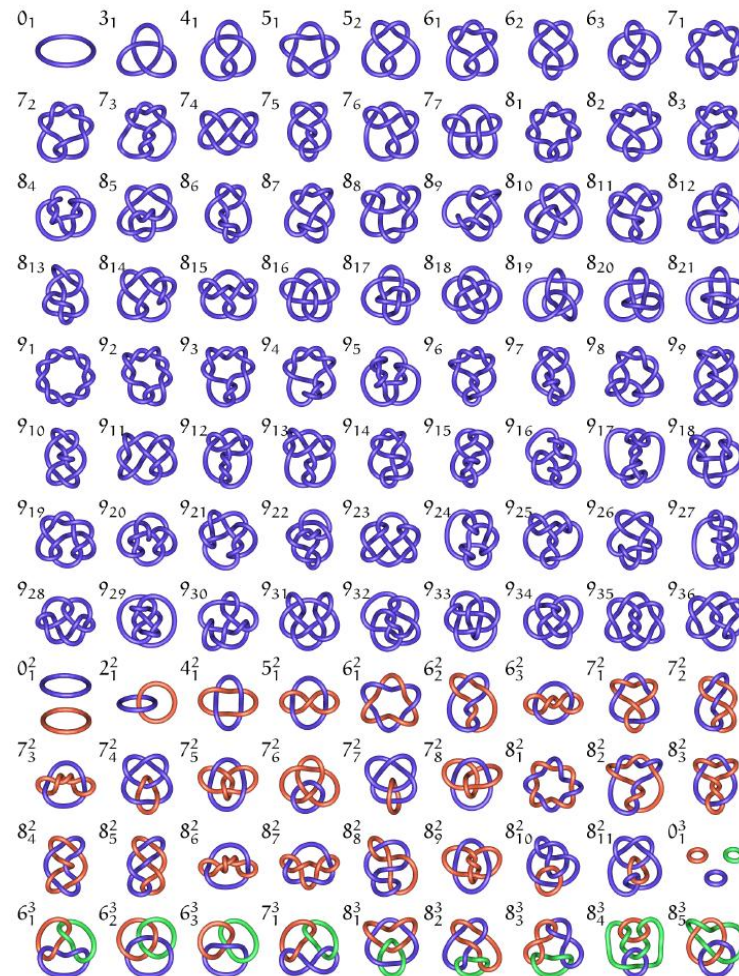


Le problème des nœuds :

un problème mal posé, dès le départ

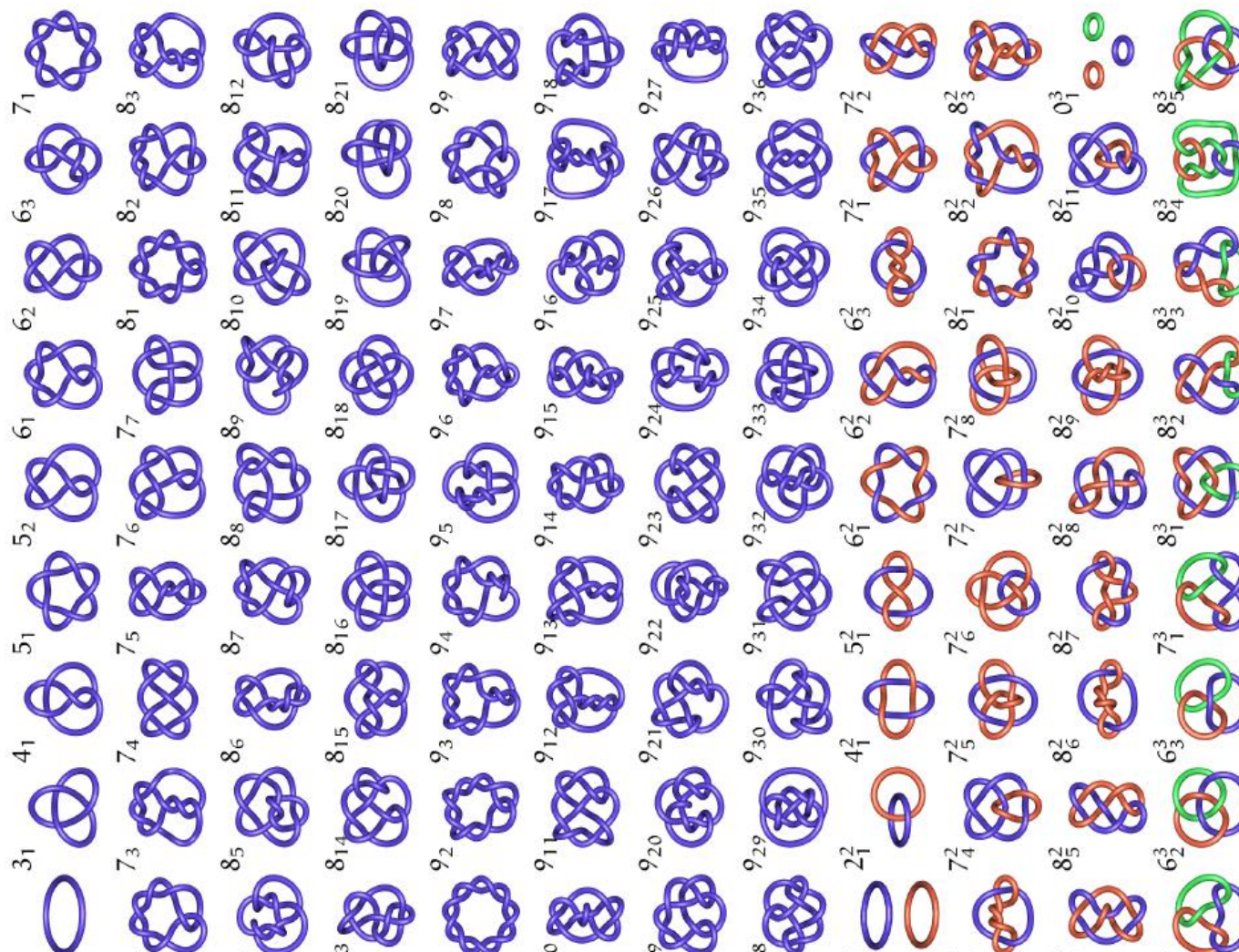
(Exposé *Michel Thomé* 11 avril 2013 - Kafémath)



Le problème des nœuds :

un problème mal posé, dès le départ

(Exposé *Michel Thomé* 11 avril 2013 - Kafémath)



Mathématiques et mathématiciens

*«Mathematics is a part of physics.
Physics is an experimental science, a part of
natural science.
Mathematics is the part of physics where
experiments are cheap.»*

Vladimir Arnold (1937-2010)

Mathématiques et mathématiciens

*«L'ange de la Topologie et le démon de l'Algèbre
se disputent éternellement l'âme de chaque
domaine mathématique.»*

Hermann Weyl (1885-1955)

Points de départ

(d'où partir - *et comment* – en limitant au maximum les erreurs de départ ?)

Le premier étoit de ne recevoir jamais aucune chose pour vraie que je ne la connusse évidemment être telle ; c'est-à-dire, d'éviter soigneusement la précipitation et la prévention, et de ne comprendre rien de plus en mes jugements que ce qui se présenteroit si clairement et si distinctement à mon esprit, que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute.

(Descartes, *Discours de la Méthode*)

Points de départ

(d'où partir - *et comment* – en limitant au maximum les erreurs de départ ?)

Le second, de diviser chacune des difficultés que j'examinerois, en autant de parcelles qu'il se pourroit, et qu'il seroit requis pour les mieux résoudre.

(Descartes, *Discours de la Méthode*)

Points de départ

(d'où partir - *et comment* – en limitant au maximum les erreurs de départ ?)

Le troisième, de conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connoître, pour monter peu à peu comme par degrés jusques à la connoissance des plus composés, et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres.

(Descartes, *Discours de la Méthode*)

Points de départ

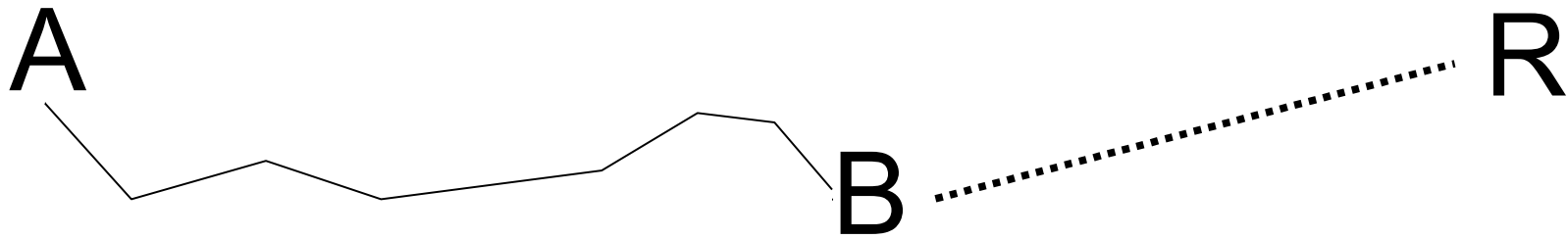
(d'où partir - *et comment* – en limitant au maximum les erreurs de départ ?)

Et le dernier, de faire partout des dénombrements si entiers et des revues si générales, que je fusse assuré de ne rien omettre.

(Descartes, *Discours de la Méthode*)

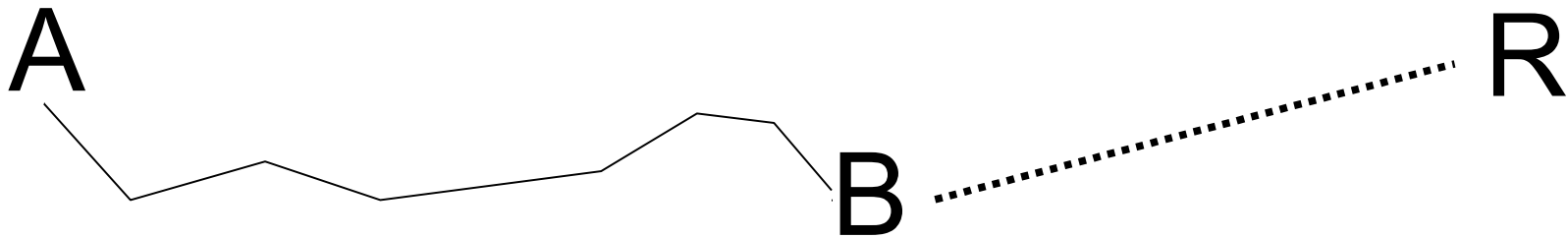
Les *points* de départ (A)

Aller de A en B pour atteindre R



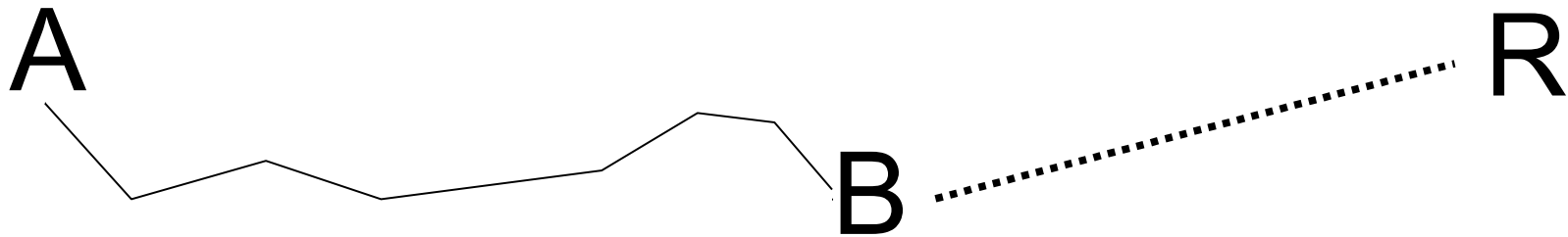
Les *points* d'arrivée (B)

Aller de A en B pour atteindre R



Les *points visés* (R)

Aller de A en B pour atteindre R



Le réductionnisme : un exemple, le tableau périodique des éléments chimiques

Tableau périodique des éléments

Groupe → 1 2 13 14 15 16 17 18
 Période ↓ IA IIA IIIA IVA VA VIA VIIA VIIIA

← nom de l'élément (gaz, liquide ou solide à 0°C et 101,3 kPa)
 ← numéro atomique
 ← symbole chimique
 ← masse atomique relative ou [celle de l'isotope le plus stable]

1	hydrogène 1 H 1,00794																hélium 2 He 4,002602		
2	lithium 3 Li 6,941	beryllium 4 Be 9,012182											boré 5 B 10,811	carbone 6 C 12,0107	azote 7 N 14,00674	oxygène 8 O 15,9994	fluor 9 F 18,9984032	néon 10 Ne 20,1797	
3	sodium 11 Na 22,98976928	magnésium 12 Mg 24,3050											aluminium 13 Al 26,9815386	silicium 14 Si 28,0855	phosphore 15 P 30,973762	soufre 16 S 32,060	chloré 17 Cl 35,4527	argon 18 Ar 39,948	
4	potassium 19 K 39,0983	calcium 20 Ca 40,078	scandium 21 Sc 44,955912	titane 22 Ti 47,867	vanadium 23 V 50,9415	chrome 24 Cr 51,9961	manganèse 25 Mn 54,938045	fer 26 Fe 55,845	cobalt 27 Co 58,933195	nickel 28 Ni 58,6934	cuivre 29 Cu 63,546	zinc 30 Zn 65,39	galium 31 Ga 69,723	germanium 32 Ge 72,61	arsenic 33 As 74,92160	sélénium 34 Se 78,96	brome 35 Br 79,904	krypton 36 Kr 83,80	
5	rubidium 37 Rb 85,4678	strontium 38 Sr 87,62	yttrium 39 Y 88,90585	zirconium 40 Zr 91,224	niobium 41 Nb 92,90638	molybdène 42 Mo 95,94	technétium 43 Tc 97,9072	ruthénium 44 Ru 101,07	rhodium 45 Rh 102,90550	paladium 46 Pd 106,42	argent 47 Ag 107,8682	cadmium 48 Cd 112,411	indium 49 In 114,818	étain 50 Sn 118,710	antimoine 51 Sb 121,760	tellure 52 Te 127,60	iode 53 I 126,90447	xénon 54 Xe 131,29	
6	césium 55 Cs 132,9054519	barium 56 Ba 137,327	lanthanides 57-71		hafnium 72 Hf 178,49	tantalum 73 Ta 180,94788	tungstène 74 W 183,84	rhenium 75 Re 186,207	osmium 76 Os 190,23	iridium 77 Ir 192,217	platine 78 Pt 195,084	or 79 Au 196,966569	mercure 80 Hg 200,59	thallium 81 Tl 204,3833	plomb 82 Pb 207,2	bismuth 83 Bi 208,98040	polonium 84 Po [209,9871]	astate 85 At [209,9871]	radon 86 Rn [222,0176]
7	francium 87 Fr [223,0197]	radium 88 Ra [226,0254]	actinides 89-103		rutherfordium 104 Rf [261,1125]	dubnium 105 Db [262,1144]	seaborgium 106 Sg [266,1219]	bohrium 107 Bh [264,1247]	hassium 108 Hs [269,1341]	meitnium 109 Mt [268,1358]	darmstadtium 110 Ds [272,1463]	roentgenium 111 Rg [272,1535]	copernicium 112 Cn [277]	ununtrium 113 Uut [284]	flérovium 114 Fl [289]	unpentium 115 Uup [288]	livermorium 116 Lv [292]	tennessine 117 Ts [294]	oganesson 118 Og [294]
			lanthane 57 La 138,90547	cérium 58 Ce 140,116	praseodyme 59 Pr 140,90768	néodyme 60 Nd 144,242	prométhium 61 Pm [144,9127]	europium 62 Eu 150,36	gadolinium 63 Gd 151,964	terbium 64 Tb 157,25	erbium 65 Er 158,92535	dysprosium 66 Dy 162,500	holmium 67 Ho 164,93032	ytterbium 68 Yb 167,259	thulium 69 Tm 168,93421	ytterbium 70 Yb 173,04	lutécium 71 Lu 174,967		
			actinium 89 Ac [227,0277]	thorium 90 Th 232,03806	protactinium 91 Pa 231,03688	uranium 92 U 238,02891	neptunium 93 Np [237,0482]	plutonium 94 Pu [244,0942]	américium 95 Am [243,0614]	curium 96 Cm [247,0703]	berkélium 97 Bk [247,0703]	californium 98 Cf [251,0796]	éinsteinium 99 Es [252,0830]	fermium 100 Fm [257,0951]	mendelevium 101 Md [258,0984]	nobelium 102 No [259,1011]	lawrencium 103 Lr [262,1101]		

métaux alcalins alcalino-terreux lanthanides actinides métaux de transition métaux pauvres métaux lourds non-métaux halogènes gaz nobles primordial découvert par irradiation d'autres éléments synthétisés

