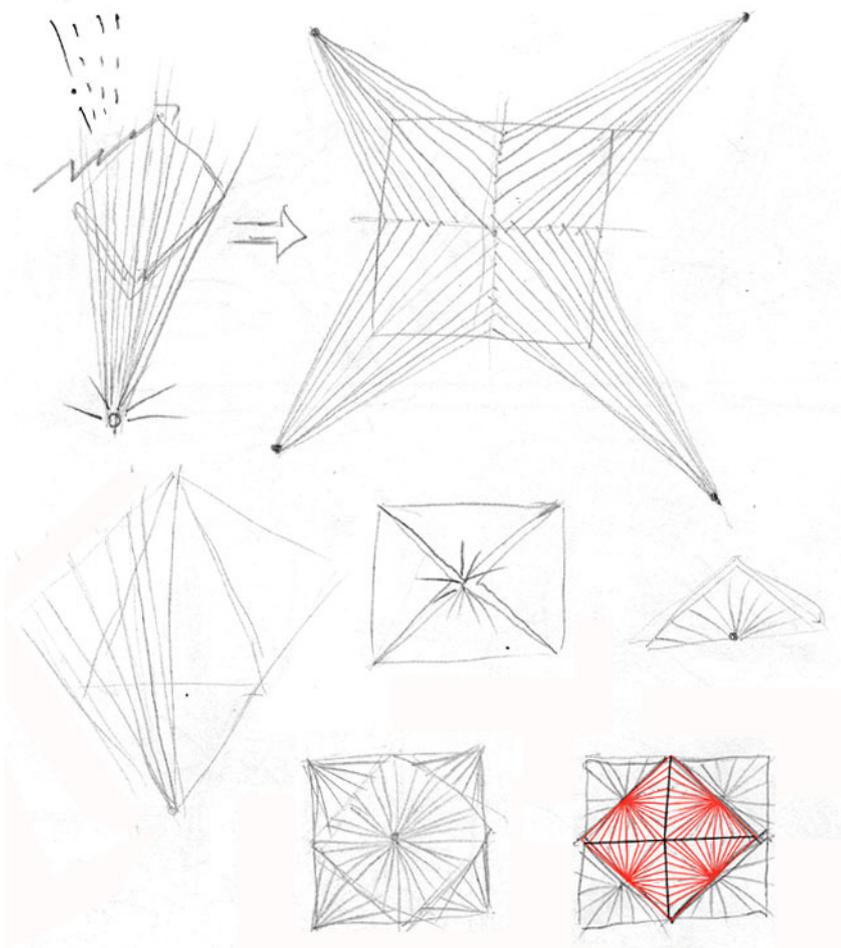
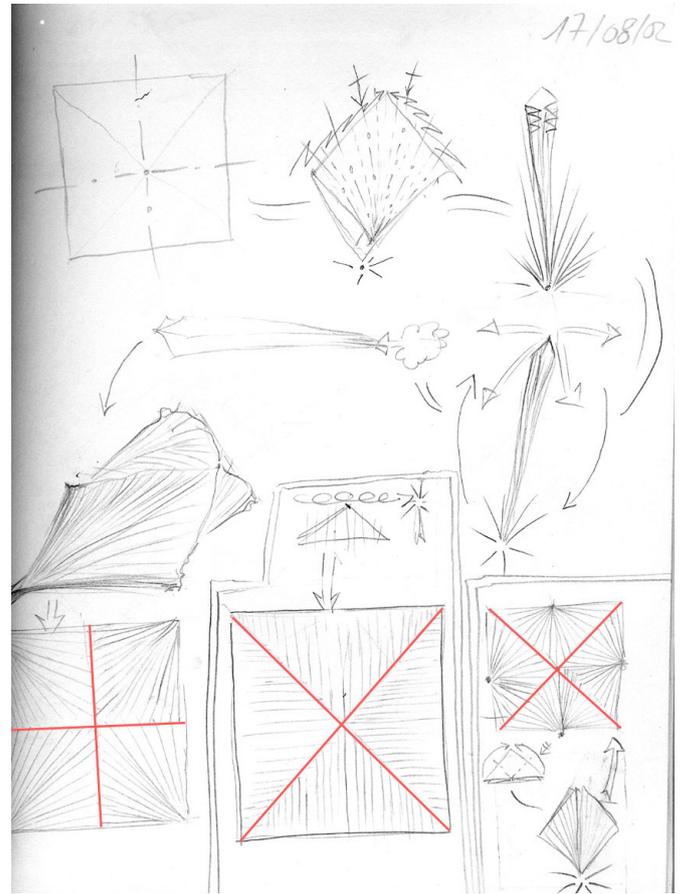
