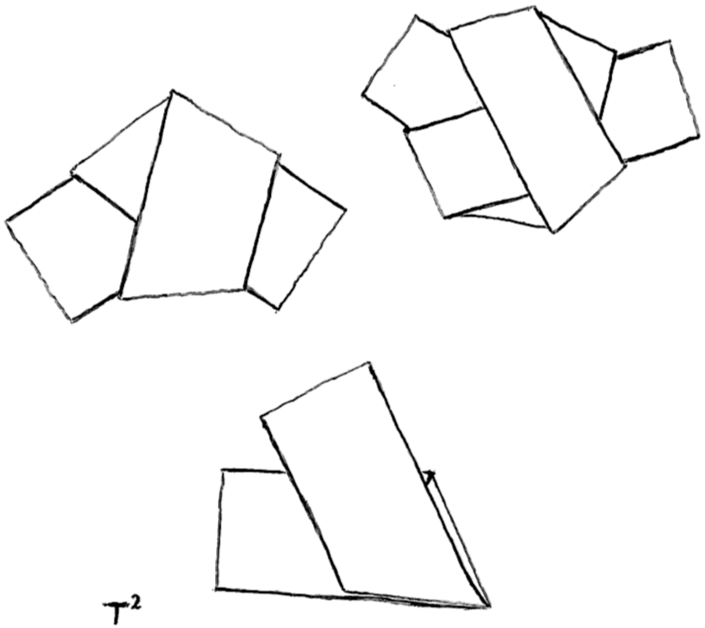
Science

à partir



d'une feuille de papier

Tadashi Tokieda, Fleurance août 2011

3,141592653589493 . . .

?

$3{,}141592653589\overset{7}{\cancel{4}}93 \ . \ . \ .$

π

299792458 . . .

?

$3{,}141592653589\overset{7}{\cancel{4}}93 \ldots$

π

$299792458 \ldots$

c , vitesse de la lumière
dans le vide

$0{,}562066276 \ldots$

?

$3{,}141592653589\overset{7}{\cancel{4}}93 \ldots$

π

299792458 . . .

c , vitesse de la lumière
dans le vide

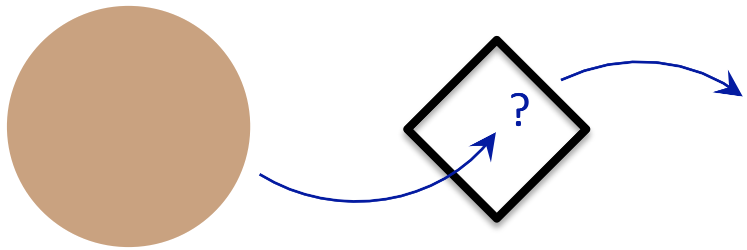
0,562066276 . . .

numéro de téléphone
festival d'astronomie

2,5

entre 2 et 3 ,
la *dimension* d'une feuille de papier . . .

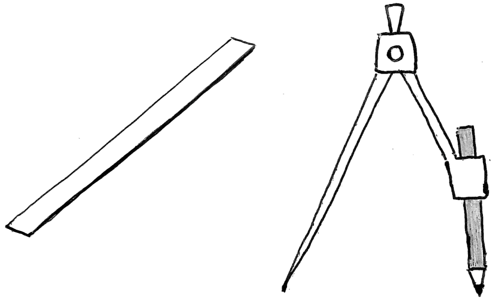
Passe-passe



visiblement impossible

E. Galois 1811−1832

A l’aide d’une règle et d’un compas

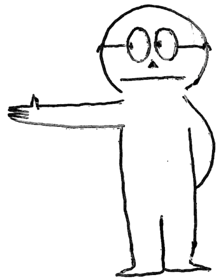


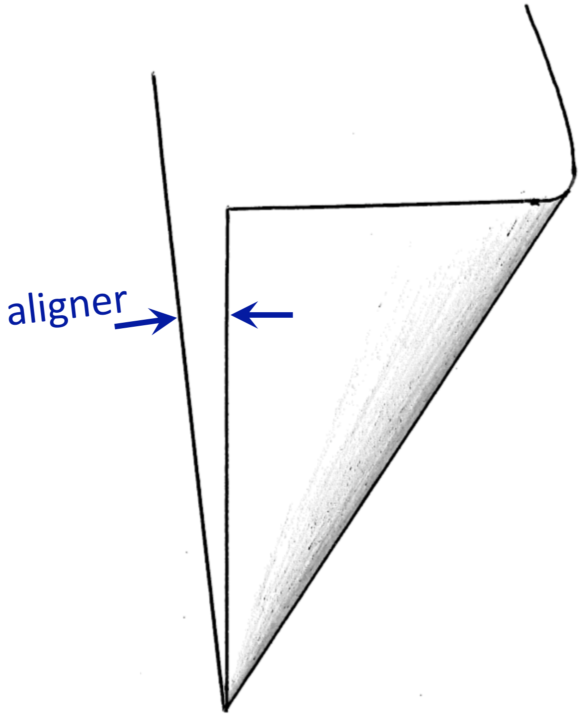
peut-on diviser tout angle
en 3 parties égales ?

Non : par ex 60° impossible à trisecter .