L'exemple du tableau périodique des éléments chimiques

CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

6 CHIFFRES SIGNIFICATIFS, MASSES ATOMIQUES DES ISOTOPES LES PLUS STABLES ENTRE ACCOLES.

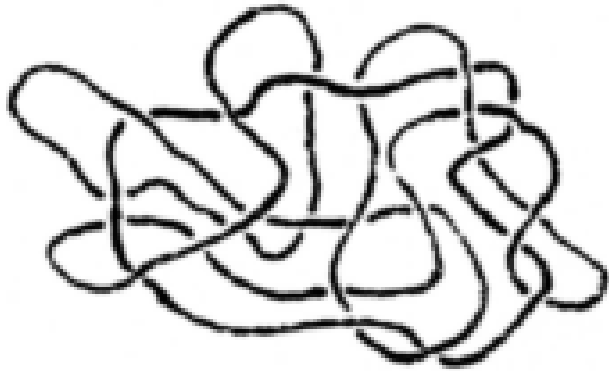
1 IA	1,00794 H <i>Hydrogène</i>	2 IIA	4,0026 He <i>Hélium</i>		18 VIIIA												
3 6,941 Li <i>Lithium</i>	4 9,01218 Be <i>Béryllium</i>	2 12,0107 C <i>Carbone</i>	14 IVA	SYMBOLE : C NOM DE L'ÉLÉMENT : CARBONE NUMÉRO ATOMIQUE : 6 MASSE ATOMIQUE : 12,0107 GROUPE : 14 (IUPAC) - IVA (CAS) PÉRIODE : 2	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA							
11 22,9898 Na <i>Sodium</i>	12 24,305 Mg <i>Magnésium</i>	13 26,9815 Al <i>Aluminium</i>	14 28,0855 Si <i>Silicium</i>	15 30,9738 P <i>Phosphore</i>	16 32,065 S <i>Soufre</i>	17 35,453 Cl <i>Chlore</i>	18 39,948 Ar <i>Argon</i>	5 10,811 B <i>Bore</i>	6 12,0107 C <i>Carbone</i>	7 14,0067 N <i>Azote</i>	8 15,9994 O <i>Oxygène</i>	9 18,9984 F <i>Fluor</i>	10 20,1797 Ne <i>Neon</i>				
19 39,0983 K <i>Potassium</i>	20 40,078 Ca <i>Calcium</i>	21 44,9559 Sc <i>Scandium</i>	22 47,867 Ti <i>Titane</i>	23 50,9415 V <i>Vanadium</i>	24 51,9961 Cr <i>Chrome</i>	25 54,9380 Mn <i>Manganèse</i>	26 55,845 Fe <i>Fer</i>	27 58,9332 Co <i>Cobalt</i>	28 58,6934 Ni <i>Nickel</i>	29 63,546 Cu <i>Cuivre</i>	30 65,38 Zn <i>Zinc</i>	31 69,723 Ga <i>Gallium</i>	32 72,63 Ge <i>Germanium</i>	33 74,9216 As <i>Arsenic</i>	34 78,96 Se <i>Sélénium</i>	35 79,904 Br <i>Brome</i>	36 83,798 Kr <i>Krypton</i>
37 85,4678 Rb <i>Rubidium</i>	38 87,62 Sr <i>Strontium</i>	39 88,9058 Y <i>Yttrium</i>	40 91,224 Zr <i>Zirconium</i>	41 92,9064 Nb <i>Niobium</i>	42 95,96 Mo <i>Molybdène</i>	43 98 Tc <i>Technetium</i>	44 101,07 Ru <i>Ruthénium</i>	45 102,905 Rh <i>Rhodium</i>	46 106,42 Pd <i>Palladium</i>	47 107,868 Ag <i>Argent</i>	48 112,411 Cd <i>Cadmium</i>	49 114,818 In <i>Indium</i>	50 118,71 Sn <i>Étain</i>	51 121,76 Sb <i>Antimoine</i>	52 127,6 Te <i>Tellure</i>	53 126,905 I <i>Iode</i>	54 131,293 Xe <i>Xénon</i>
55 132,905 Cs <i>Césium</i>	56 137,327 Ba <i>Barium</i>	72 178,49 Hf <i>Hafnium</i>	73 180,948 Ta <i>Tantalum</i>	74 183,84 W <i>Tungstène</i>	75 186,207 Re <i>Rhénium</i>	76 190,23 Os <i>Osmium</i>	77 192,217 Ir <i>Iridium</i>	78 195,084 Pt <i>Platine</i>	79 196,967 Au <i>Or</i>	80 200,59 Hg <i>Mercure</i>	81 204,383 Tl <i>Thallium</i>	82 207,2 Pb <i>Plomb</i>	83 208,98 Bi <i>Bismuth</i>	84 209 Po <i>Polonium</i>	85 210 At <i>Astato</i>	86 222 Rn <i>Radon</i>	
87 223 Fr <i>Francium</i>	88 226 Ra <i>Radium</i>	104 266 Rf <i>Rutherfordium</i>	105 268 Db <i>Dubnium</i>	106 269 Sg <i>Seaborgium</i>	107 270 Bh <i>Berkelium</i>	108 269 Hs <i>Hassium</i>	109 278 Mt <i>Moscovium</i>	110 279 Ds <i>Darmstadtium</i>	111 281 Rg <i>Röntgenium</i>	112 285 Cn <i>Copernicium</i>	113 284 Uut <i>Ununtrium</i>	114 289 Fl <i>Flerovium</i>	115 288 Uup <i>Ununpentium</i>	116 293 Lv <i>Livermorium</i>	117 294 Uus <i>Ununseptium</i>	118 294 Uuo <i>Ununoctium</i>	
57 138,906 La <i>Lanthane</i>	58 140,916 Ce <i>Cérium</i>	59 140,908 Pr <i>Praseodyme</i>	60 144,242 Nd <i>Néodyme</i>	61 145 Pm <i>Prométhée</i>	62 150,36 Sm <i>Samarium</i>	63 151,964 Eu <i>Eurélium</i>	64 157,25 Gd <i>Gadolinium</i>	65 158,925 Tb <i>Terbium</i>	66 162,5 Dy <i>Dysprosium</i>	67 164,930 Ho <i>Holmium</i>	68 167,259 Er <i>Erbium</i>	69 168,934 Tm <i>Thulium</i>	70 173,054 Yb <i>Ytterbium</i>	71 174,967 Lu <i>Lutécium</i>			
89 227 Ac <i>Actinium</i>	90 232,038 Th <i>Thorium</i>	91 231,036 Pa <i>Protactinium</i>	92 238,029 U <i>Uranium</i>	93 237 Np <i>Neptunium</i>	94 244 Pu <i>Plutonium</i>	95 243 Am <i>Americium</i>	96 247 Cm <i>Curium</i>	97 247 Bk <i>Berkelium</i>	98 251 Cf <i>Californium</i>	99 252 Es <i>Einsteinium</i>	100 257 Fm <i>Fermium</i>	101 258 Md <i>Mendelevium</i>	102 259 No <i>Nobelium</i>	103 262 Lr <i>Lawrencium</i>			

L'exemple de la suite des nombres premiers

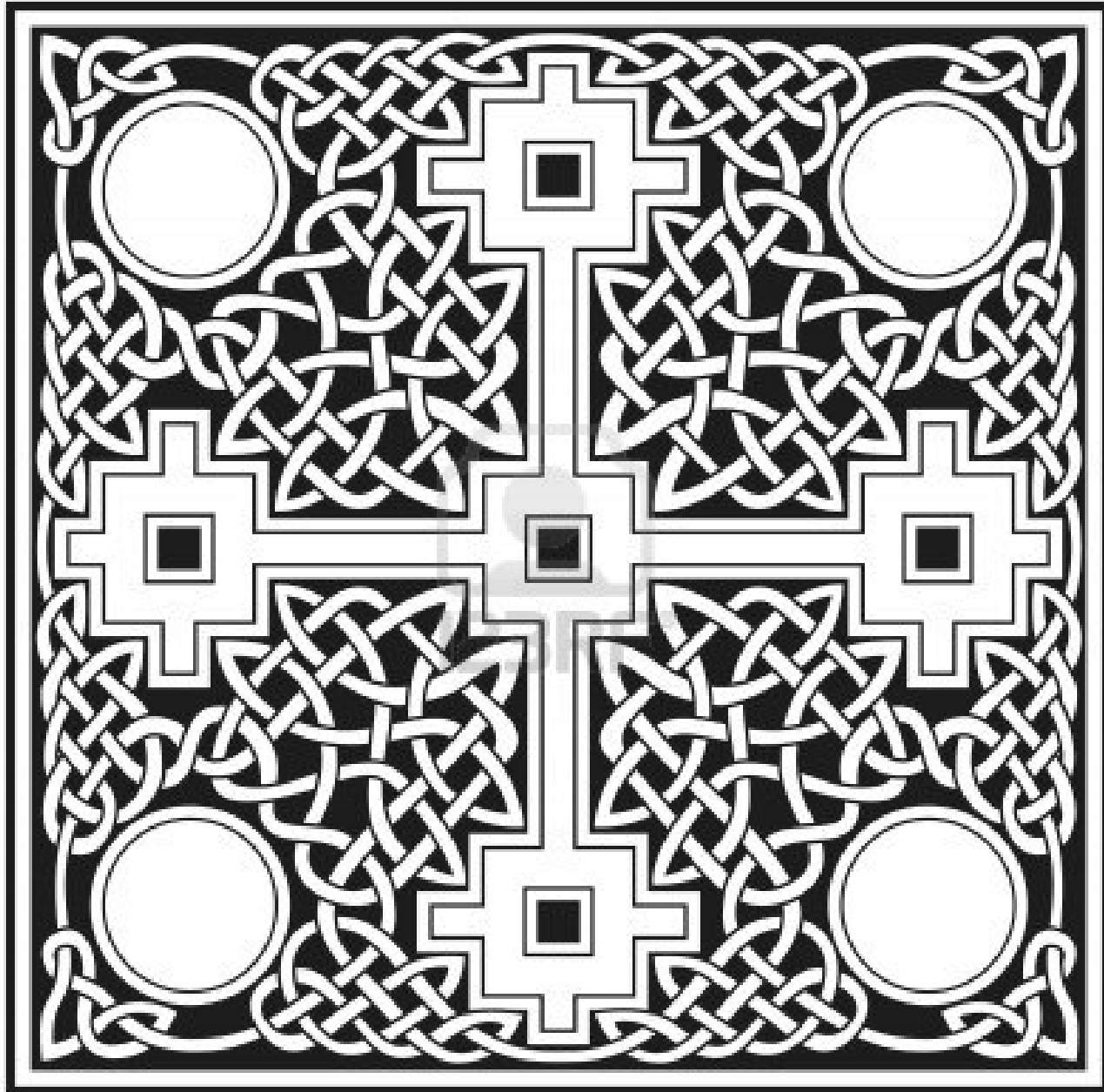
2 | 3 | 5 | 7 | 11 | 13 | 17 | 19 | 23 | 29 | 31 | 37 | 41 | 43 |
47 | 53 | 59 | 61 | 67 | 71 | 73 | 79 | 83 | 89 | 97 | 101 | 103 |
107 | 109 | 113 | 127 | 131 | 137 | 139 | 149 | 151 | 157 | 163 |
167 | 173 | 179 | 181 | 191 | 193 | 197 | 199 | 211 | 223 | 227 |
229 | 233 | 239 | 241 | 251 | 257 | 263 | 269 | 271 | 277 | 281 |
283 | 293 | 307 | 311 | 313 | 317 | 331 | 337 | 347 | 349 | 353 |
359 | 367 | 373 | 379 | 383 | 389 | 397 | 401 | 409 | 419 | 421 |
431 | 433 | 439 | 443 | 449 | 457 | 461 | 463 | 467 | 479 | 487 |
491 | 499 | 503 | 509 | 521 | 523 | 541 | 547 | 557 | 563 | 569 |
571 | 577 | 587 | 593 | 599 | 601 | 607 | 613 | 617 | 619 | 631 |
641 | 643 | 647 | 653 | 659 | 661 | 673 | 677 | 683 | 691 | 701 |
709 | 719 | 727 | 733 | 739 | 743 | 751 | 757 | 761 | 769 | 773 |
787 | 797 | 809 | 811 | 821 | 823 | 827 | 829 | 839 | 853 | 857 |
859 | 863 | 877 | 881 | 883 | 887 | 907 | 911 | 919 | 929 | 937 |
941 | 947 | 953 | 967 | 971 | 977 | 983 | 991 | 997 | 1009 | 1013 |
1019 | 1021 | 1031 | 1033 | 1039 | 1049 | 1051 | 1061 | 1063 |
1069 | 1087 | 1091 | 1093 | 1097 | 1103 | 1109 | 1117 | 1123 |
1129 | 1151 | 1153 | 1163 | 1171 | 1181 | 1187 | 1193 | 1201 |
1213 | 1217 | 1223 | 1229 | 1231 | 1237 | 1249 | 1259 | 1277 |
1279 | 1283 | 1289 | 1291 | 1297 | 1301 | 1303 | 1307 | 1319 |
1321 | 1327 | 1361 | 1367 | 1373 | 1381 | 1399 | 1409 | 1423 |
1427 | 1429 | 1433 | 1439 | 1447 | 1451 | 1453 | 1459 | 1471 |
1481 | 1483 | 1487 | 1489 | 1493 | 1499 | 1511 | 1523 | 1531 |
1543 | 1549 | 1553 | 1559 | 1567 | 1571 | 1579 | 1583 | 1597 |
1601 | 1607 | 1609 | 1613 | 1619 | 1621 | 1627 | 1637 | 1657 |
1663 | 1667 | 1669 | 1693 | 1697 | 1699 | 1709 | 1721 | 1723 |
1733 | 1741 | 1747 | 1753 | 1759 | 1777 | 1783 | 1787 | 1789 |
1801 | 1811 | 1823 | 1831 | 1847 | 1861 | 1867 | 1871 | 1873 |
1877 | 1879 | 1889 | 1901 | 1907 | 1913 | 1931 | 1933 | 1949 |
1951 | 1973 | 1979 | 1987 | 1993 | 1997 | 1999 | 2003 | 2011 | 2017

(306 primes)

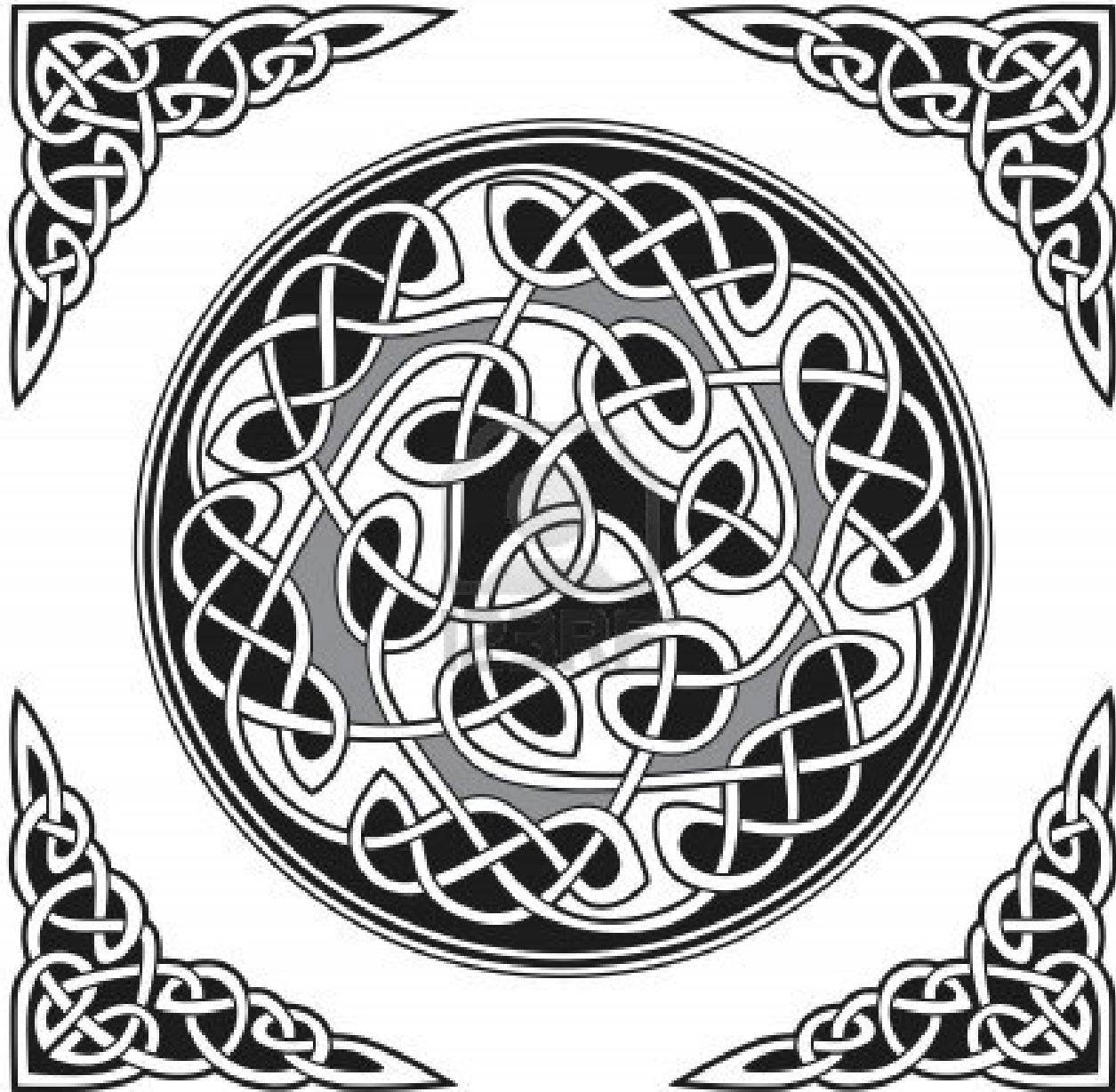
A quoi ressemble un nœud ?