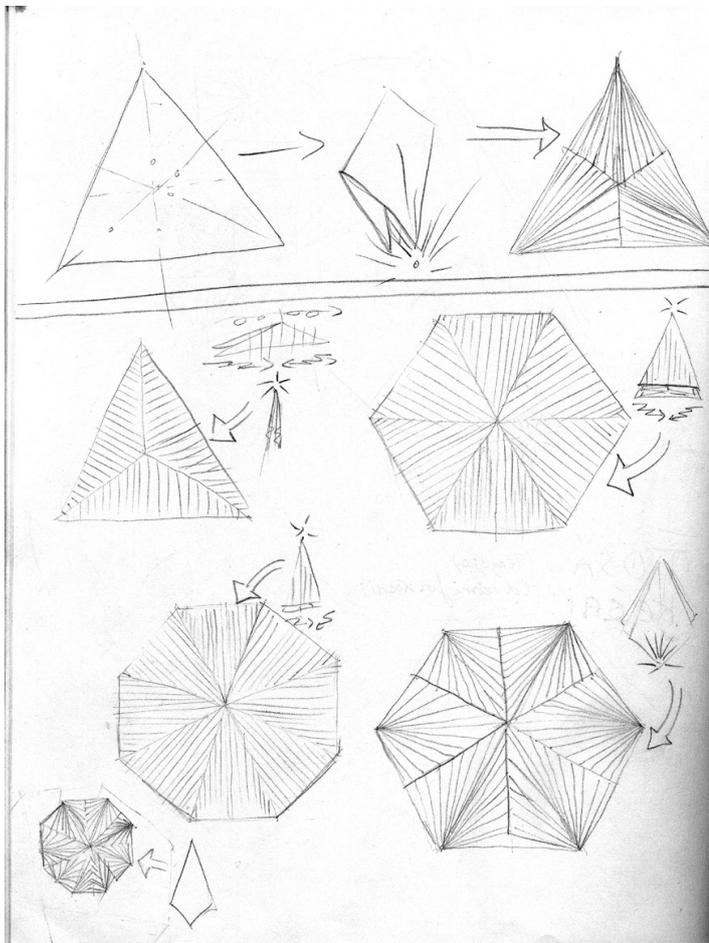