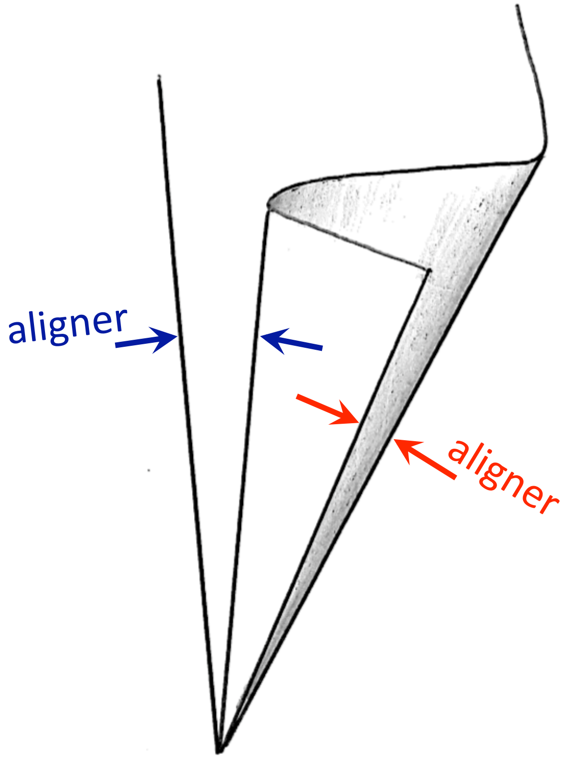
Mais SI , à l’aide du pliage de papier : ***origami*** .

折
紙





bissection

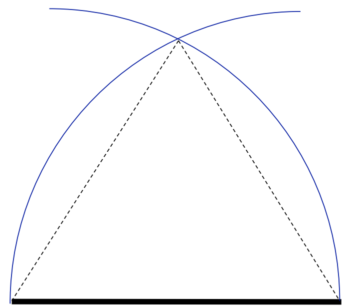


trisection

N-section . . .

C. F. Gauss 1777−1855

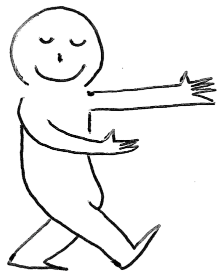
Pour quel *N*
peut-on dessiner
un polygone régulier à *N* côtés ?



N = 3 possible . . .

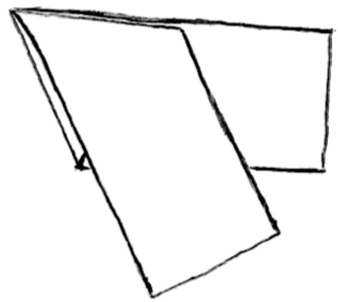
N doit être de la forme : puissance de 2 × $(\, 2^{2^n} + 1 \,)$

= puissance de 2 × (3 , 5 , 17 , 257 , . . .)

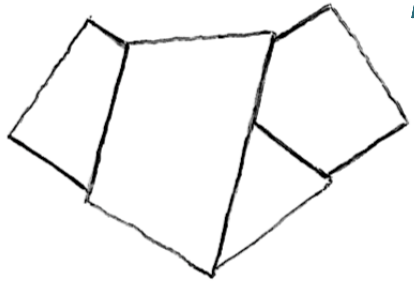


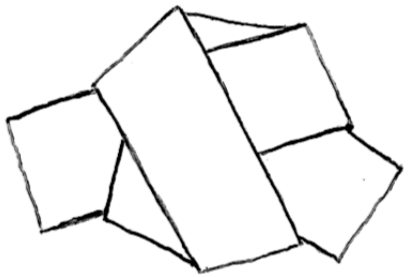
Mais avec *origami* , TOUT *N* possible .

$N = 3$



$N = 5$





$N = 7$

etc., etc.

\+ bissection facile pour N pair

Maintenant passons (doucement)

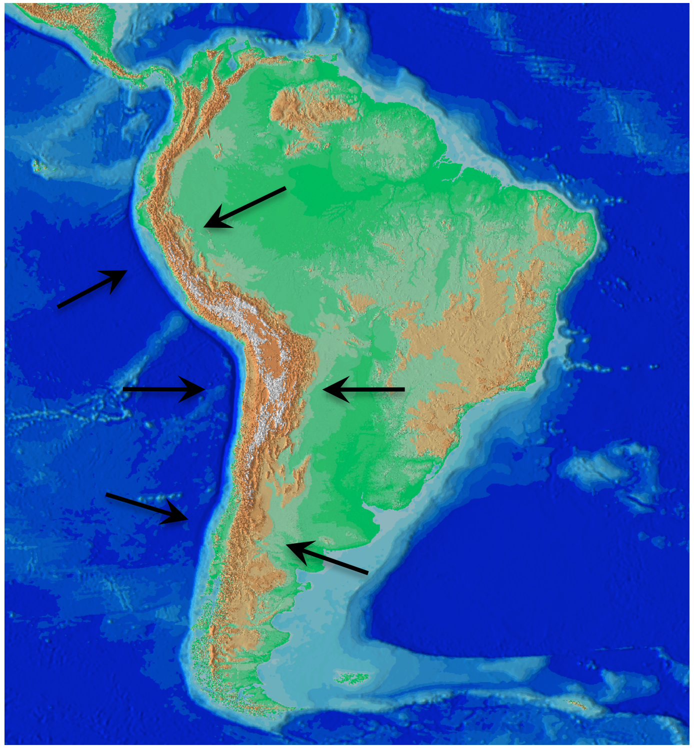
géométrie $\longrightarrow$ physique

Bientôt nous passerons (subrepticement)