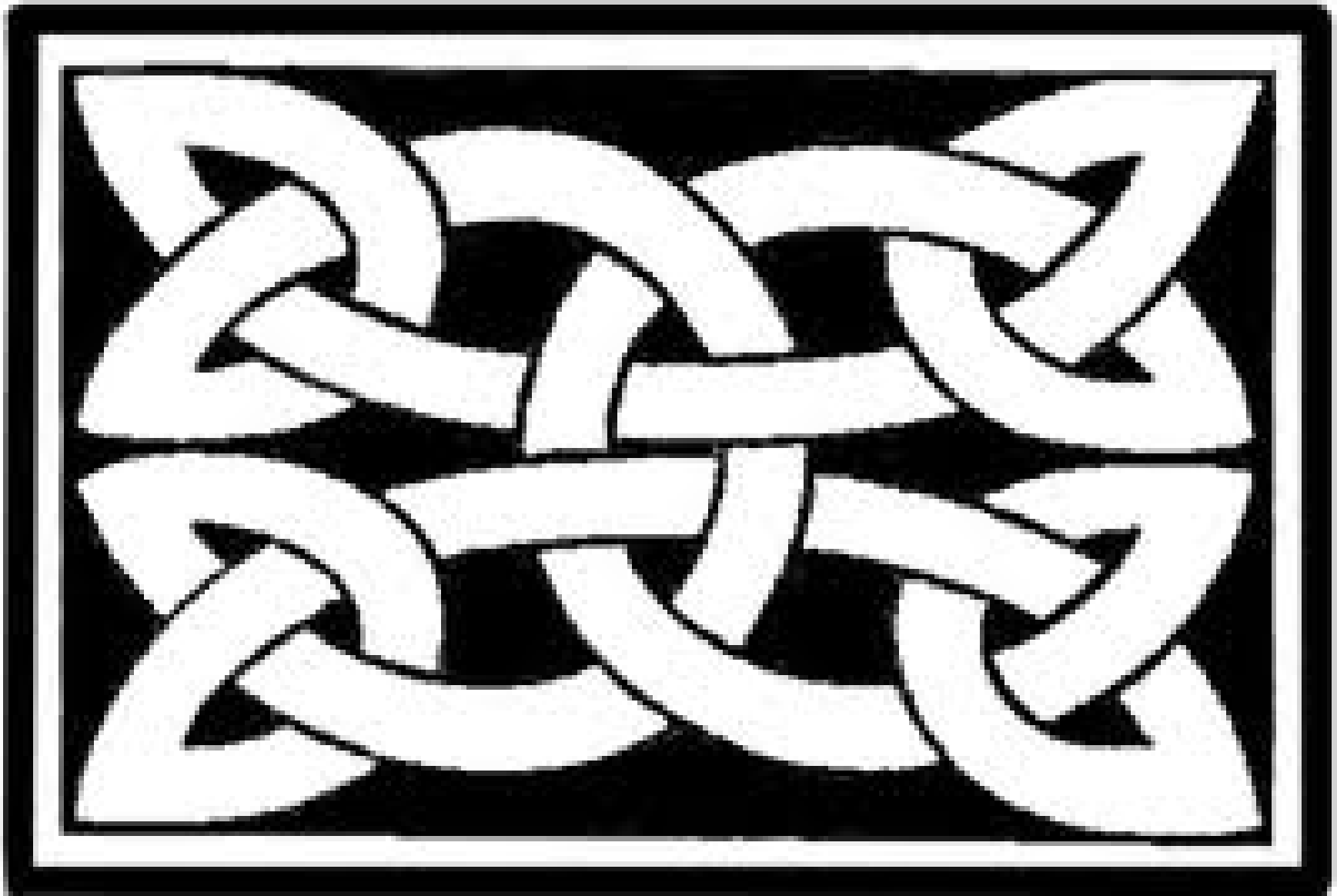
Art celtique



Art celtique



Art celtique



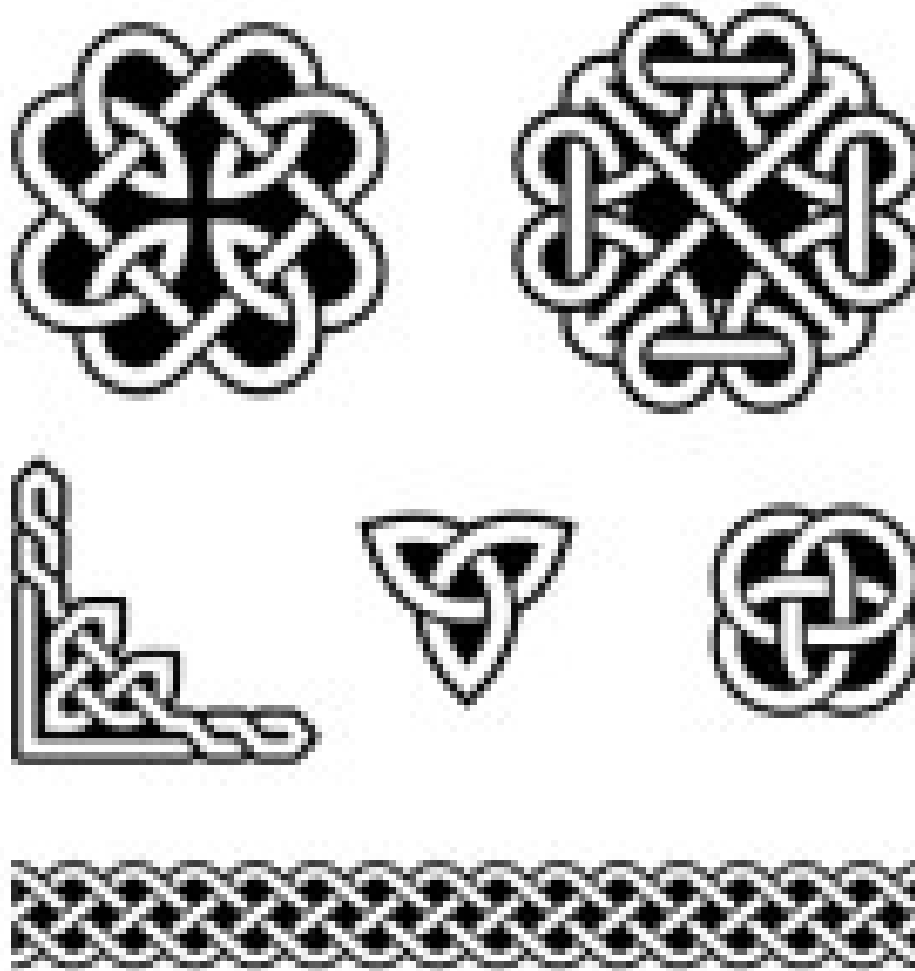
Art celtique



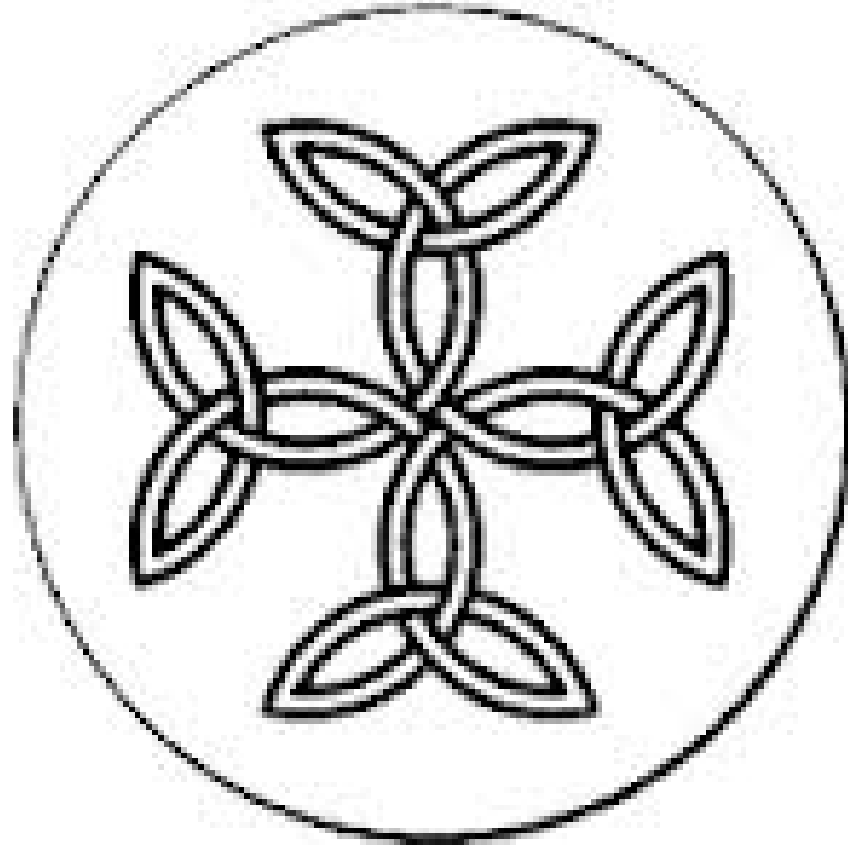
Art celtique



Art celtique



Art celtique



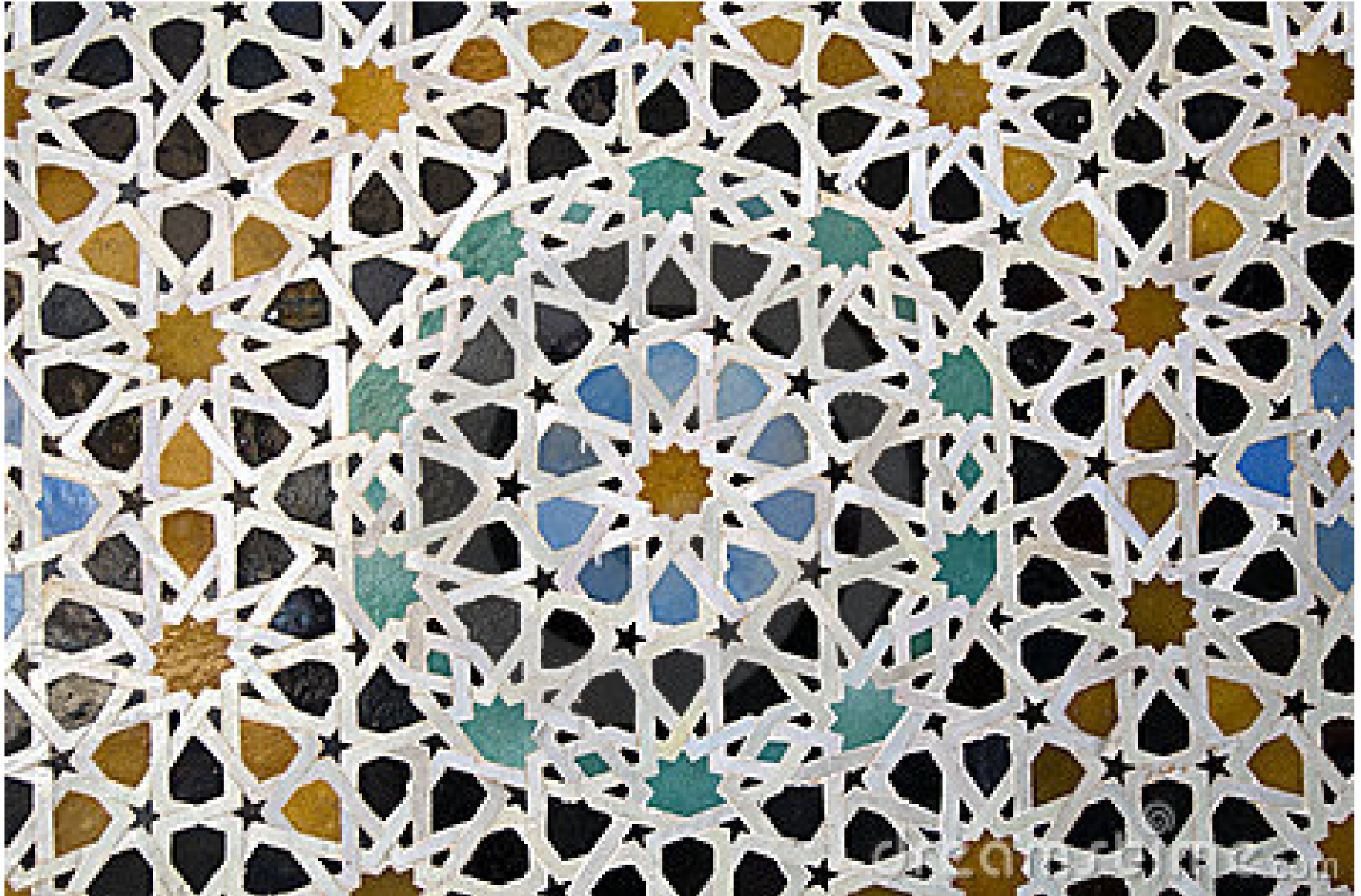
Art celtique



Art celtique



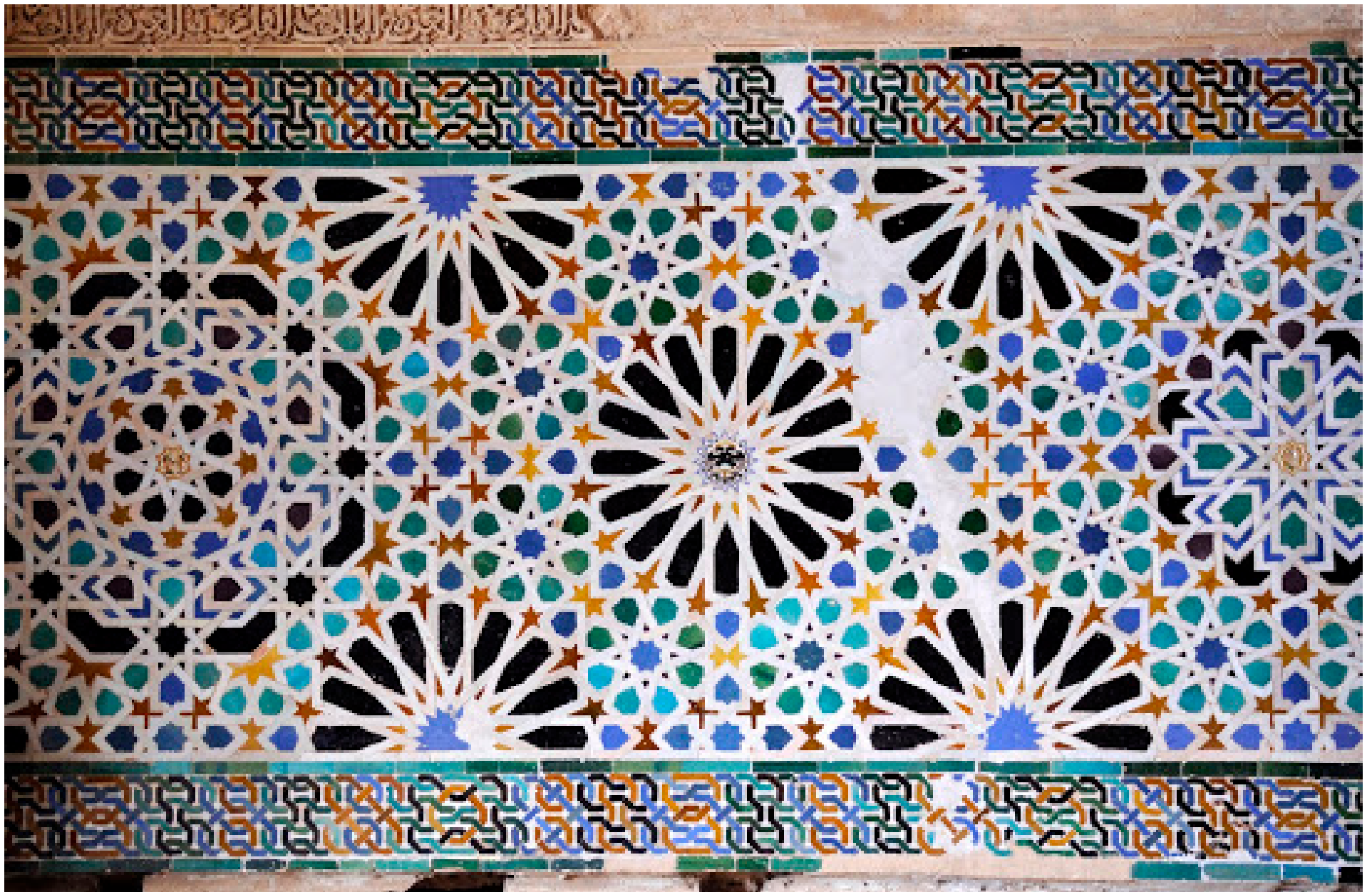
Art arabo-andalou-persan



Art arabo-andalou-persan



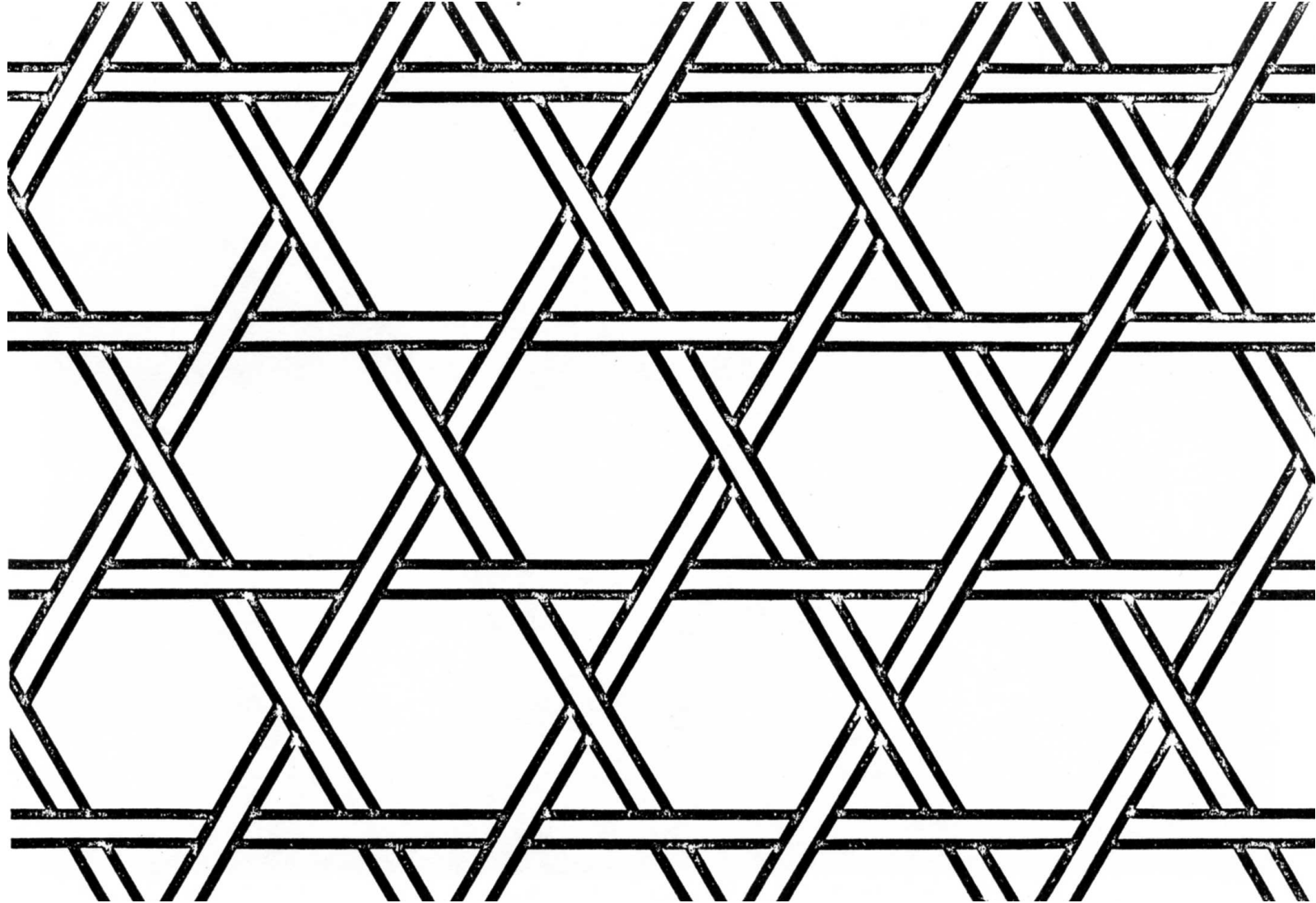
Art arabo-andalou-persan



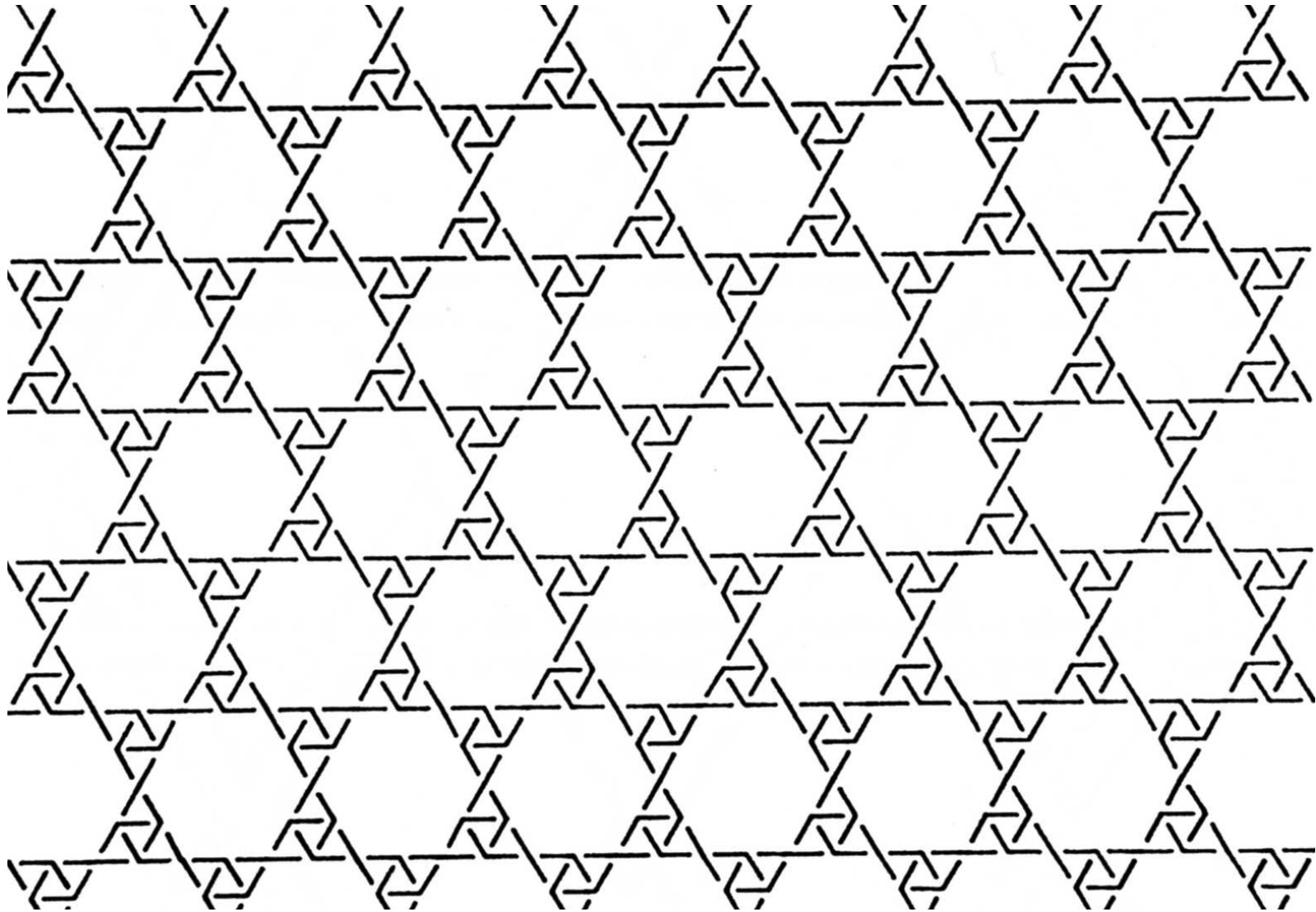