FROISSAGE D'UN TÉTRAÈDRE MULTICOUCHE

L'hexagone, avec le triangle équilatéral et le pentagone, est un des polygones les plus intéressants pour le froissage. Comme il se divise en triangles équilatéraux, il est constitué d'angles à 60 degrés - très présents dans le monde naturel - rien d'étonnant à ce qu'il produise des objets harmonieux avec un air de déjà vu. Le modèle présenté ici est très proche de la structure de certains pollen.

Le prépliage et l'orientation du froissage génère une alternance de pointes à bases hexagonales et triangulaires, les dernières copiant la base des premières, on peut adapter ces formes à d'autres polygones.





PROPRIÉTÉS DES INTERSECTIONS

Si l'on isole leurs intersections, les réseaux de plis issus des froissages rayonnants construisent d'autres motifs aux étonnantes propriétés.

Les intersections simples sur les bases préliminaires engendrent des structures gonflables, qui, adaptés à certains polygones, permettent de générer des formes quasi sphériques.

Les modèles évoquent assez bien les capsules de graines.

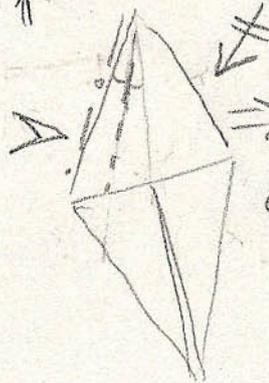
Ces formes sont multipliables comme les autres modèles.

D'autres séquences génèrent des réseaux qui résultent virtuellement de la projection de points situés en dehors de la feuille.

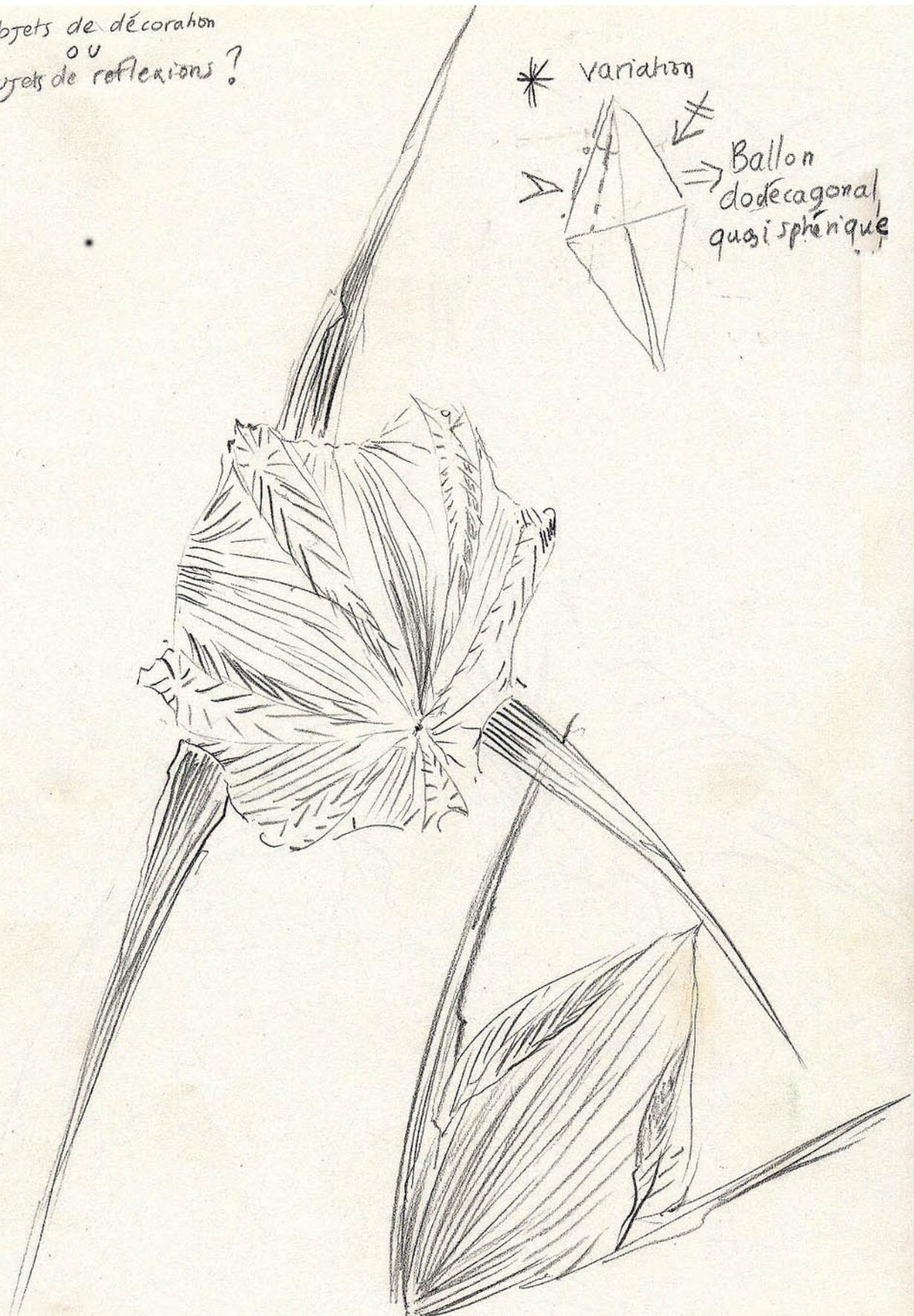
L'étude de ces réseaux réserve encore bien des surprises et ouvrent la voie vers de nouveaux répertoires de formes