physique $\longrightarrow$ génie astronautique

cm – m

< mm

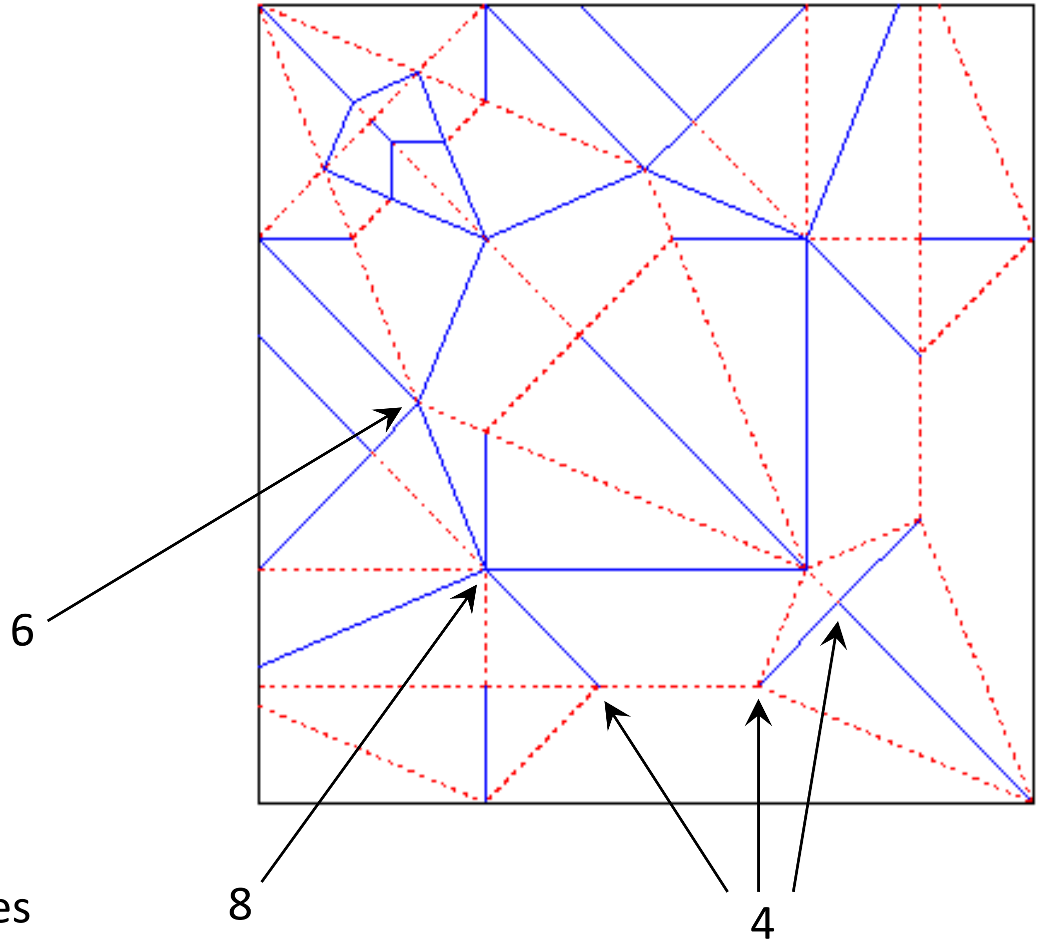


Origami , flambage , froissement

délibéré ⟷ aléatoire

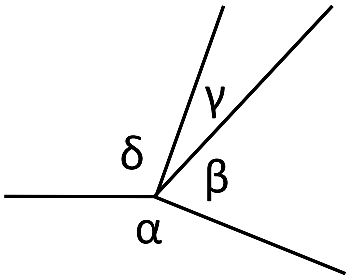
km <

Lois régissant tous ces phénomènes ,
jusqu'aux froissements aléatoires ?



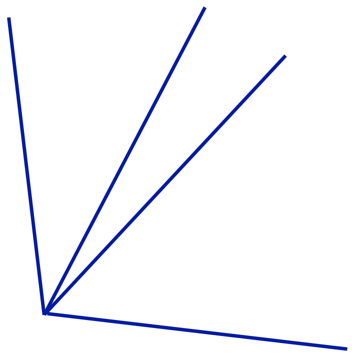
Autour de chaque sommet , toujours un nombre *pair* d'arêtes

Le cas le plus simple :



4 angles α , β , γ , δ .

Théorème : froissement aplati $\Longleftrightarrow \left\{ \begin{array}{c} \alpha + \beta + \gamma + \delta = 360^\circ \\ \text{et} \\ \alpha + \gamma = \beta + \delta \end{array} \right.$



froissement irréalisable

En général, les angles

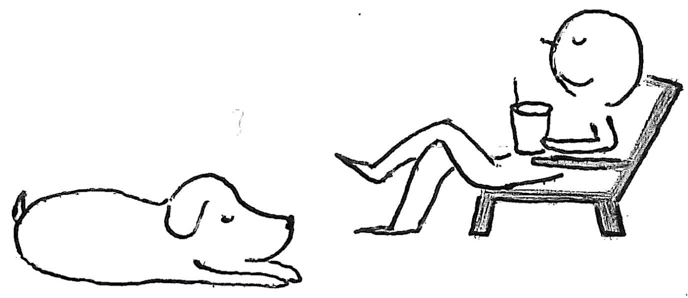
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots, \alpha_{2n}$

réalisables par froissement aplati

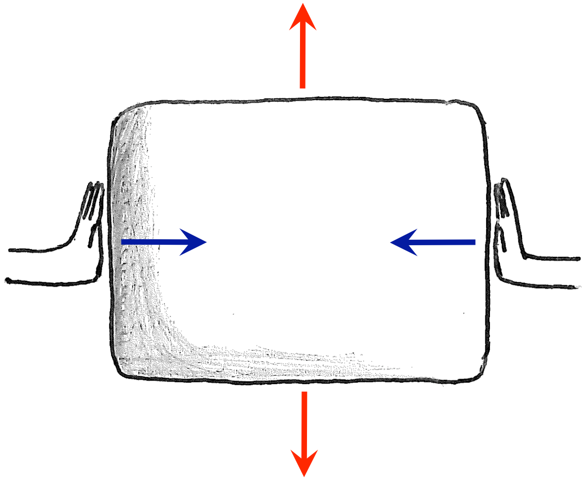
$$\Longleftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sum \alpha = 360^\circ \\ \quad \text{et} \\ \boxed{\sum \pm\alpha = +\alpha_1 - \alpha_2 + \alpha_3 - \alpha_4 + - \cdots = 0} \end{array} \right.$$