Art arabo-andalou-persan



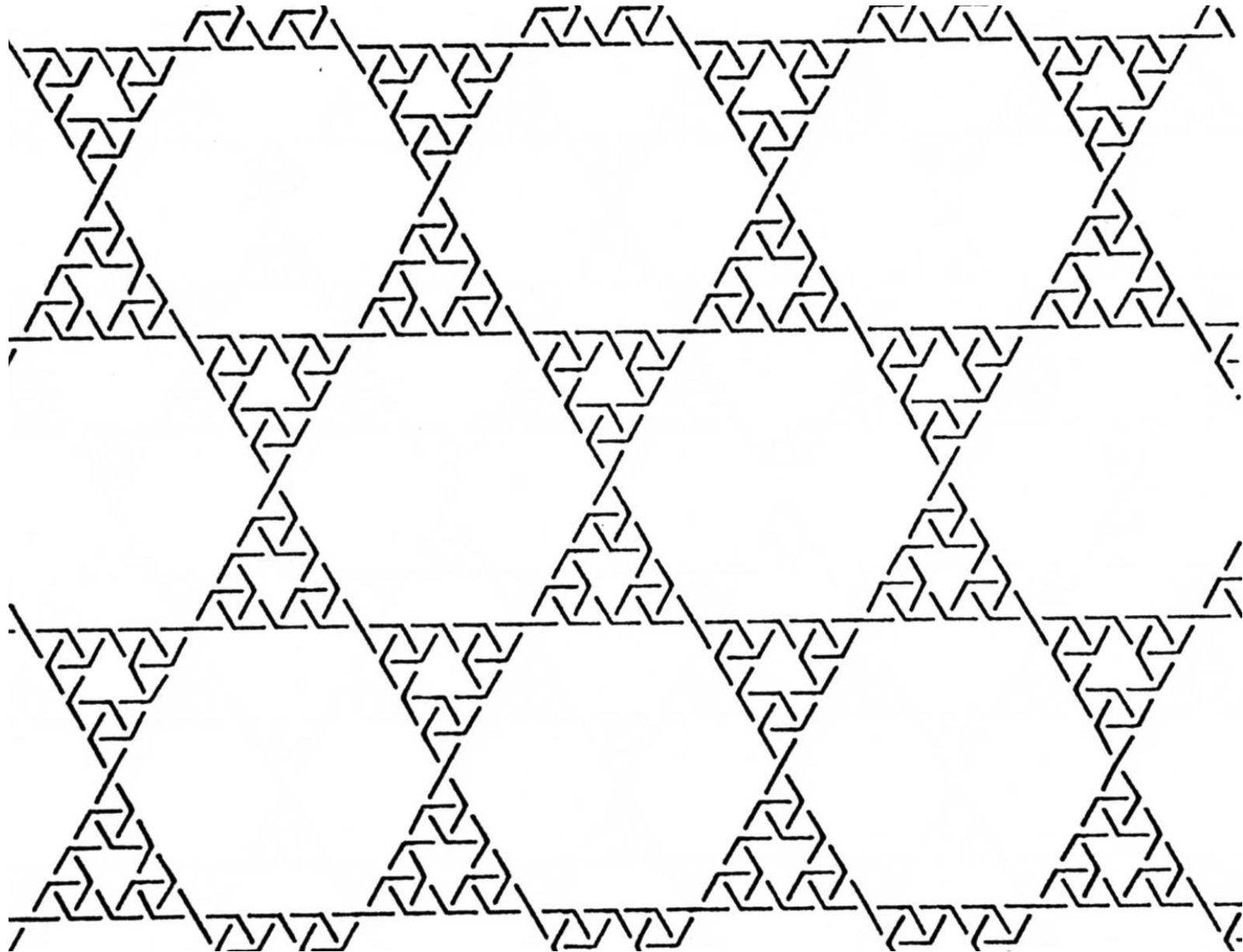
Artisanat (suite) : famille fractale d'un tissu boroméen



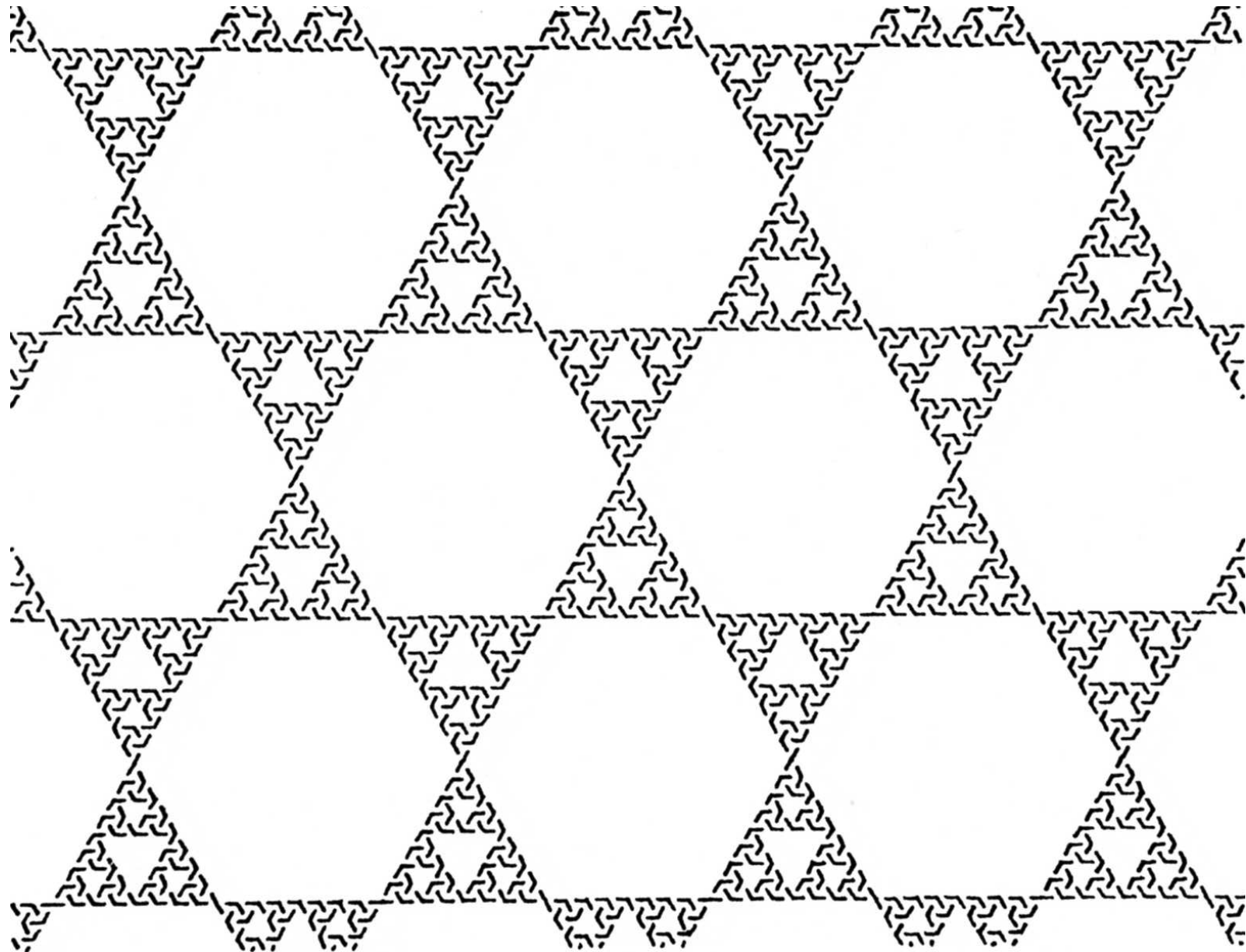
Artisanat (tissu boroméen)



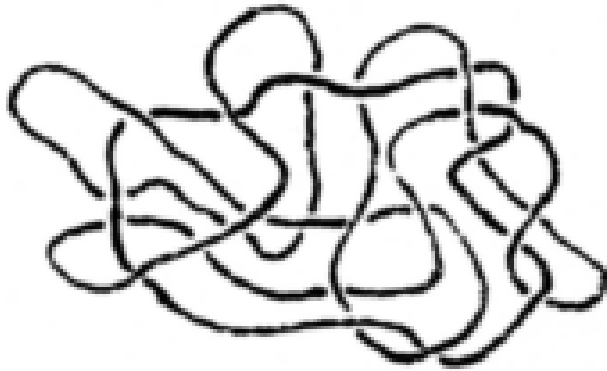
Artisanat (tissu boroméen)



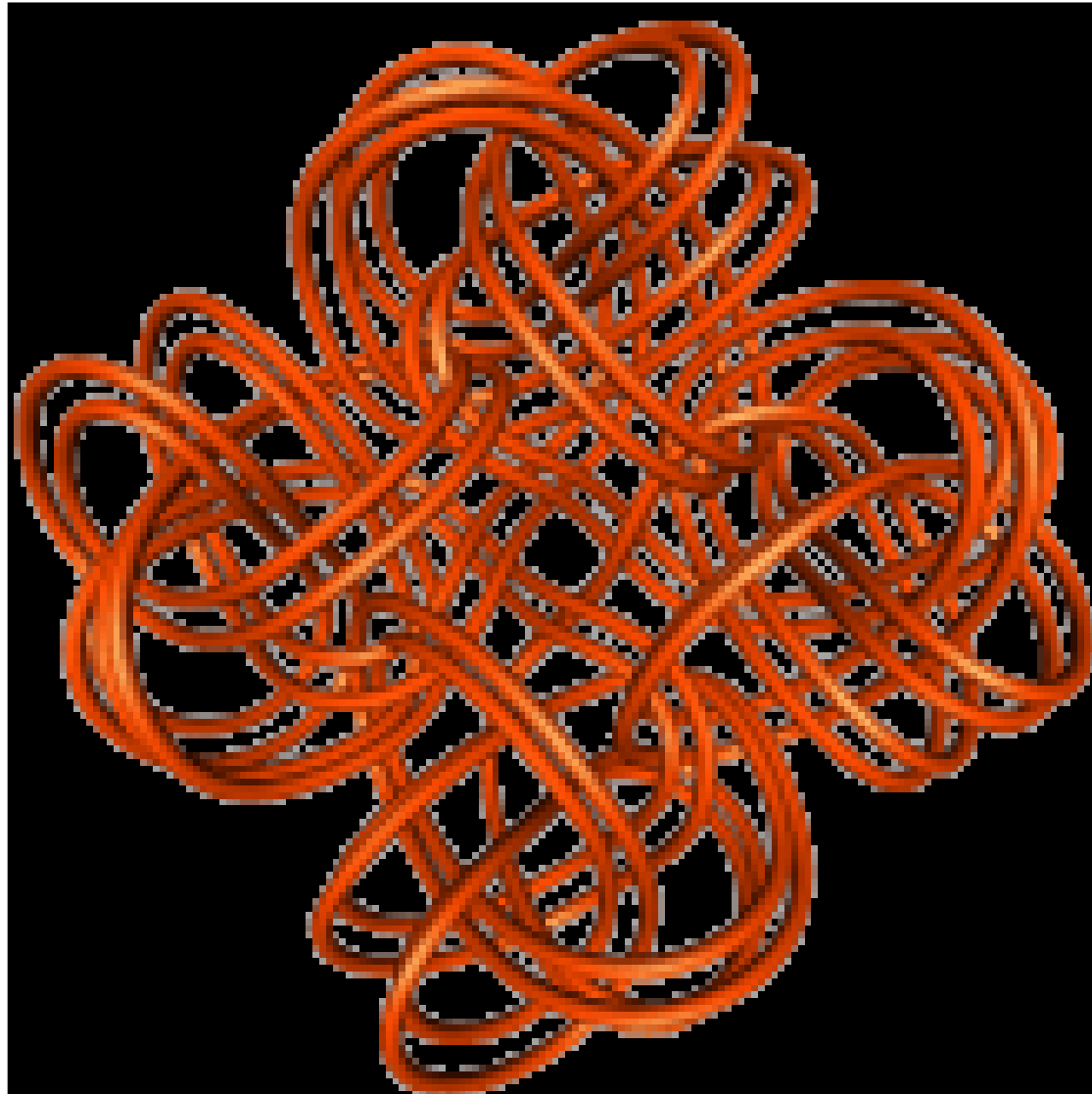
Artisanat (tissu boroméén)



Qu'est-ce qu'un nœud ?



Le nœud gordien



Histoire et épistémologie (Gauss)

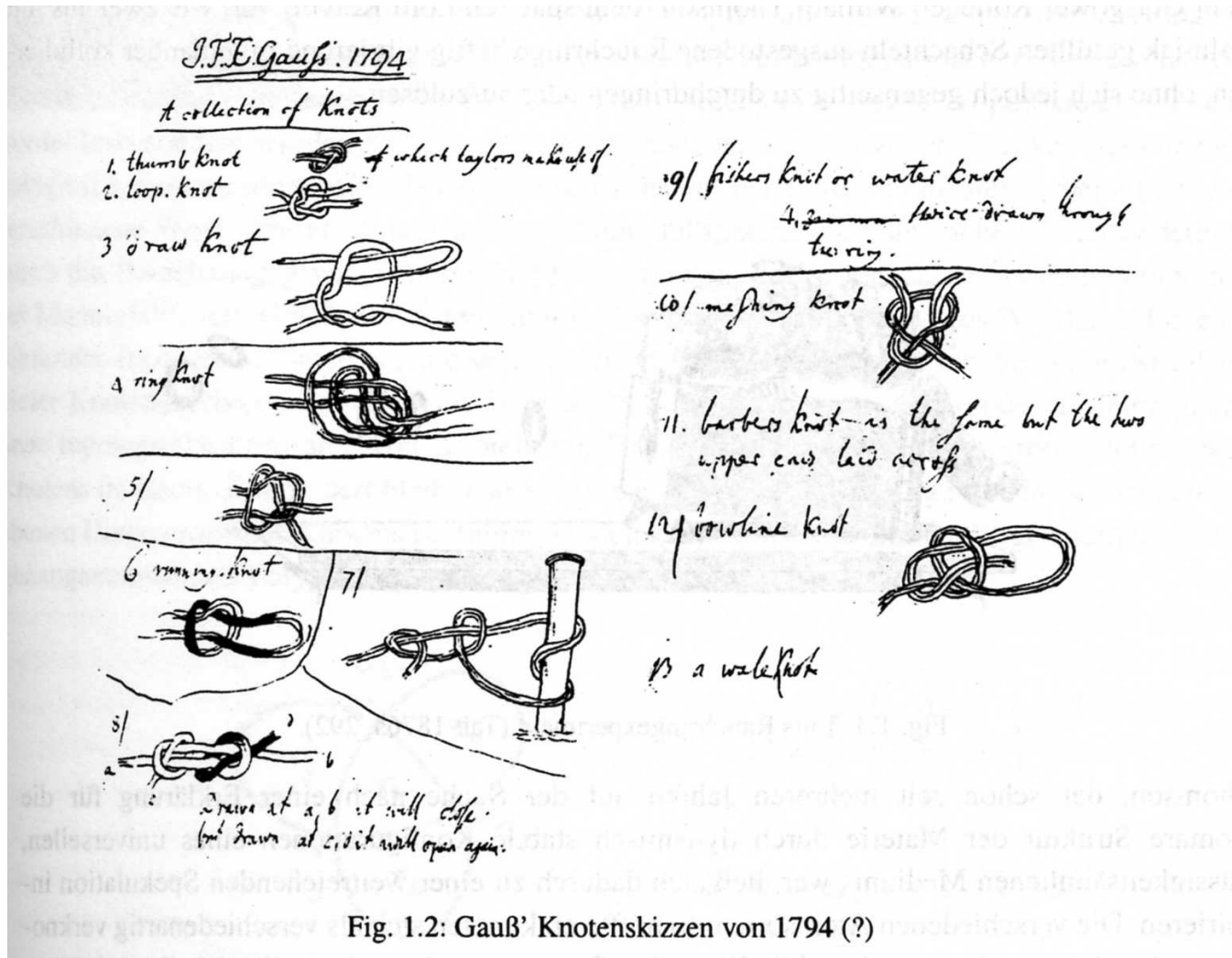


Fig. 1.2: Gauß' Knotenskizzen von 1794 (?)