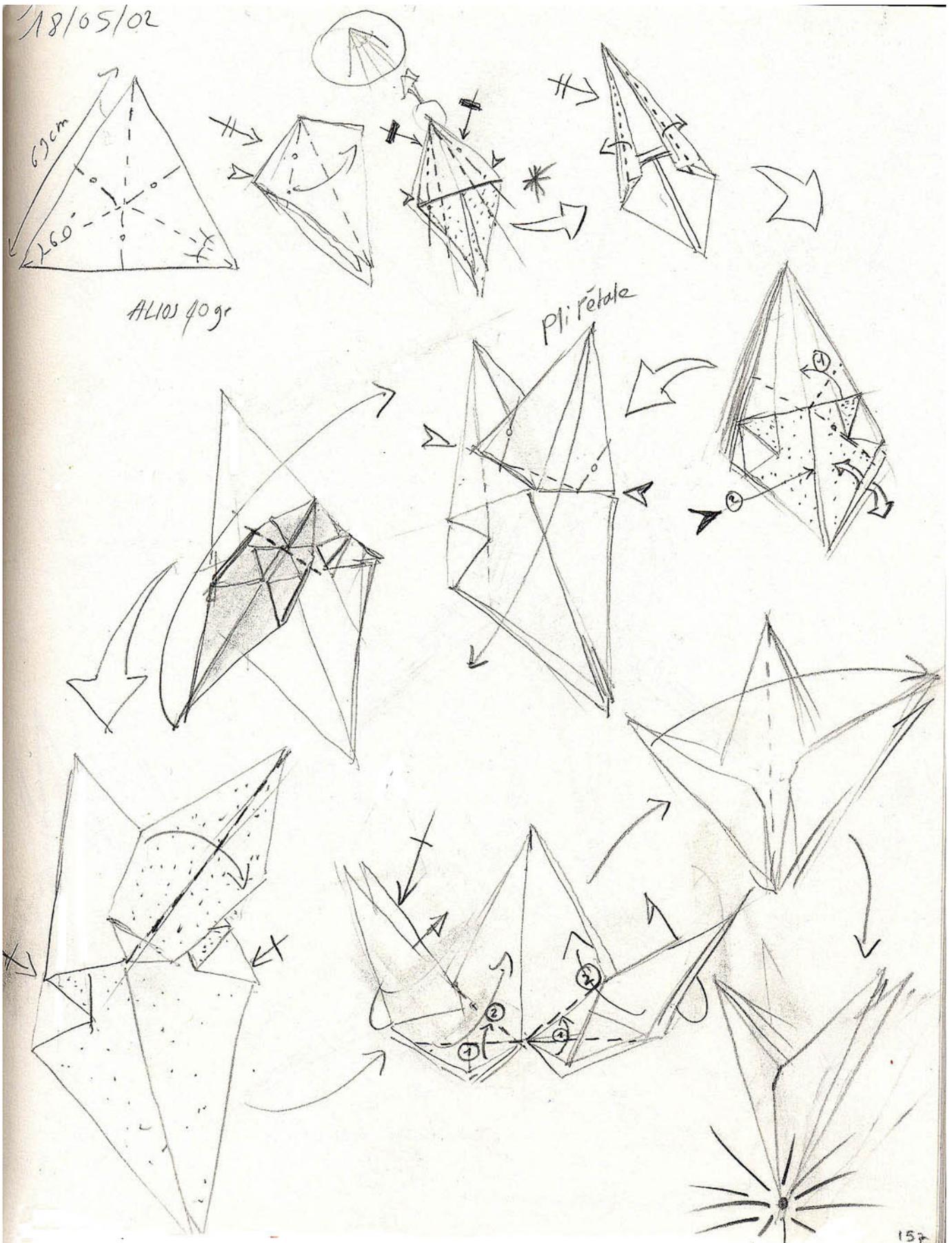
objets de décoration
ou
sujets de réflexions ?