なかやすみ

Pause



S. D. Poisson 1781–1840

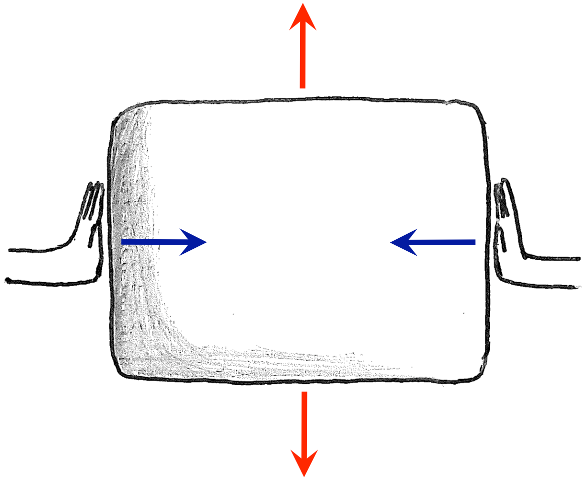


rapport de Poisson

$$= \frac{\color{red}{\text{renflement}}}{\color{blue}{\text{reserrement}}}$$

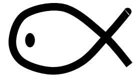
noté . . .

S. D. Poisson 1781–1840

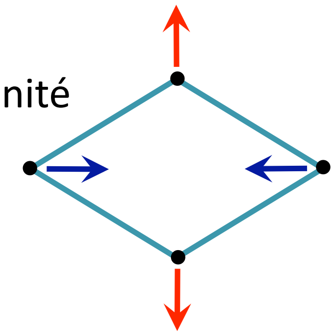


rapport de Poisson

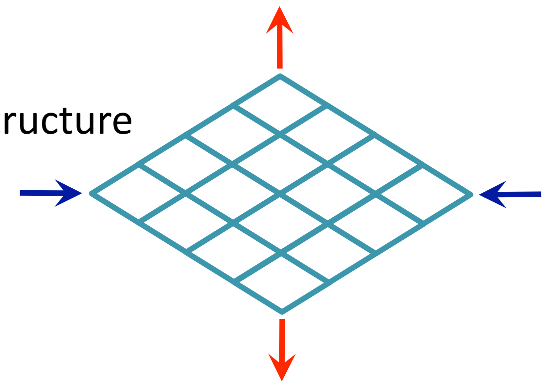
$$= \frac{\text{renflement}}{\text{reserrement}}$$

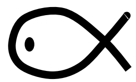
noté 

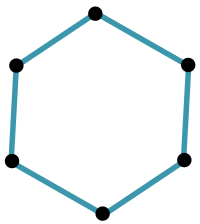
cellule unité

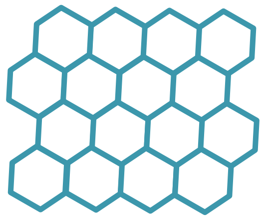


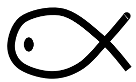
structure

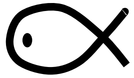


 > 0

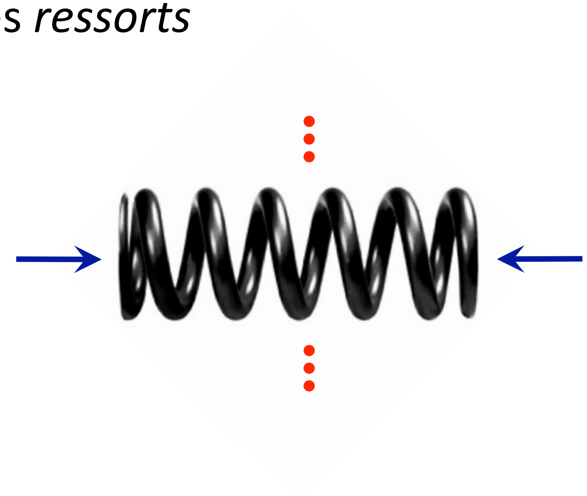


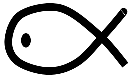


 > 0

Croyance traditionnelle :  > 0

Pour les *ressorts*



 ≈ 0 mais > 0 quand même .

L. LANDAU ET E. LIFCHITZ

PHYSIQUE THÉORIQUE

TOME

VII

ÉDITIONS MIR

MOSCOU 1967

L. LANDAU ET E. LIFCHITZ

THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ

ÉDITIONS MIR

MOSCOU 1967

Les composantes u_{xx} et u_{yy} déterminent la compression relative transversale de la barre. Le rapport de la compression transversale à l'allongement longitudinal est le *coefficient de Poisson* σ [1]:

$$u_{xx} = -\sigma u_{zz}, \tag{5,4}$$

où

$$\sigma = \frac{1}{2}\,\frac{3K-2\mu}{3K+\mu}. \tag{5,5}$$

K et μ étant toujours positifs, le coefficient de Poisson pour différentes matières ne peut varier qu'entre -1 (pour $K=0$) et $\frac{1}{2}$ (pour $\mu = 0$). Ainsi [2],

$$-1 \leqslant \sigma \leqslant \frac{1}{2}. \tag{5,6}$$

Enfin, l'accroissement relatif du volume de la barre en traction est

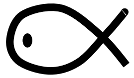
$$u_{ii} = p\,\frac{1}{3K}. \tag{5,7}$$

On peut écrire l'énergie libre de la barre distendue en utilisant directement la formule (4,10). Seule la composante σ_{zz} n'étant pas