Histoire et épistémologie

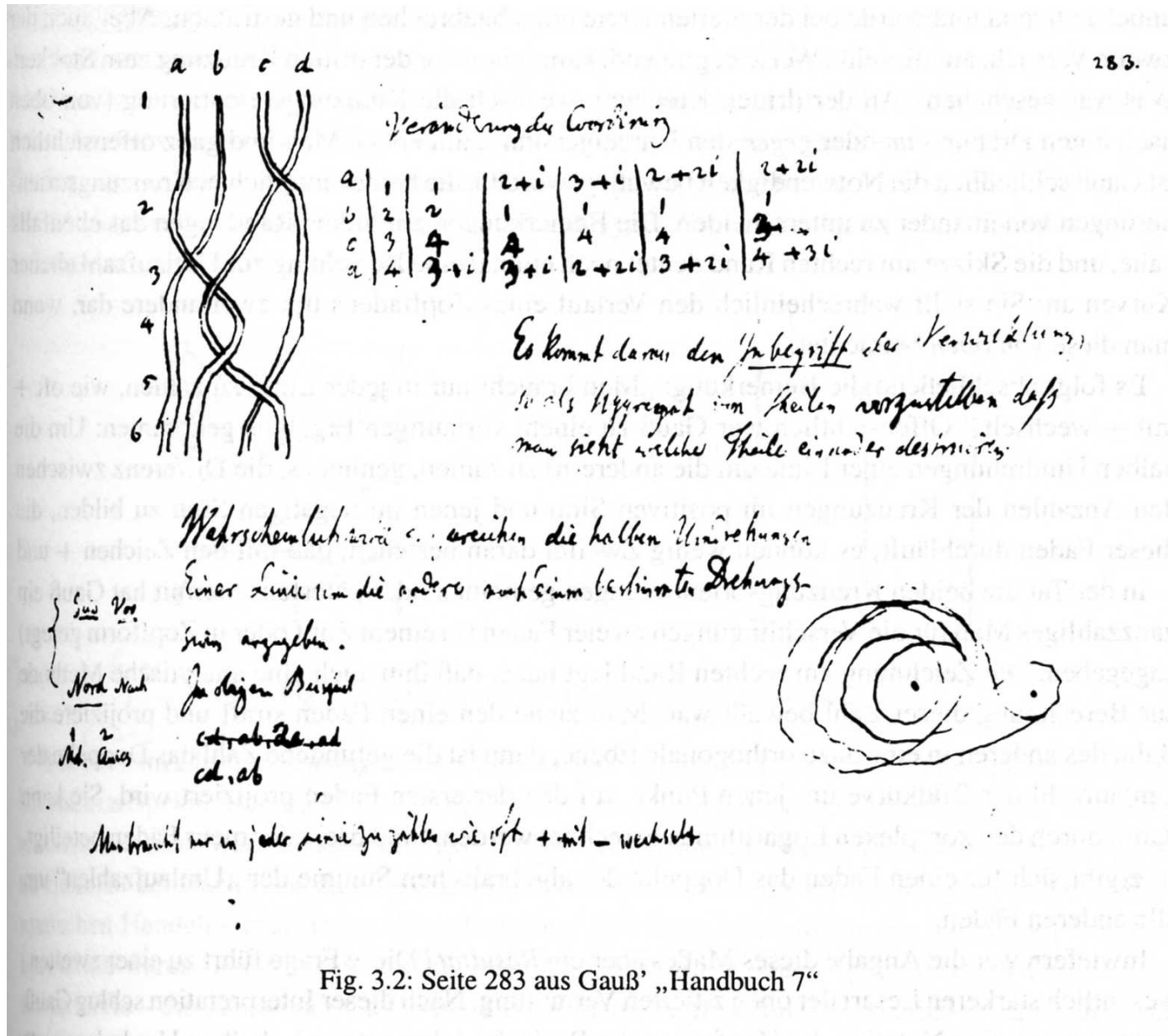
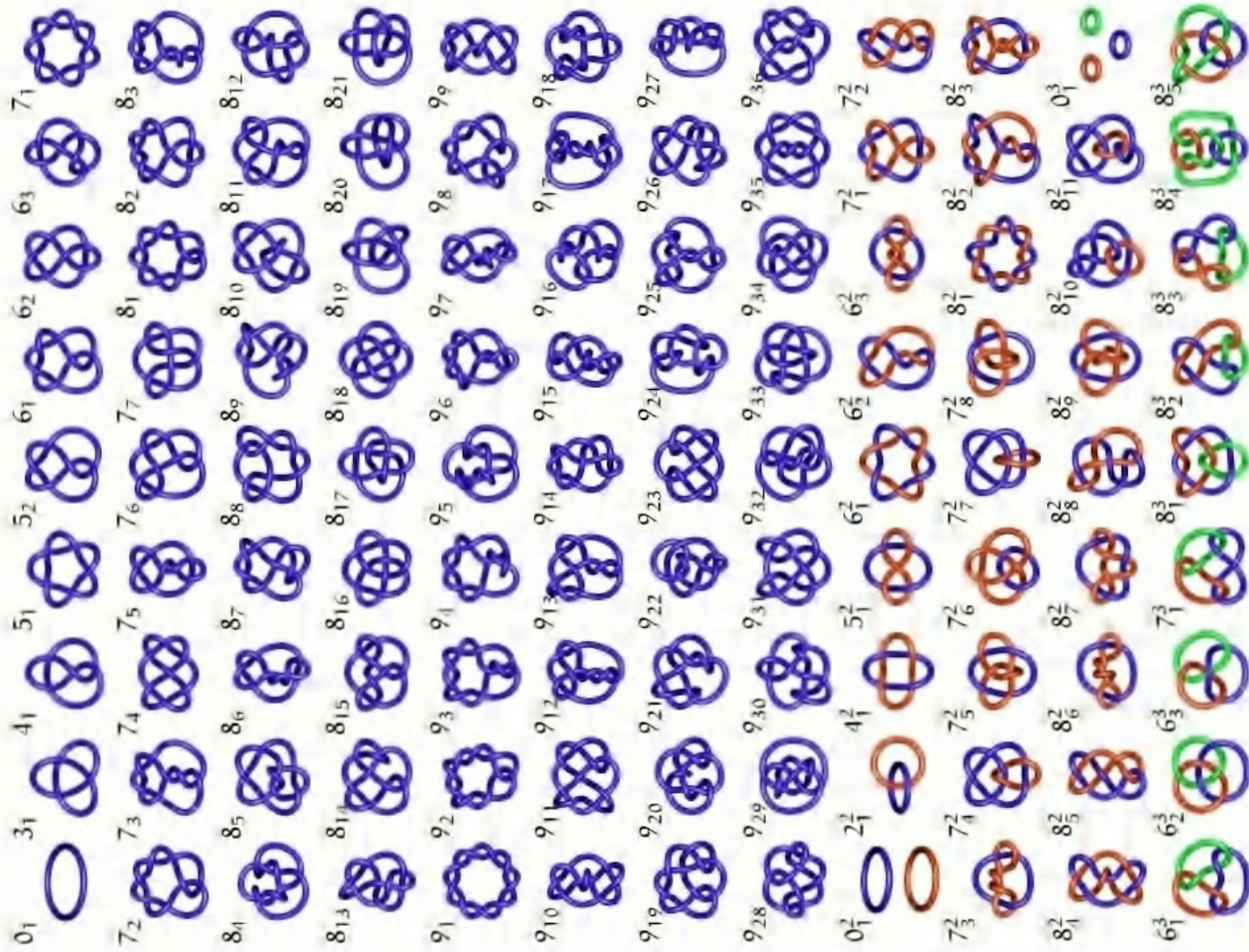
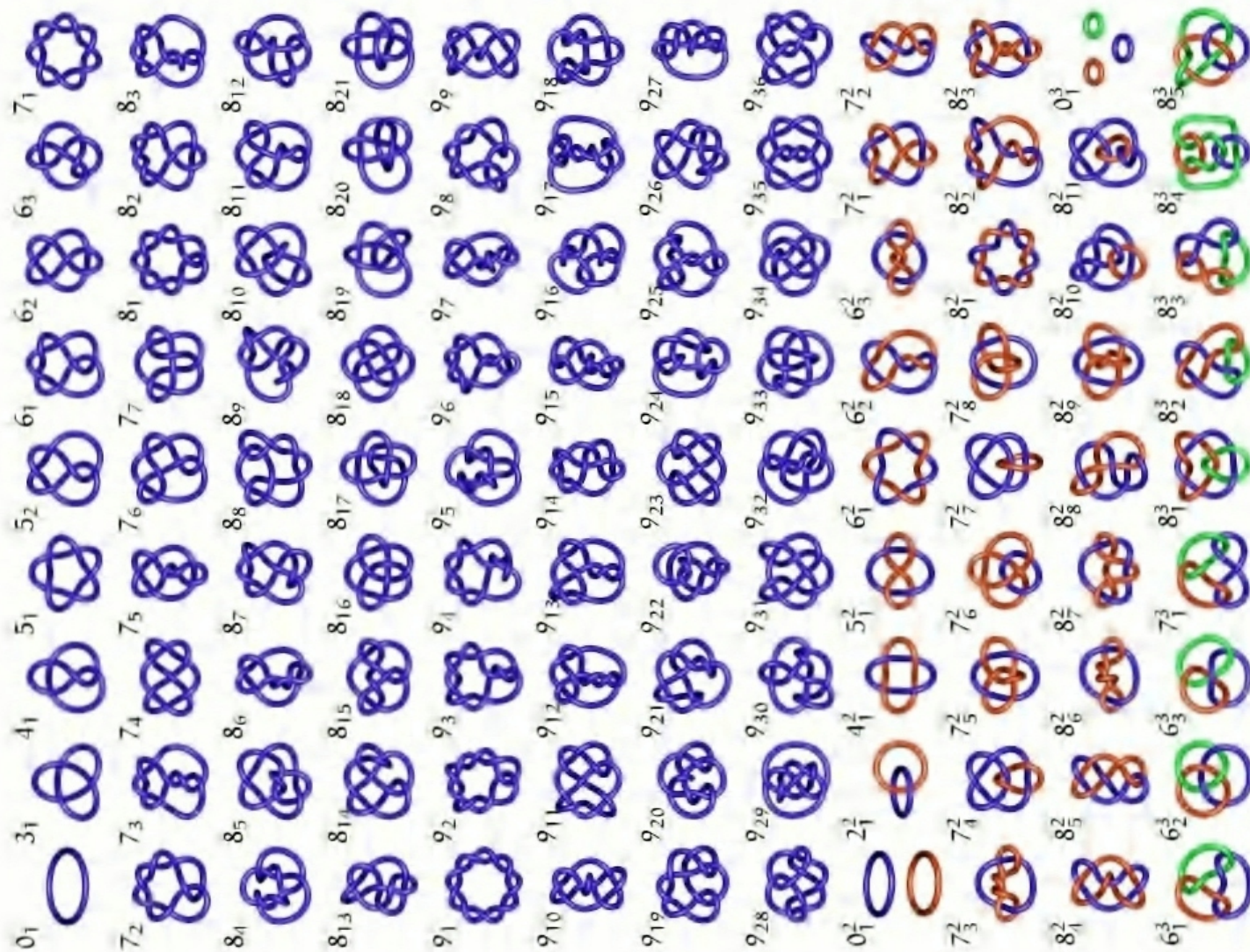


Fig. 3.2: Seite 283 aus Gauß' „Handbuch 7“

Observer



Observer *comment* les autres observent



Maxwell

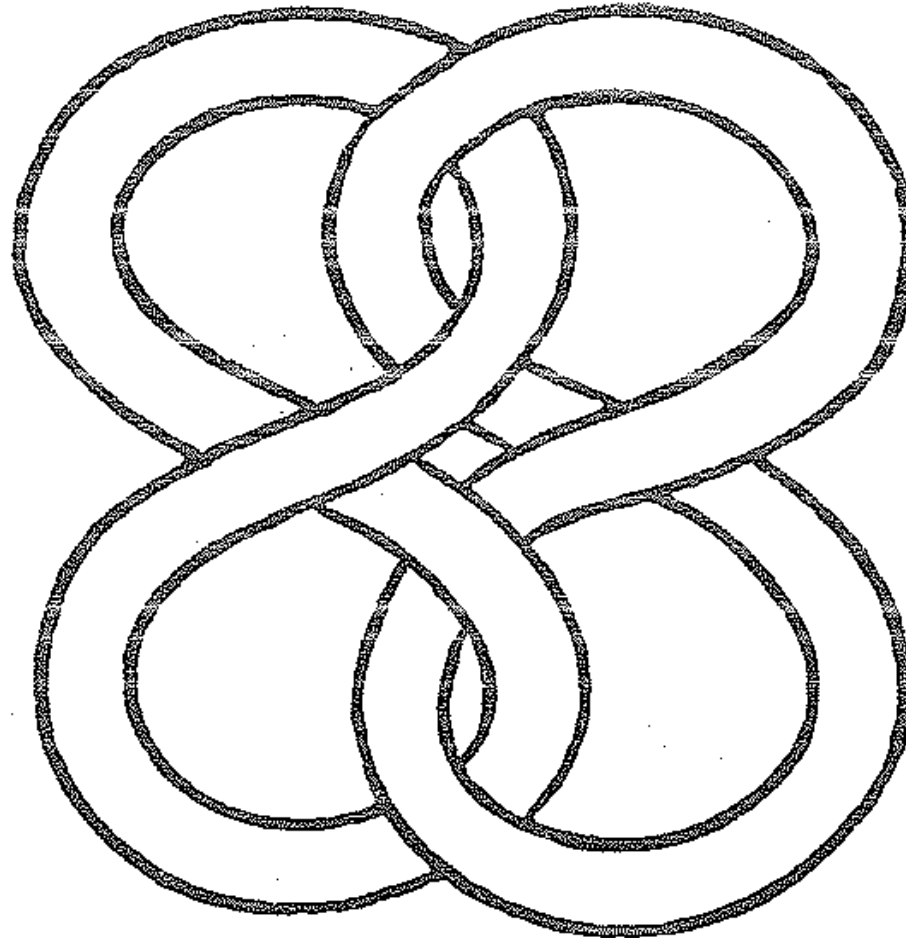
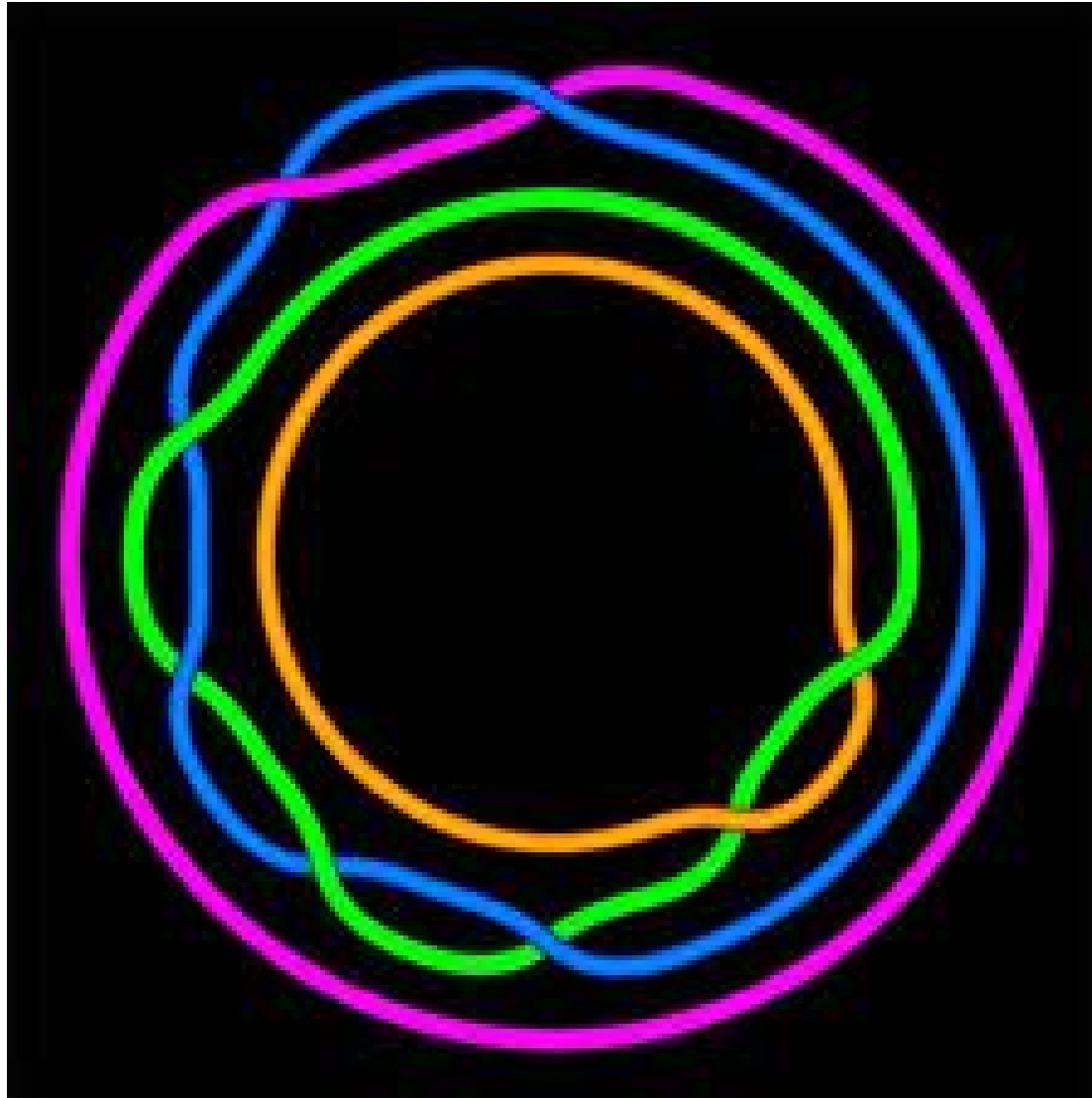
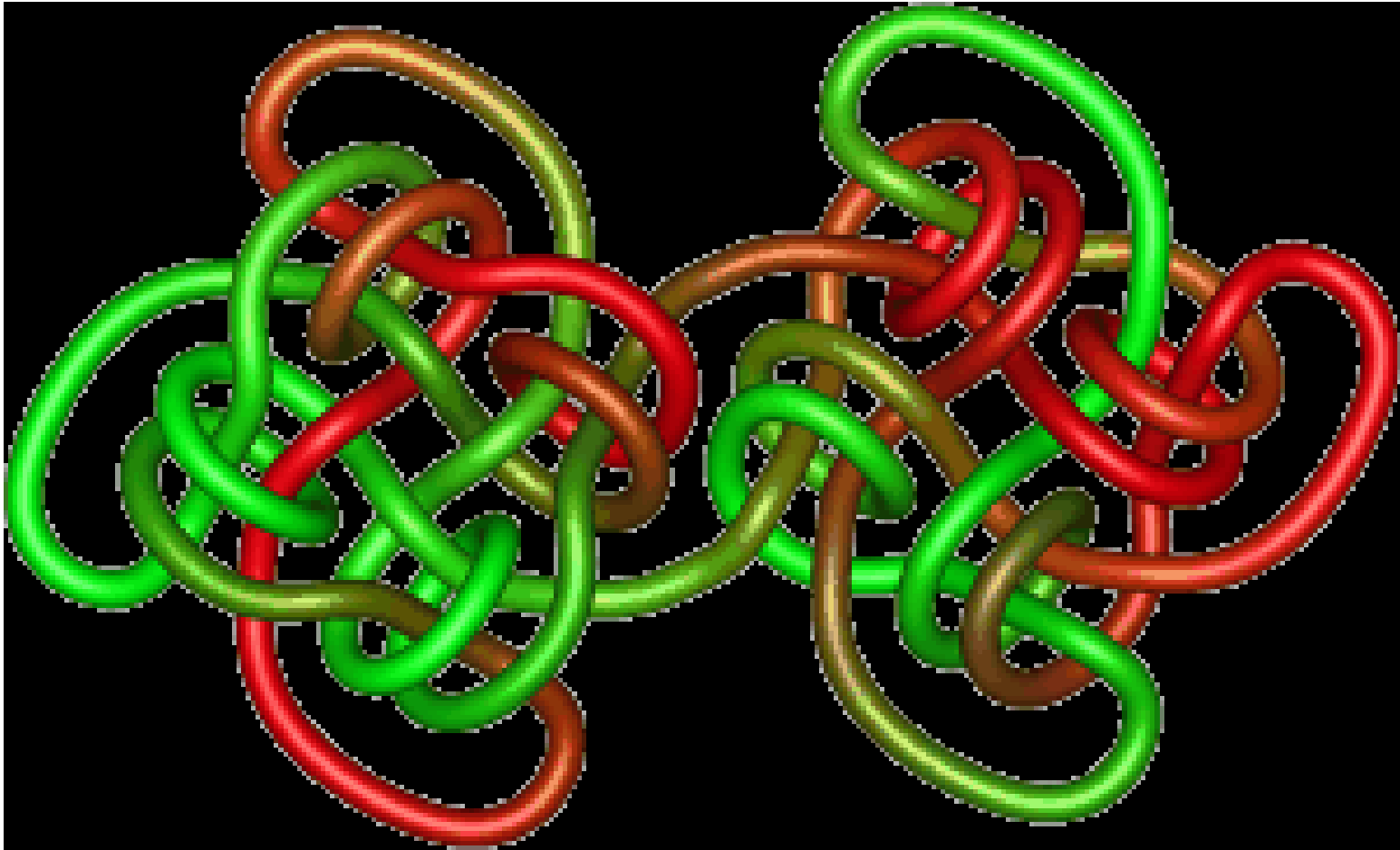


Figure 1. Maxwell's link.