* variation

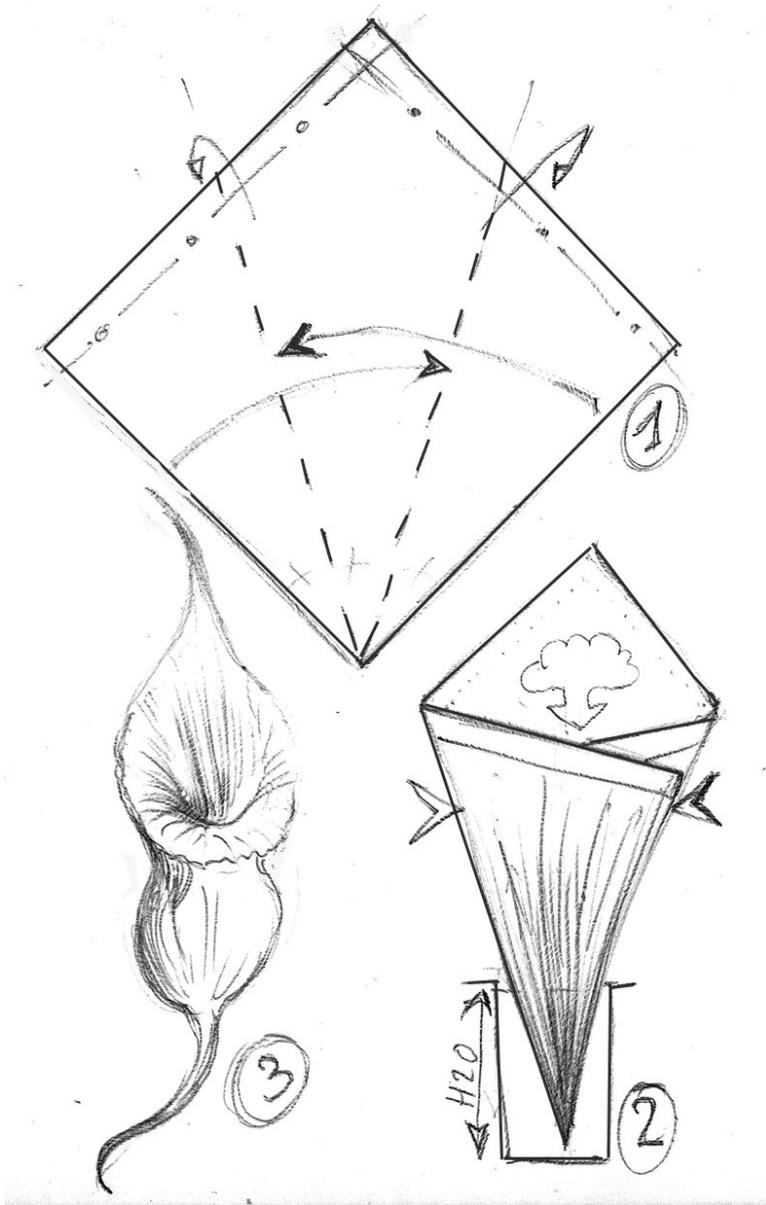


Ballon
dodécagonal
quasi sphérique





Un exemple de «clé» permettant la fermeture d'une structure gonflable. sur la base d'une séquence de pliage classique. La séquence doit aboutir à une fermeture efficace et respecter une orientation compatible avec le sens du froissage. Ces contraintes renvoient symboliquement à celles qu'imposent dans la Nature les lois de l'évolution. Les détails qui en résultent sous formes de feuilles, folioles, épines rappellent, comme les modèles complets, des formes existantes.



Un exemple d'un modèle simple à réaliser dans une serviette en papier par exemple.

Le résultat évoque clairement la forme des urnes de certaines plantes carnivores de la famille des *helianthophora*. De nombreuses variations sont possibles, sur la façon de «souder» les épaisseurs, par exemple.