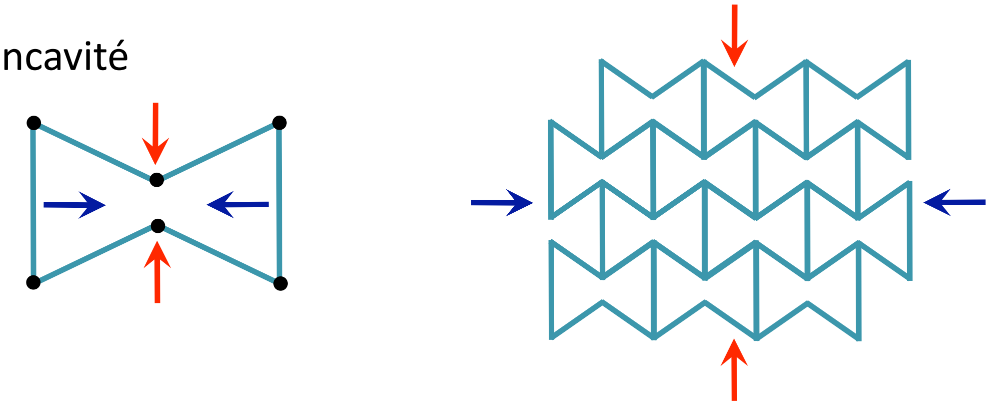
---

[1] La notation σ du coefficient de Poisson et σ_{ik} des composantes du tenseur des contraintes n'est pas ambiguë, vu la présence des indices.

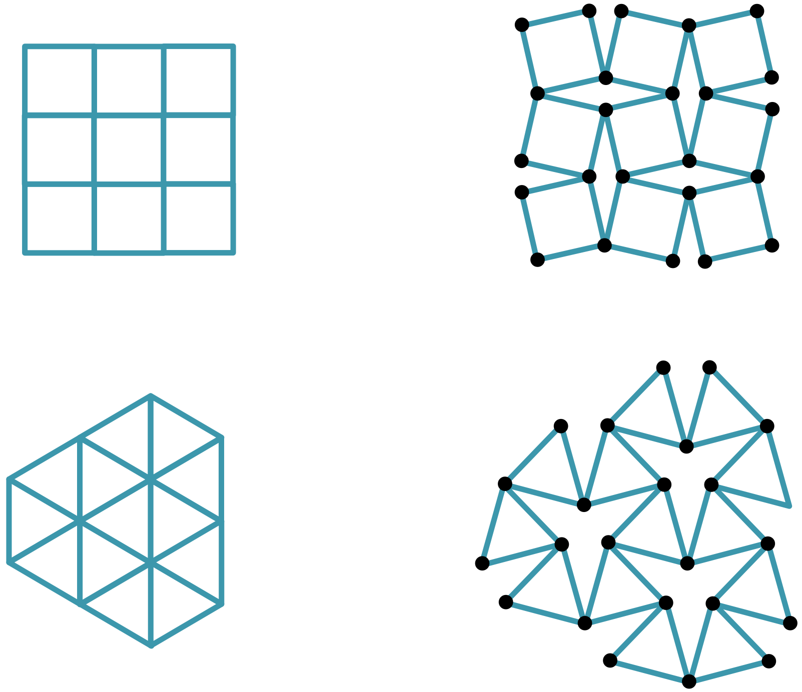
[2] En fait, le coefficient de Poisson ne varie qu'entre 0 et 1/2. On ne connaît pas de corps dans la nature pour lesquels $\sigma < 0$, c'est-à-dire qui enfleraient tout en s'allongeant. Signalons encore qu'à $\sigma > 0$ correspond $\lambda > 0$, λ étant le coefficient de Lamé figurant dans (4,1); autrement dit, les deux termes dans (4,1) sont en fait toujours positifs tout comme dans (4,3), bien que cela ne soit pas nécessaire aux termes de la thermodynamique. Les valeurs de σ voisines de 1/2 (caoutchouc par exemple) correspondent à un module de glissement petit à l'égard du module de compression.