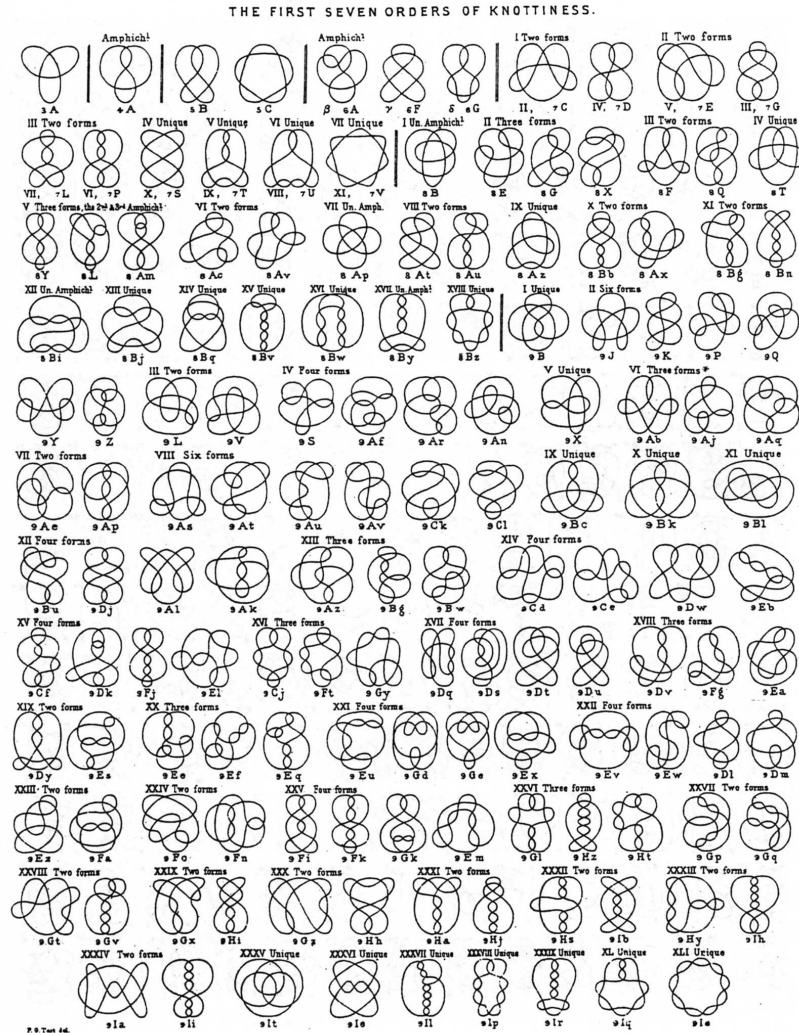
Noeud « enroulé » (tresse fermée)



Nœud (en 3D)



William Thomson (1824-1907), alias Lord Kelvin (1892) et Tait (première table des noeuds)



Tait (construire)

THE FIRST SEVEN ORDERS OF KNOTTINESS.



Observer, prédire et reproduire (construire)

THE FIRST SEVEN ORDERS OF KNOTTINESS.

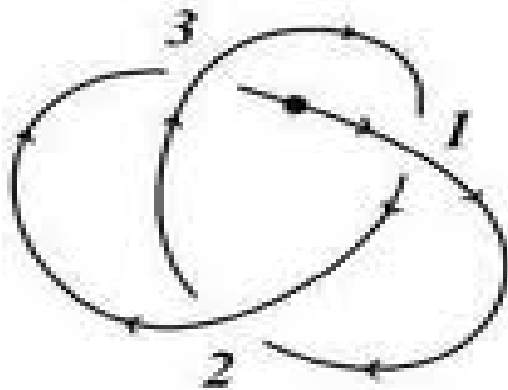


- Pas d'argument d'autorité,
- Pas de juge suprême,
- Tout le monde peut objecter, démontrer, présenter un contre-exemple !
- On peut, même, « réviser » le procès (le résultat) ou en faire une nouvelle démonstration !

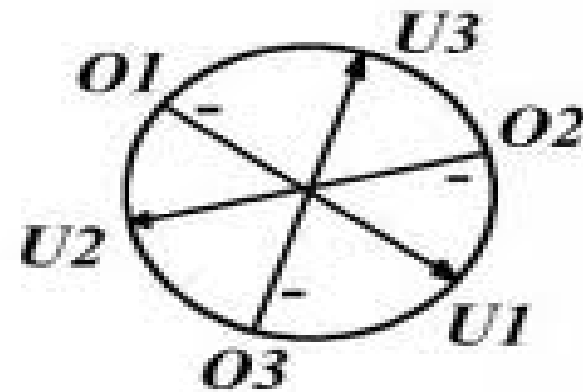
– Il n'y a pas, comme en justice, interdiction de contester la chose « jugée » (ici, démontrée). On peut (c'est très rare) soit apporter un contre-exemple, ce qui indique que la première démonstration était fausse, soit démontrer le contraire, soit démontrer qu'il y avait une erreur.

– Il n'y a pas plus démocratique (en théorie) que les mathématiques (n'importe qui, [*du plus vraisemblable au moins vraisemblable*] un martien, une grenouille, un vers de terre, un non mathématicien – même un ordinateur – peut intervenir !) seul compte la validité de l'argument : vrai ou faux !

Se familiariser (apprivoiser l'objet, l'ensemble)

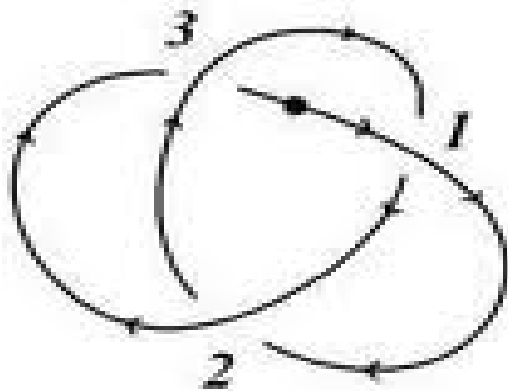


01-U2-03-U1-02-U3-

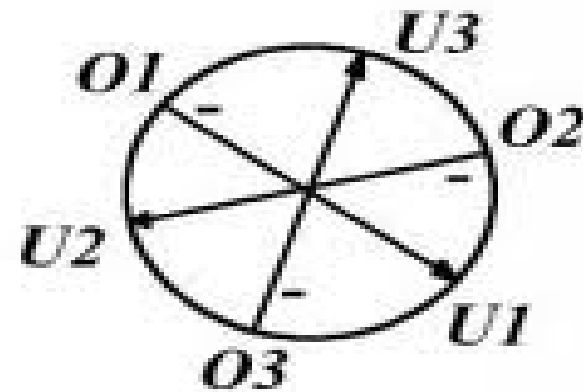


Gauss Diagram

Point de vue local (objet par objet)

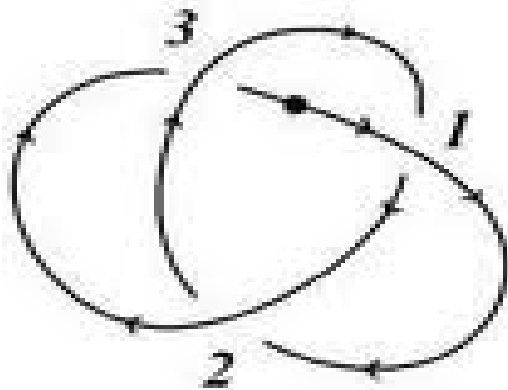


O1-U2-O3-U1-O2-U3-

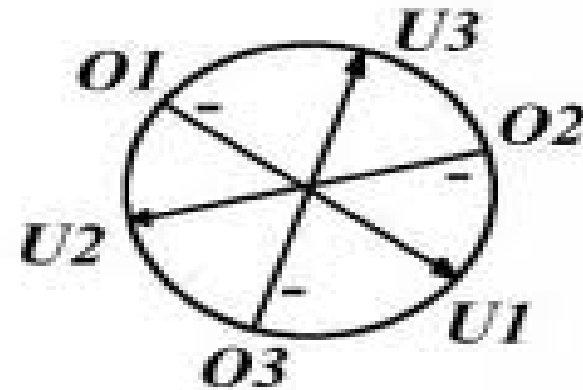


Gauss Diagram

Point de vue global (considérer l'ensemble, la totalité des objets)

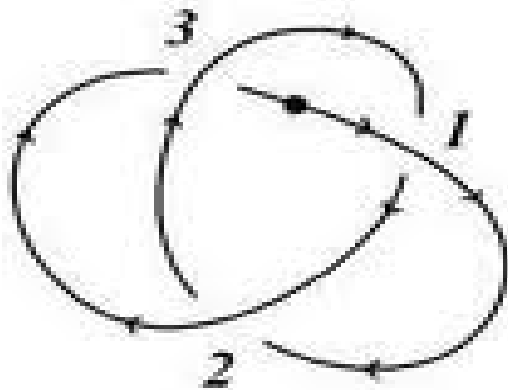


O1-U2-O3-U1-O2-U3-

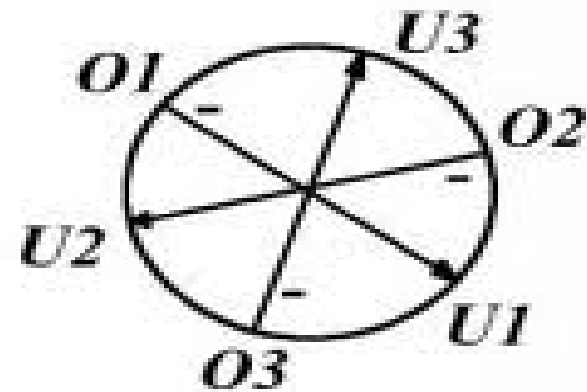


Gauss Diagram

Point de vue d'ensemble

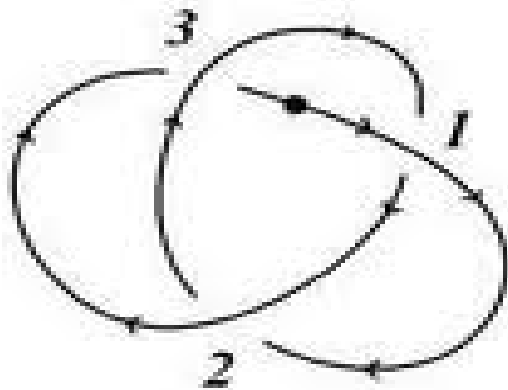


01-U2-03-U1-02-U3-

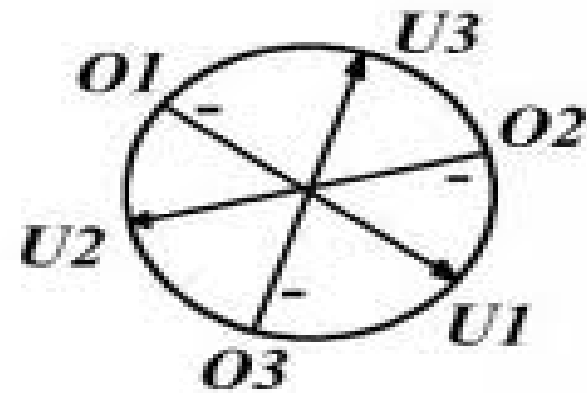


Gauss Diagram

Définir

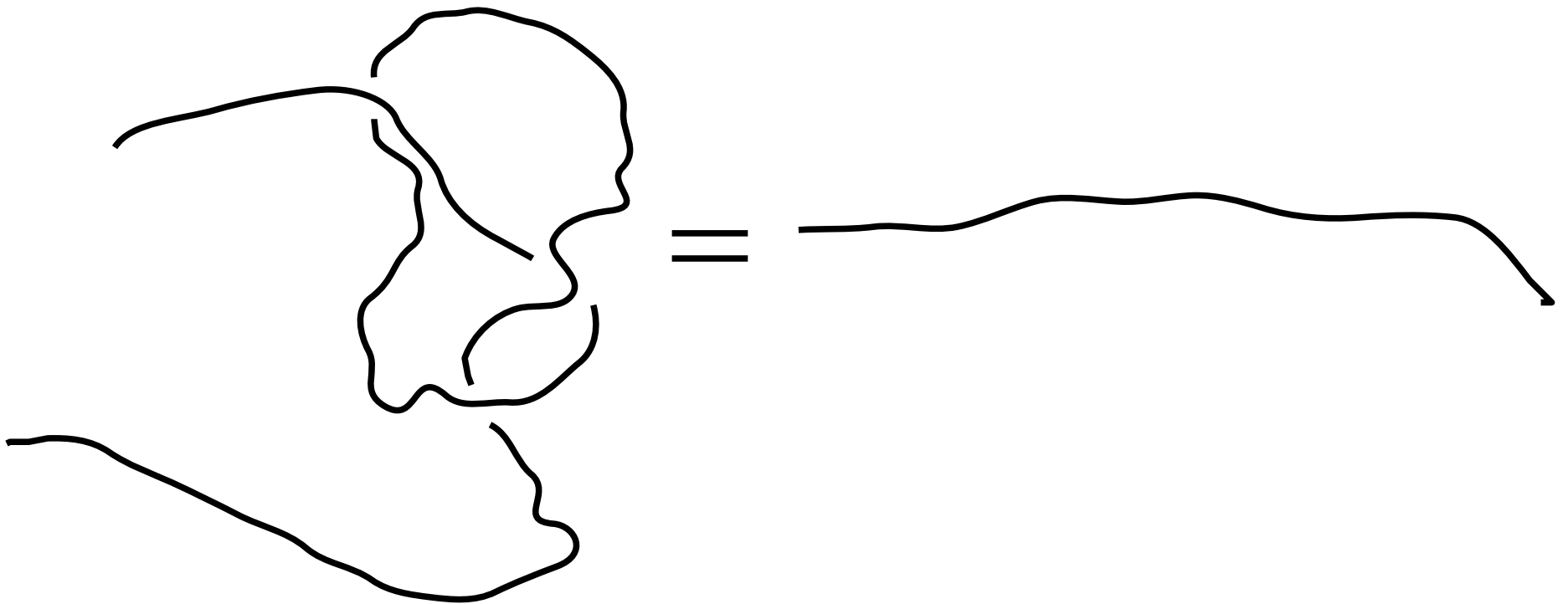


01-U2-03-U1-02-U3-

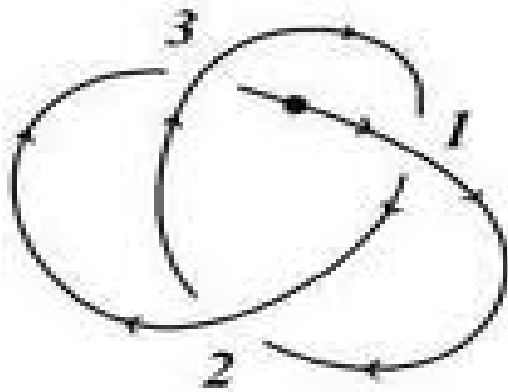


Gauss Diagram

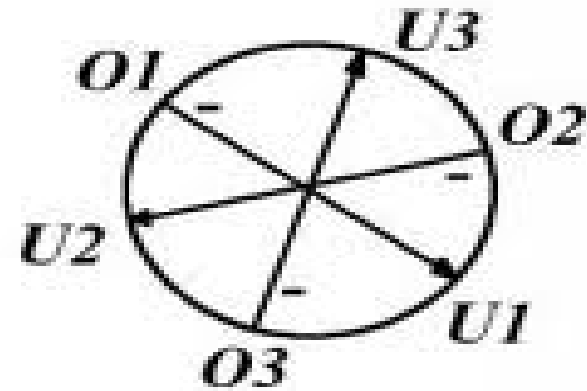
« Fermer » les nœuds



Comparer (0)



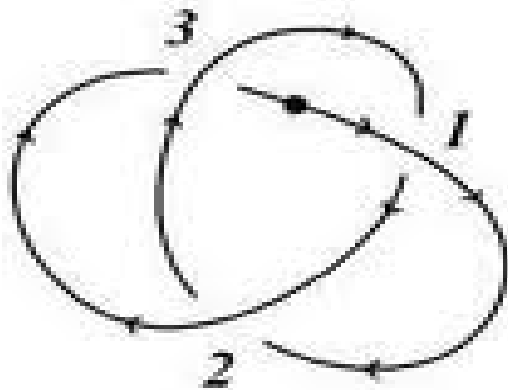
01-U2-O3-U1-O2-U3-



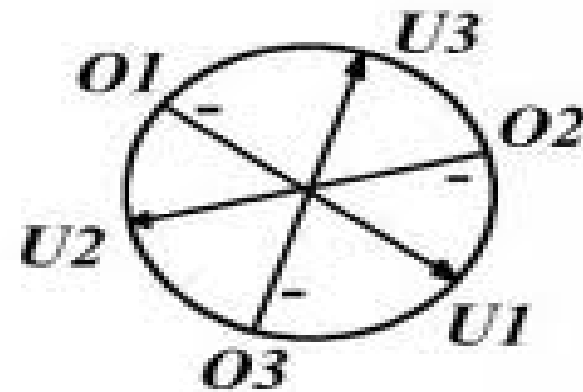
Gauss Diagram

Comparer

- différent ou égal (relation d'équivalence : isotopie)