Structures avec  < 0

par concavité



modèles à rotations alternées

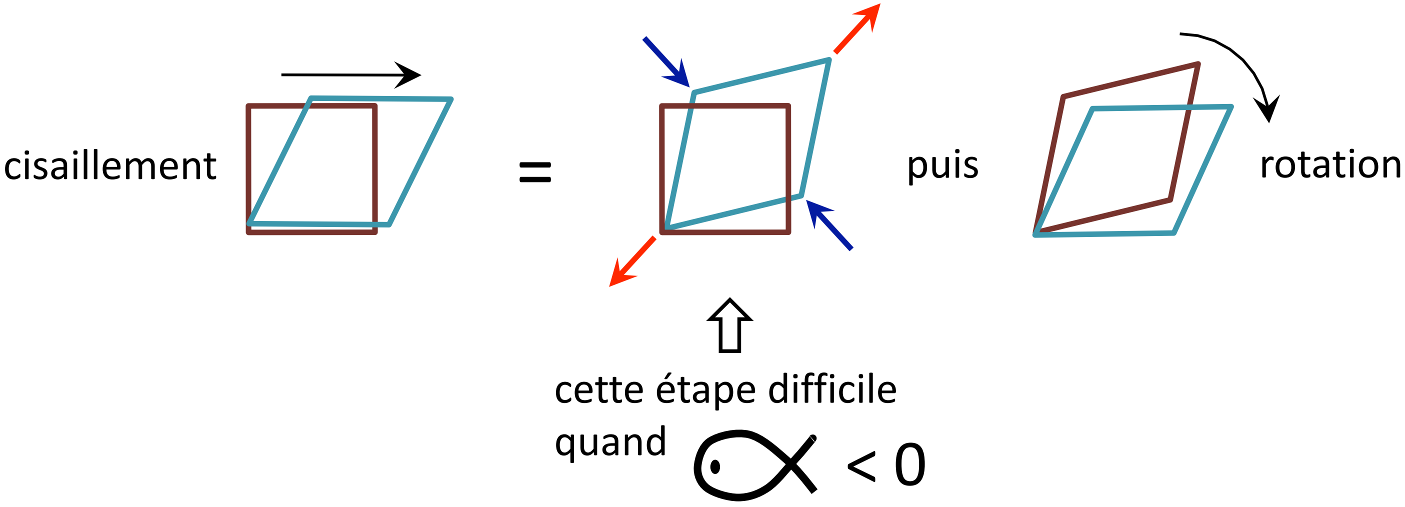


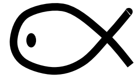
. . . versions 3D aussi disponibles

$-1 <$ 🐟 $< 1/2$

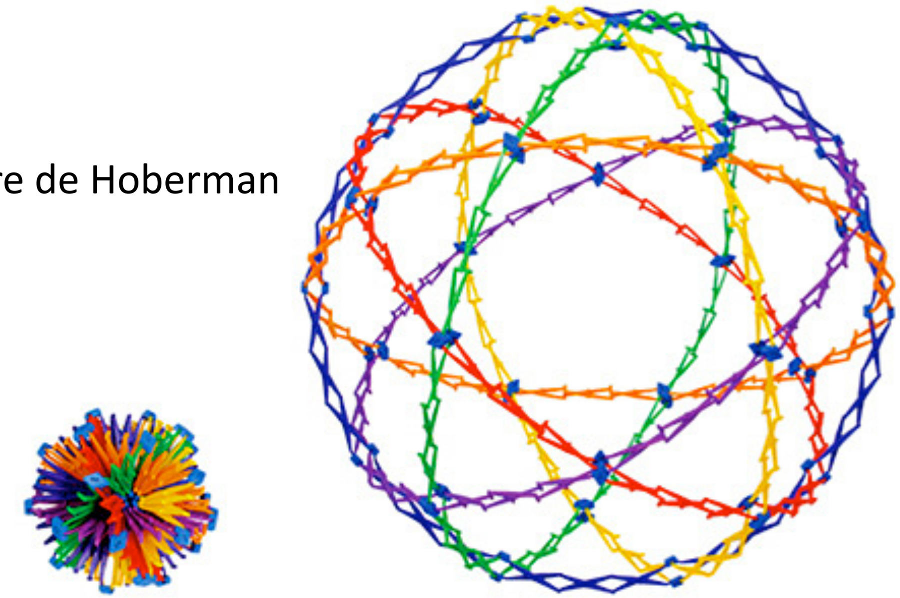
lim *incisaillable* lim incompressible

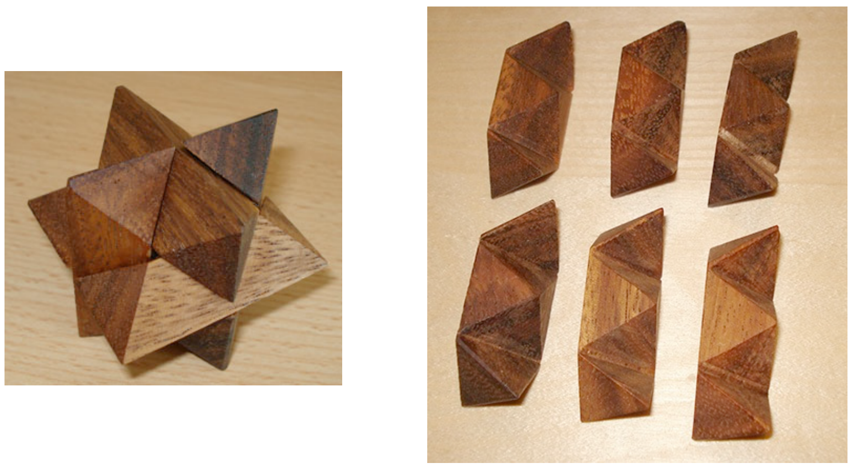
(factorisation polaire de toute matrice carrée = unitaire × hermitienne)