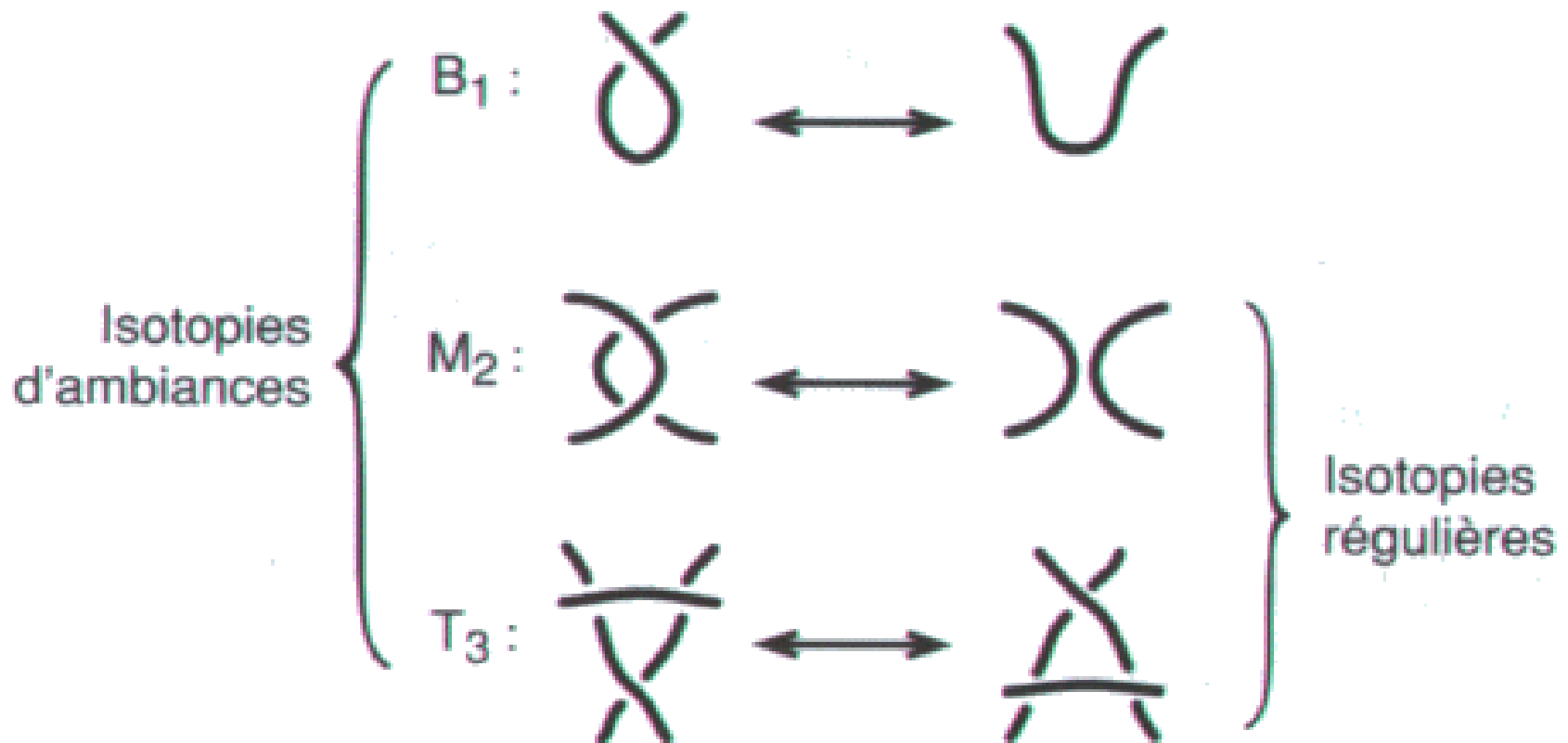
O1-U2-O3-U1-O2-U3-



Gauss Diagram

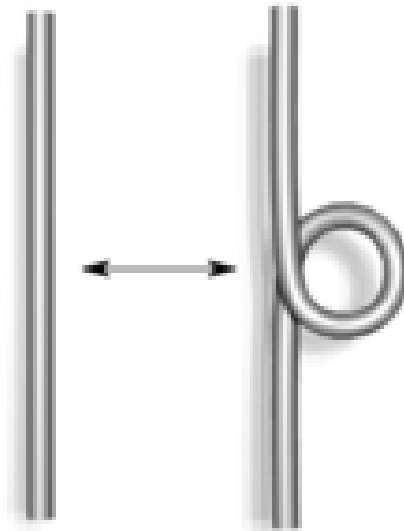
Comparer

- différent ou égal (relation d'équivalence : isotopie)
 - isotopie des nœuds (mouvements de Reidemeister)



Comparer

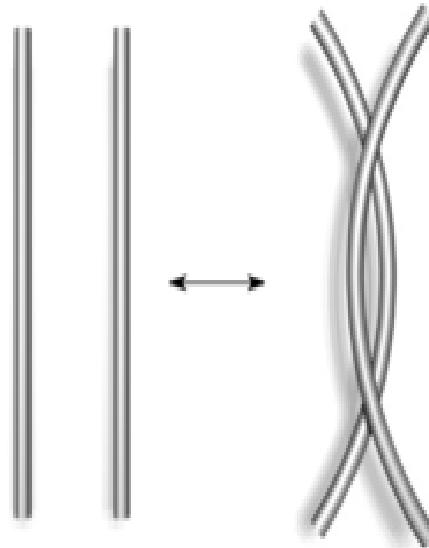
- différent ou égal (relation d'équivalence : isotopie)
 - isotopie des nœuds (mouvements de Reidemeister)



Comparer

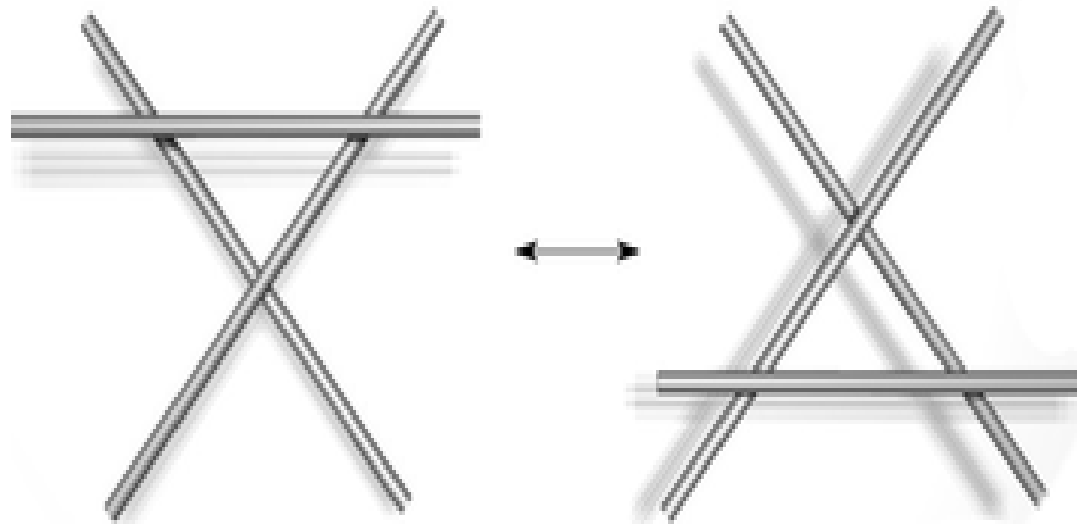
a) différent ou égal (relation d'équivalence : isotopie)

- isotopie des nœuds (mouvements de Reidemeister)



Comparer

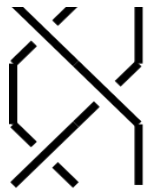
- différent ou égal (relation d'équivalence : isotopie)
 - isotopie des nœuds (mouvements de Reidemeister)



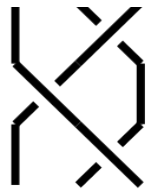
Comparer

b) plus grand ou plus petit (relation d'ordre)

- ordre des NE (ordre dans les mouvements de Reidemeister)



d1



d2



d3



d4



c1



c2



c3



c4



b1



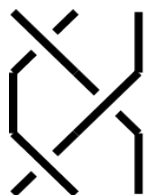
b2



b3



b4



a1



a2

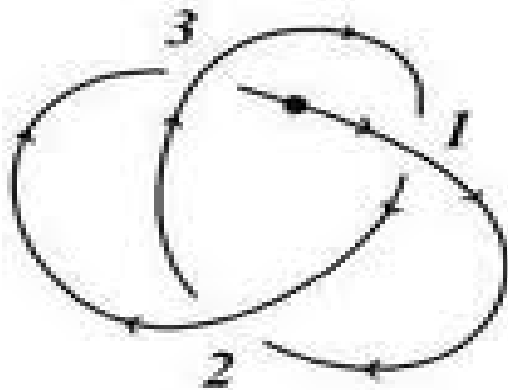


a3

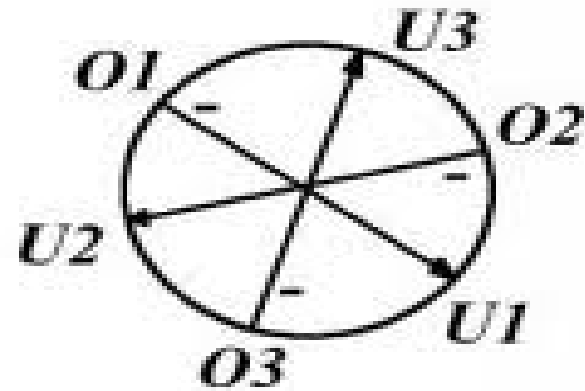


a4

Construire (?)

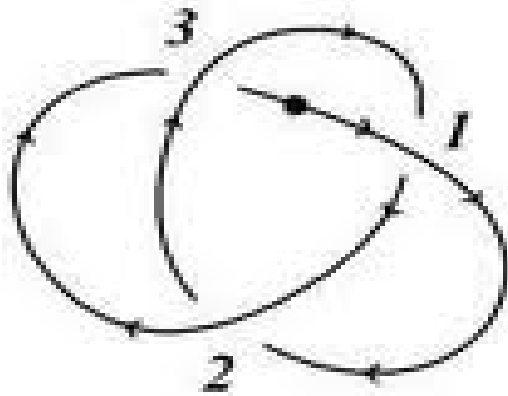


01-U2-03-U1-02-U3-

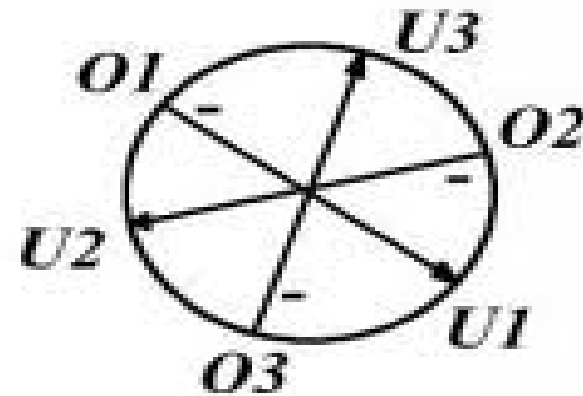


Gauss Diagram

Rechercher des propriétés d'ensemble

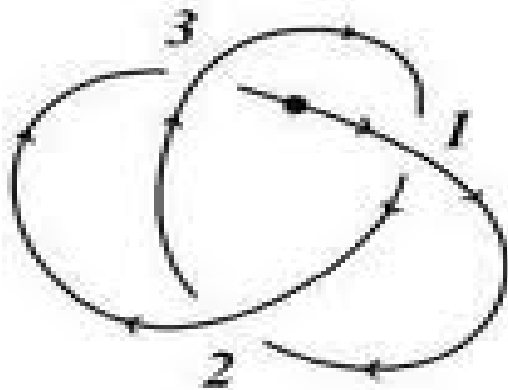


01-U2-03-U1-02-U3-

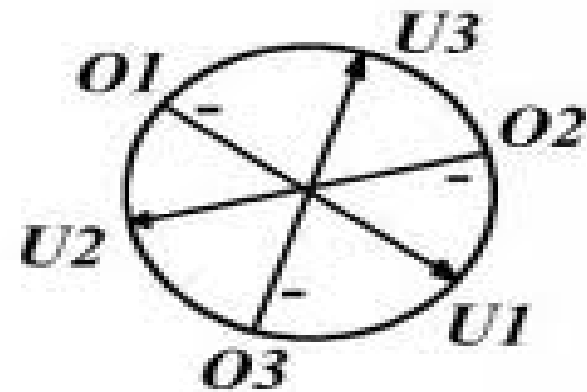


Gauss Diagram

Le diagramme de Gauss

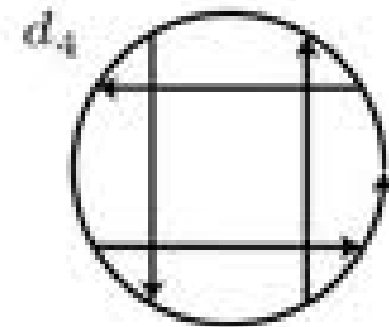
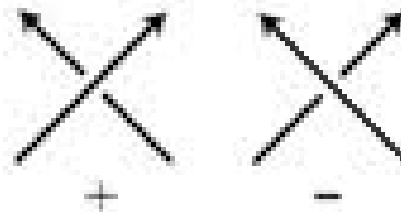
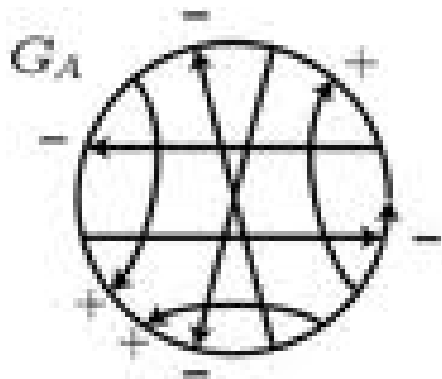
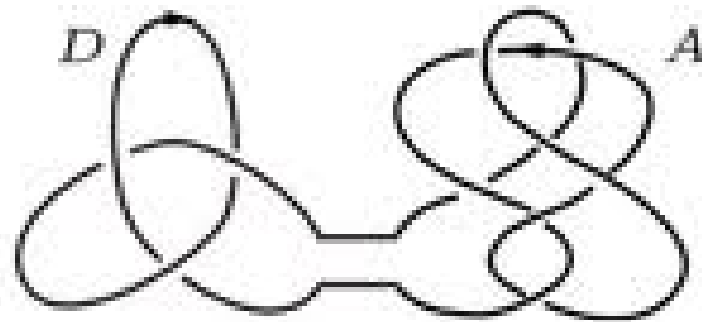
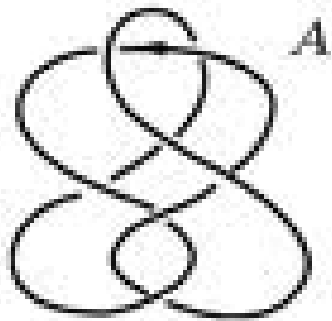


01-U2-03-U1-02-U3-

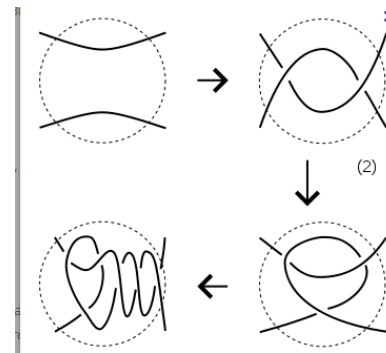
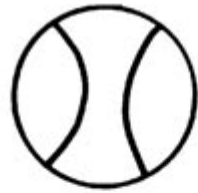


Gauss Diagram

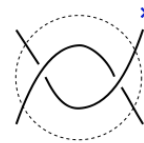
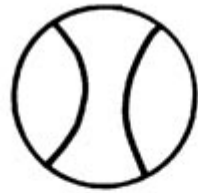
Un autre diagramme de Gauss



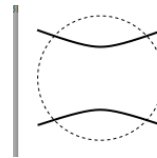
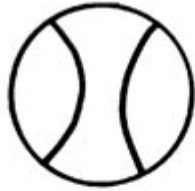
Les tangles



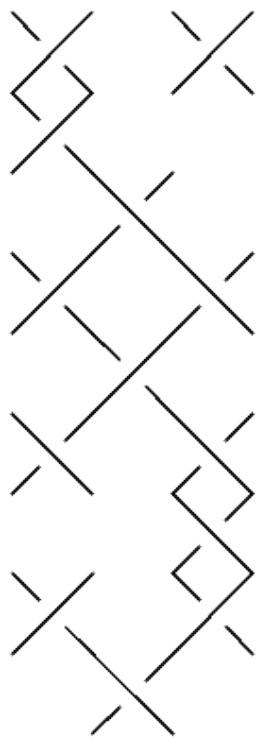
Les tangles



Les tangles



Les tresses



Tresse
de base



Tresse
réduite 1




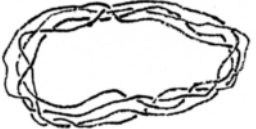
Tresse
réduite 2


Recherche d'une présentation canonique (0)

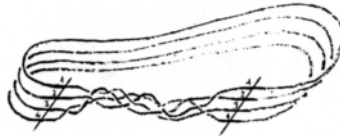
texte 19

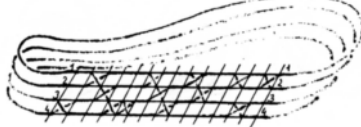
DES CHAINES AUX TRESSES EN PASSANT PAR LES ECHEVEAUX


 **mecud**
ici 2 ronds

 **ceinture**
ici 4 brins

 **ceinture avec pincement**

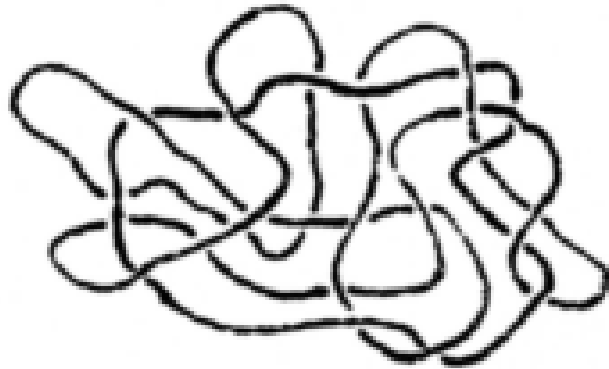
 **ceinture plate avec deux bouts ordonnés et segment de ceinture avec deux bouts ordonnés**

 **ceinture plate avec tresse**

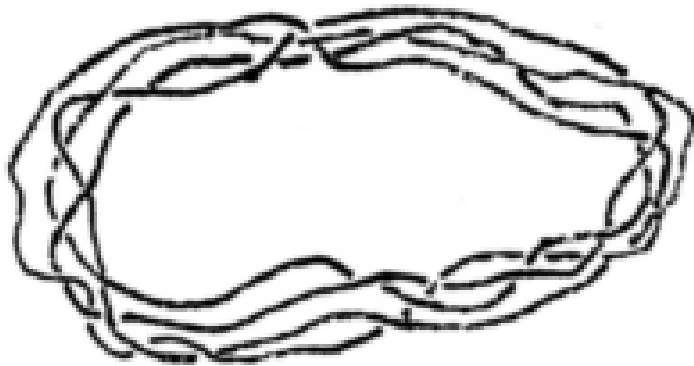
 **ceinture plate avec ecusson tressé et le mot qui est la formule de la tresse**
formule
CAB'CCA'BCA'BA'C'A'

Recherche d'une présentation canonique (1)

DES CHAINES AUX TRESSES EN PASSANT PAR LES ECHEVEAUX

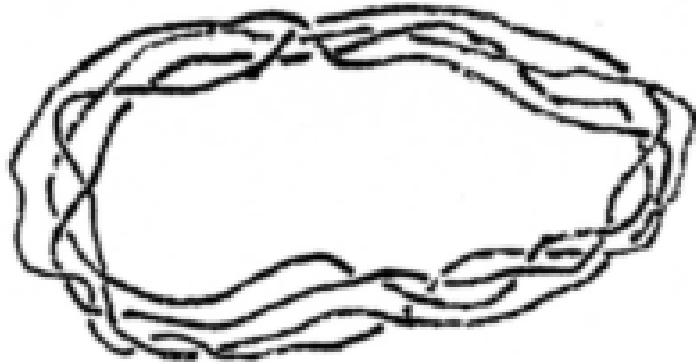


mœud
ici 2 nœuds

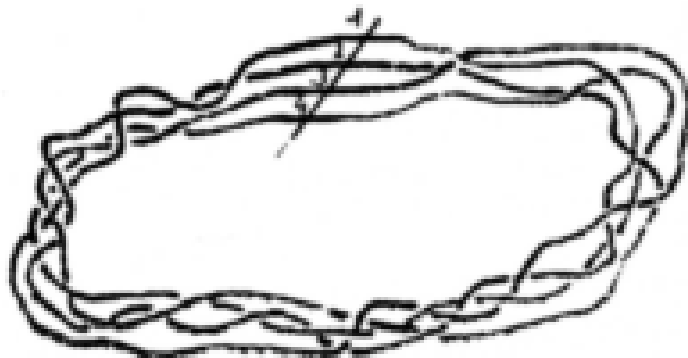


ceinture
ici 4 brins

Recherche d'une présentation canonique (2)

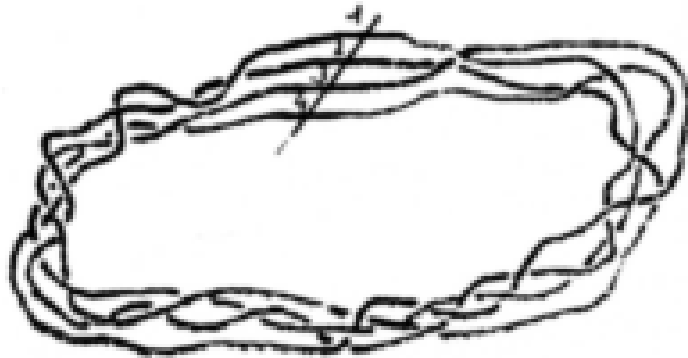


ceinture
ici 4 brins

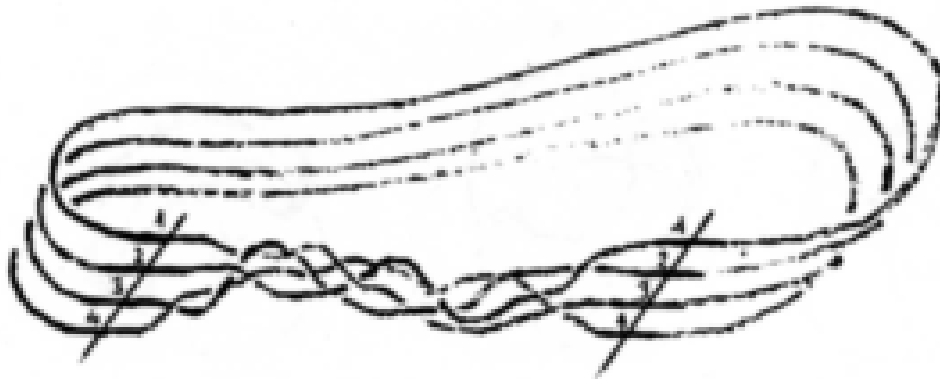


ceinture
avec pincement

Recherche d'une présentation canonique (3)

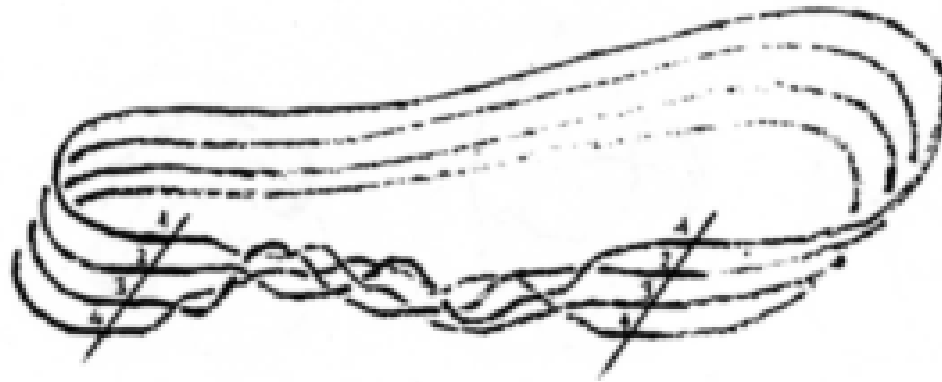


ceinture
avec pincement

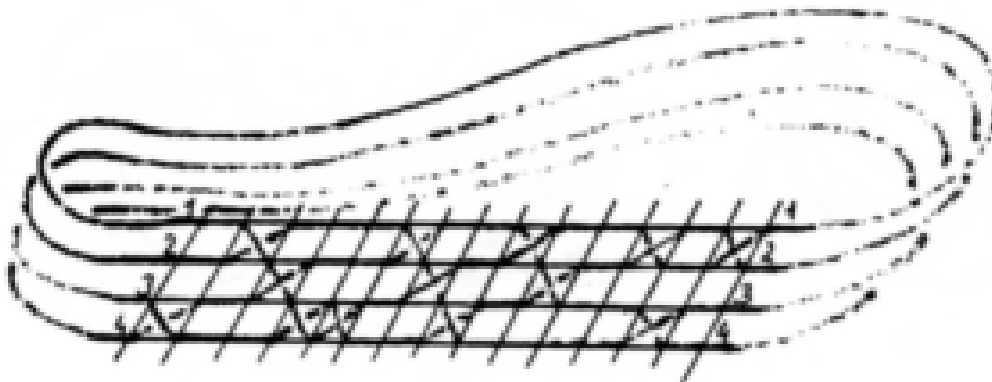


ceinture plate
avec deux bouts ordonnés
et
segment de ceinture
avec deux bouts ordonnés

Recherche d'une présentation canonique (4)

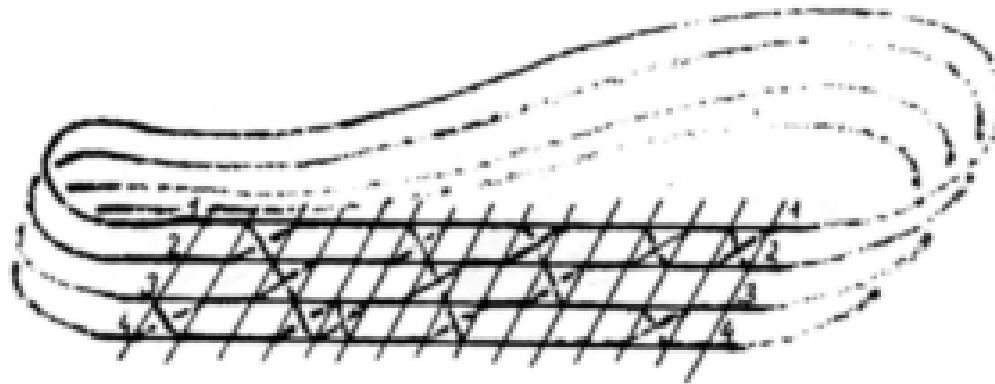


ceinture plate
avec deux bouts ordonnés
et
segment de ceinture
avec deux bouts ordonnés

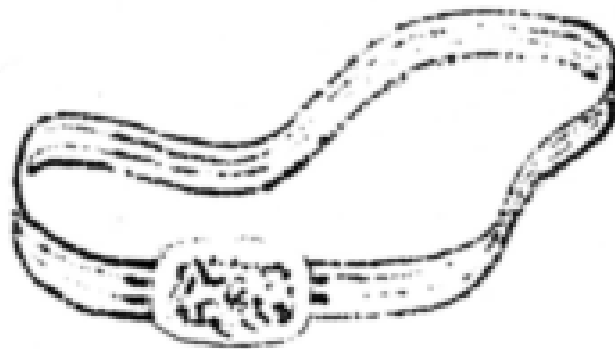


ceinture plate
avec tresse

Recherche d'une présentation canonique (5)



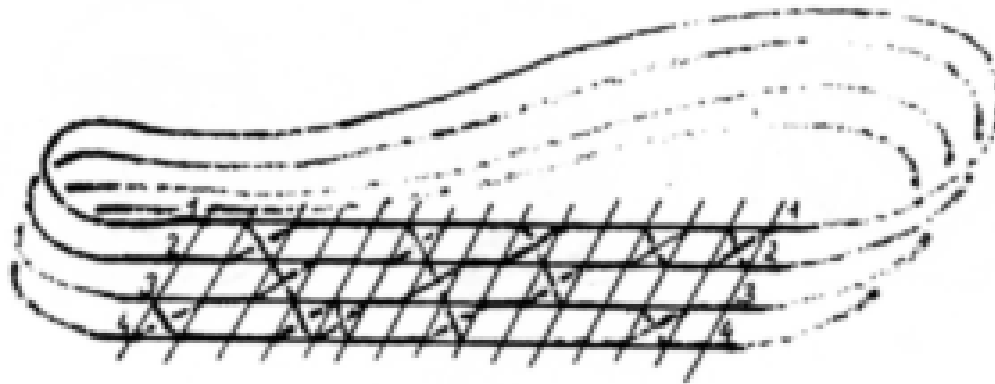
ceinture plate
avec trasse



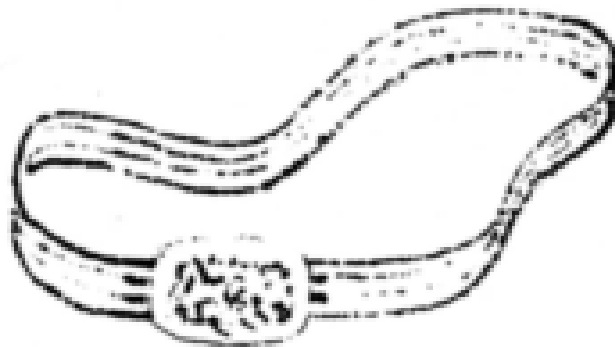
formule
CAB'CCAB'CA'BA'C'A'

ceinture plate
avec ecusson trassé
et
le mot qui est la
formule de la trasse

Les NE sont automorphes (ils s'engendrent et se reproduisent eux-mêmes) : pas besoin d'appareillage externe, hétérogène, style « chirurgie lourde » !



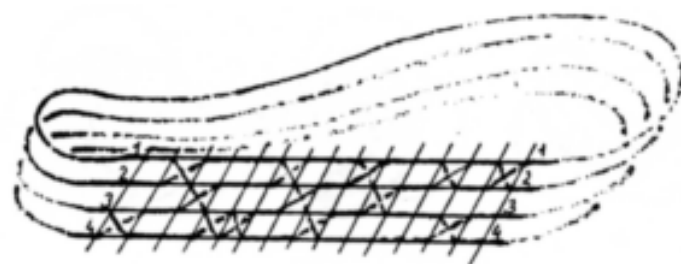
ceinture plate
avec tresse



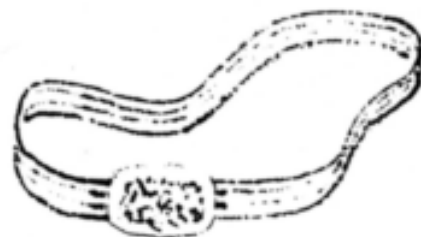
formule
CAB'CCAB'CA'BA'C'A'

ceinture plate
avec ecusson tressé
et
le mot qui est la
formule de la tresse

Les NE sont auto-normables et auto-normés : il n'y a pas représentant plus complet de chaque objet que lui-même (propriété d'identité) en particulier, que toute norme externe (que toute mesure, que tout invariant, fût-il « complet », par exemple : l'empreinte digitale pour les humains) !



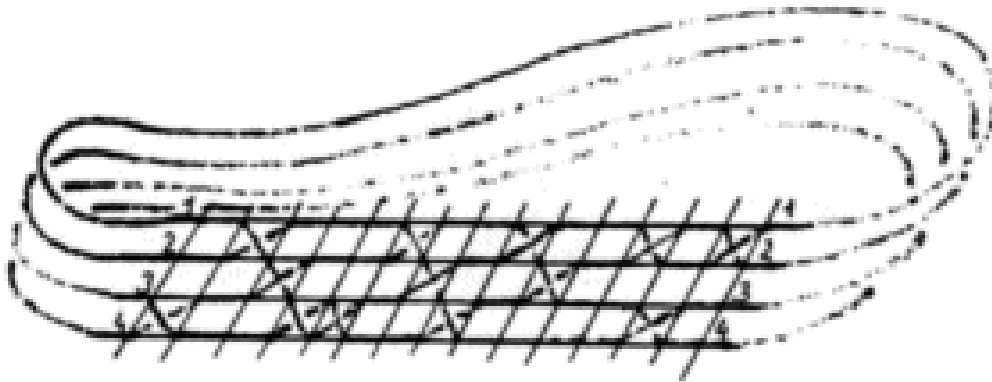
ceinture plate
avec tresse



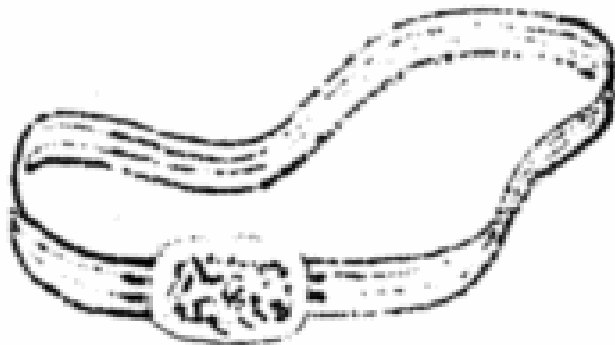
formule
CAB'CCAB'CA'BA'C'A'

ceinture plate
avec ecusson tressé
et
le mot qui est la
formule de la tresse

Les NE sont auto-normables et auto-normés : pas besoin de norme externe !



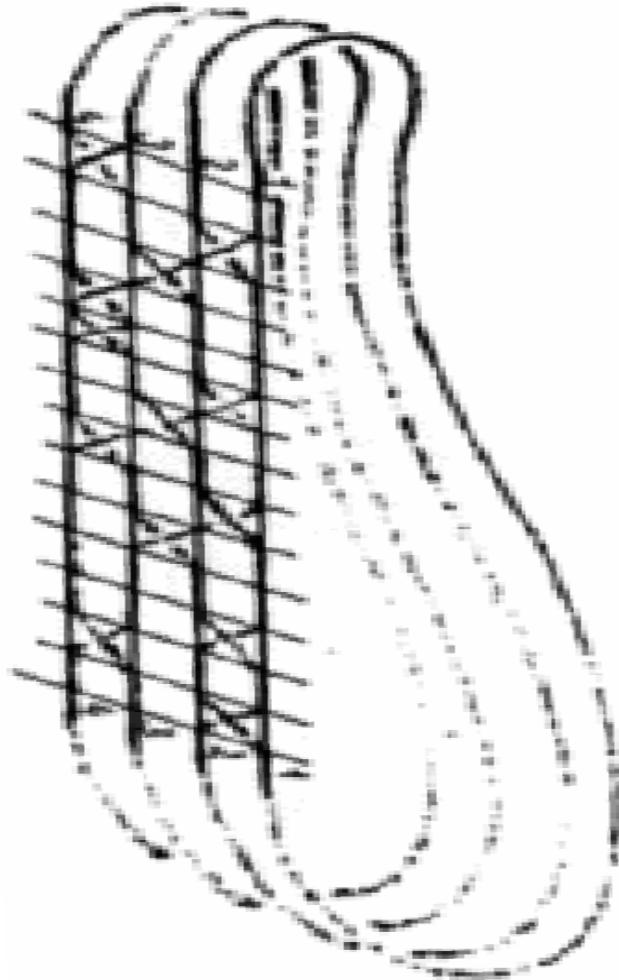
ceinture plate
avec tresse



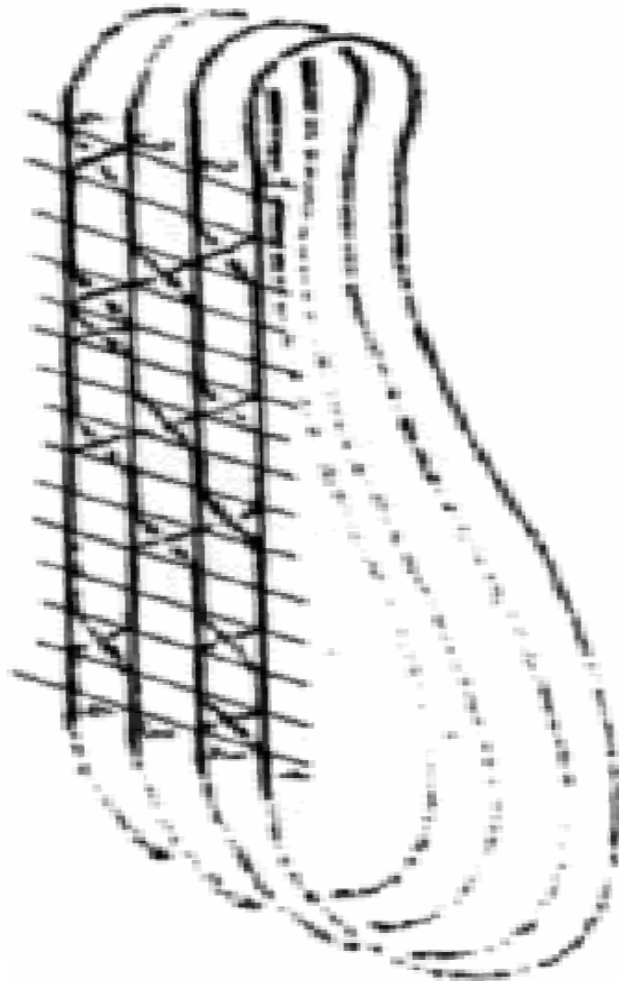
formule
CAB'CCAB'CA'BA'C'A'

ceinture plate
avec ecusson tressé
et
le mot qui est la
formule de la tresse

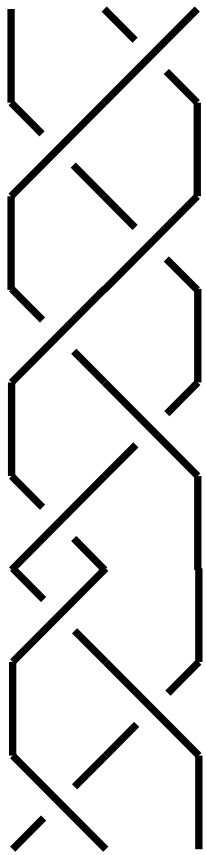
Les NE sont auto-normables et auto-normés : pas besoin de norme externe !



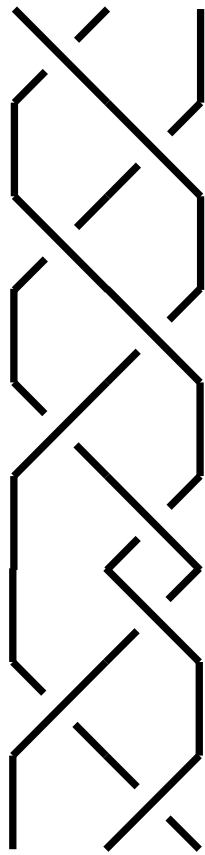
Paramétrisation des NE : description positionnelle dans le plan (la « numération classique » est positionnelle sur *une ligne*) !



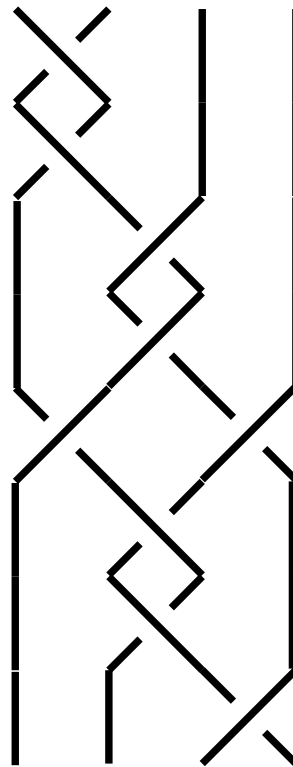
Paramétrisation des NE : description positionnelle dans le plan (la « numération classique » est positionnelle sur *une ligne*) !



5 4



4 5



3 4 2

Nbre de croisements
par colonne

Motifs des NE : description positionnelle dans le plan (la « numération classique » est positionnelle sur *une ligne*) !