d’autres modèles avec  < 0

sphère de Hoberman



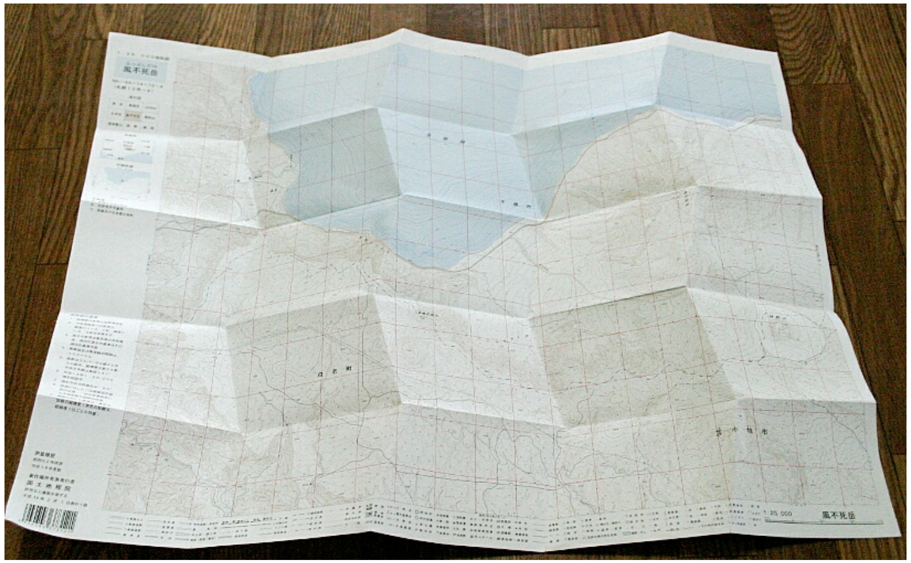


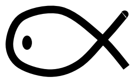
blocs glissants

三浦公亮

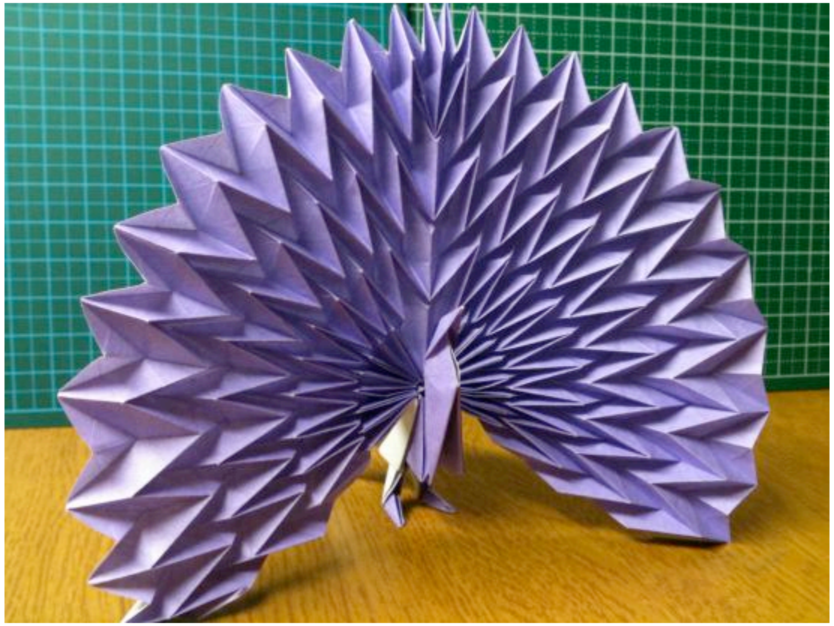
K. Miura 1930–

Miura ori < 0



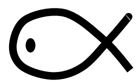
carte en Miura ori ,
facile à plier grâce à  < 0

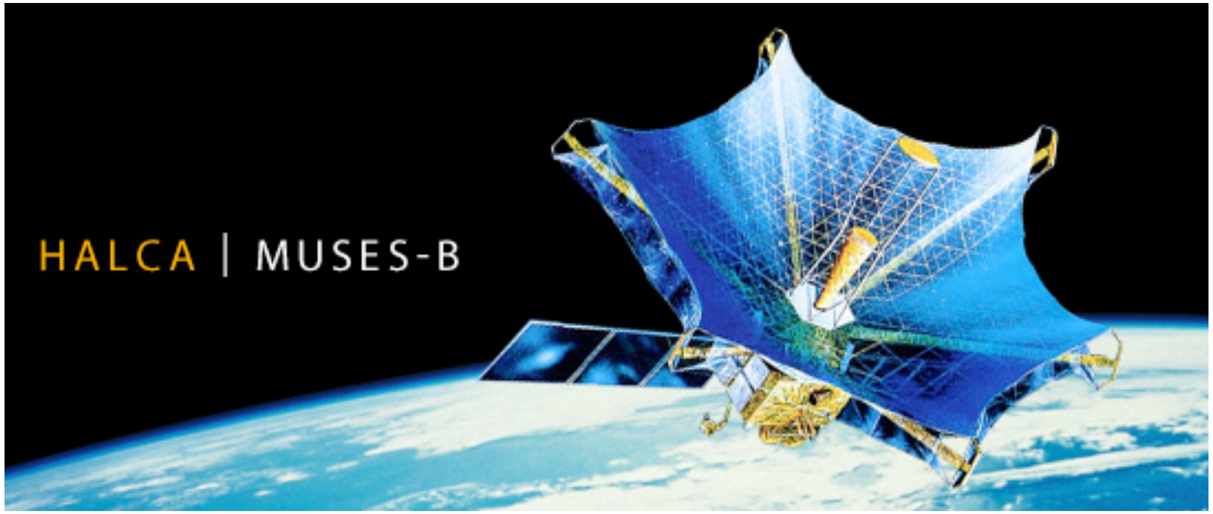
A l’ouverture , la pression intérieure tombe ,
la canette subit un *flambage* ,
et autour de sa taille apparaît un Miura ori .



paon avec des ailes escamotables

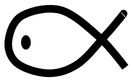
. . . un modèle en origami ,
mais la vraie *nature biologique* aussi
est pleine de

 < 0

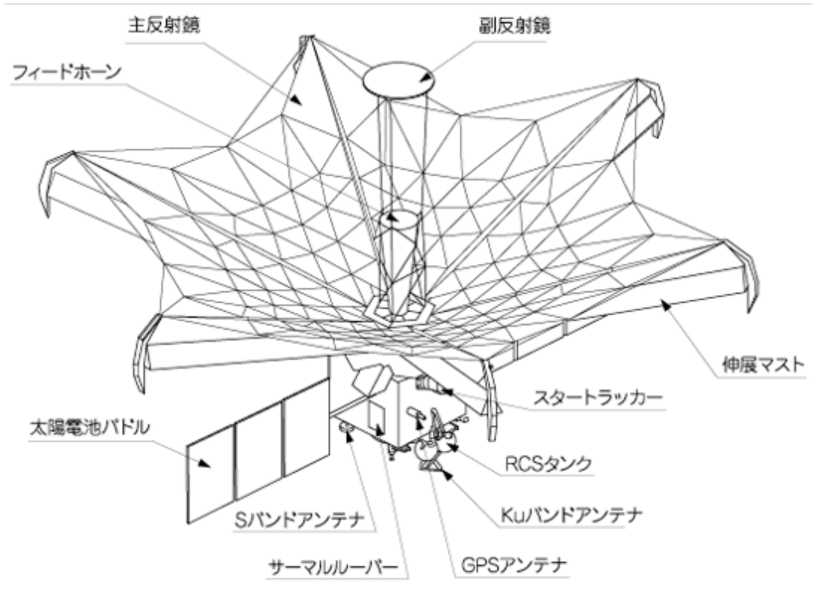


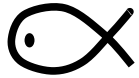
はるか

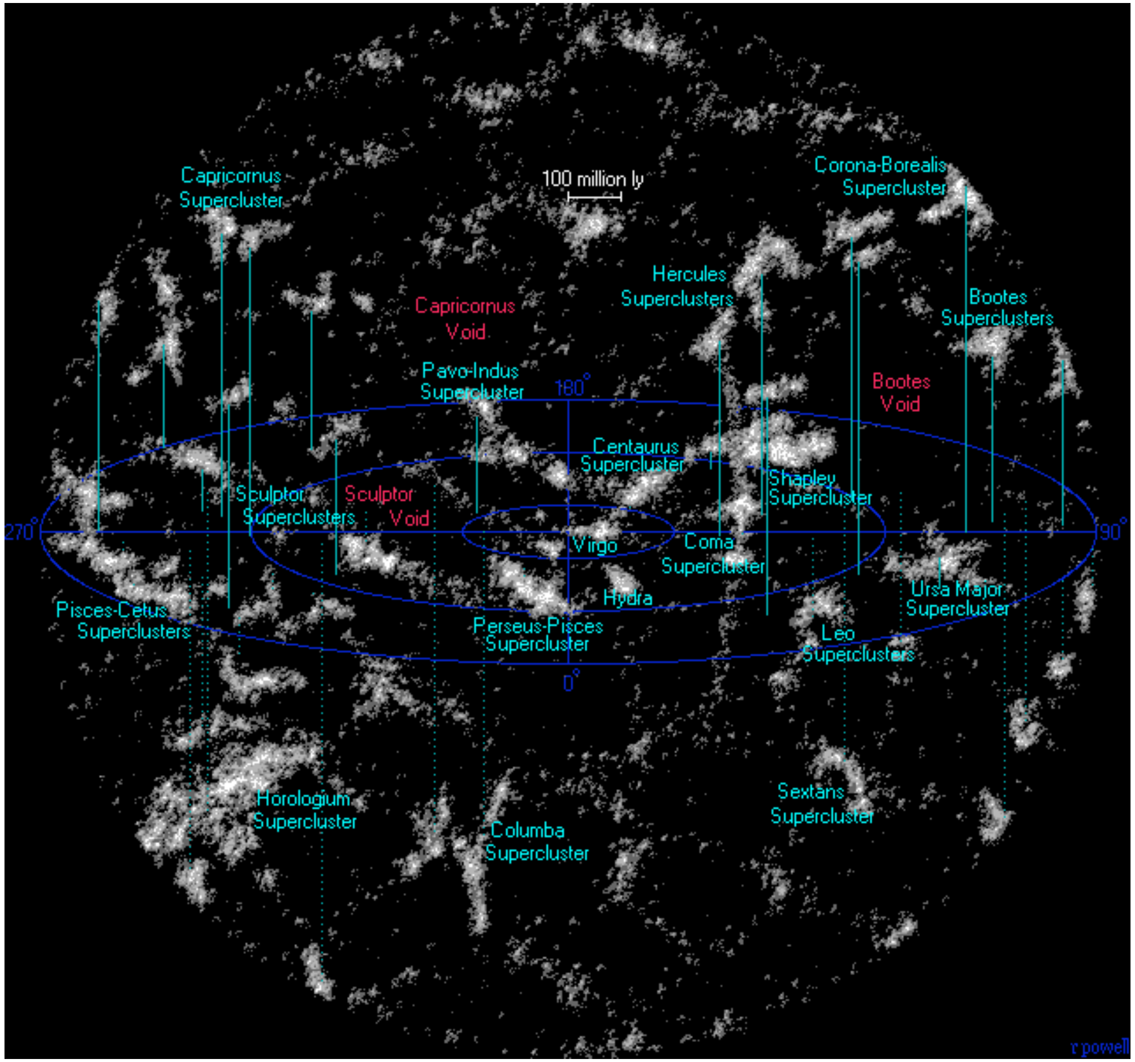
http://www.isas.ac.jp/e/enterp/missions/halca/index.shtml

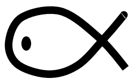
 < 0

panneau solaire
d'un satellite artificiel
lancé 12/2/1997



L'univers , qui se déplie de lui-même ——  < 0 ?



 < 0 surtout compatible avec
le scénario *hyperbolique* du modèle de Friedmann

1 exposé $\approx$ 50 minutes $=$ 3×10^3 sec

1 an $\approx$ **?** sec

1 exposé $\approx$ 50 minutes $=$ 3×10^3 sec

$\boxed{1 \text{ an} \approx \pi \times 10^7 \text{ sec} \quad (\text{erreur} < 0{,}4\ \%)}$

donc

1 siècle $\approx$ 3×10^9 sec

1 exposé $\approx$ 50 minutes $=$ 3×10^3 sec

$$\boxed{1 \text{ an} \approx \pi \times 10^7 \text{ sec} \quad (\text{erreur} < 0{,}4\ \%)}$$

donc

1 siècle $\approx$ 3×10^9 sec

$\Longrightarrow$ 1 exposé $\approx$ 1 micro-siècle

1 exposé $\approx$ 50 minutes $=$ 3×10^3 sec

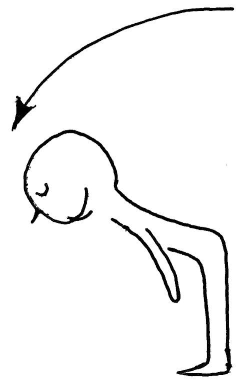
$\boxed{\text{1 an} \approx \pi \times 10^7 \text{ sec} \quad \text{(erreur < 0,4 \%)}}$

donc

1 siècle $\approx$ 3×10^9 sec

$\Longrightarrow$ 1 exposé $\approx$ 1 micro-siècle

Merci de votre compagnie
pendant ce micro-siècle



T^2