

La modélisation des empreintes digitales



« Élémentaire mon cher Watson ! »

Inspecteur principal : Patrick Nizou...

Expert scientifique : Véronique Messéant...

Profiler : Nathalie Villain...





Empreinte digitale

- ◆ **Dessin caractéristique formé par les lignes visibles sur la peau**



Il existe trois prémices fondamentaux à la dactyloscopie

- ◆ La pérennité du dessin papillaire de la naissance à la mort,
- ◆ L'inaltérabilité du dessin,
- ◆ L'individualité du dessin d'un individu à l'autre.



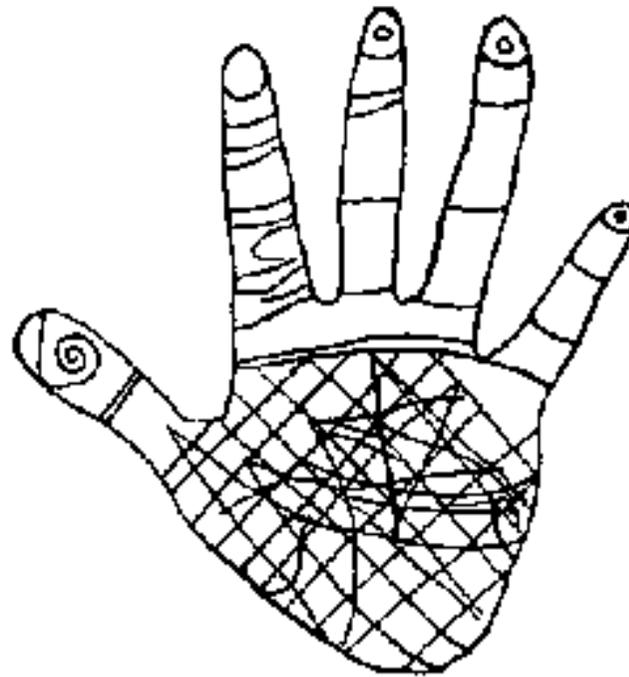
Plan

- ◆ **Historique**
- ◆ **Généralités**
- ◆ **Essais de modélisation sur excel et geoplan**
- ◆ **Modèles de classifications d'empreintes**
- ◆ **Empreintes et probabilités**
- ◆ **Proposition d'un modèle de reconnaissances d'empreintes**
- ◆ **Conclusion**



Historique

Relevé d'empreintes digitales trouvé sur une paroi d'une falaise de Nouvelle-Ecosse (plus ancien relevé intentionnel connu)





Historique

Prises des mesures selon la méthode de Bertillon





Historique

- ◆ **Les recherches scientifiques trouvent leur application dans le domaine de la criminalistique**
- ◆ **L'étude des empreintes digitales appelée la dactyloscopie permet de donner un caractère scientifique à la notion de preuve qui était jusqu'alors essentiellement basée sur l'aveu.**



Historique

Francis Galton en 1850





Historique

- ◆ **La Classification des empreintes se généralise et remplace le Bertillonnage .**
- ◆ **1910 : Mise en place de fiches décadactyloscopiques par Edmond Locard.**
- ◆ **1994 : Le Fichier Automatisé des Empreintes Digitales (F.A.E.D.)**



Plan

- ◆ **Historique**

- ◆ **Généralités**

- ◆ **Essais de modélisation sur excel et geoplan**

- ◆ **Modèles de classifications d'empreintes**

- ◆ **Empreintes et probabilités**

- ◆ **Proposition d'un modèle de reconnaissances d'empreintes**

- ◆ **Conclusion**



Les formes d'empreintes

- ◆ Ces trois types d'empreintes regroupent 95% des doigts humains :
- ◆ 30% pour les spirales ou tourbillons
- ◆ 60% pour les boucles
- ◆ 5% pour les tentes.



Arche



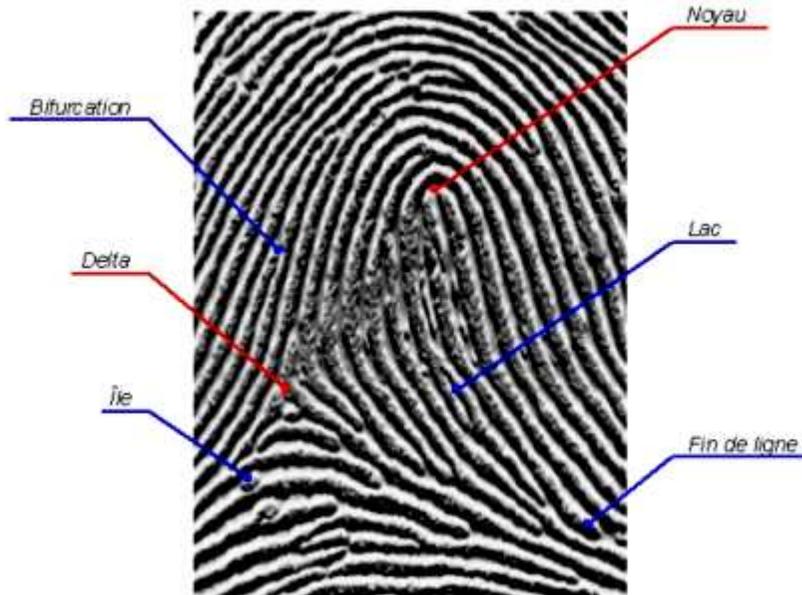
Boucle à droite



Tourbillon

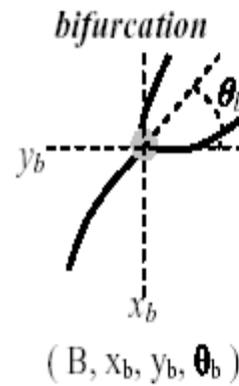
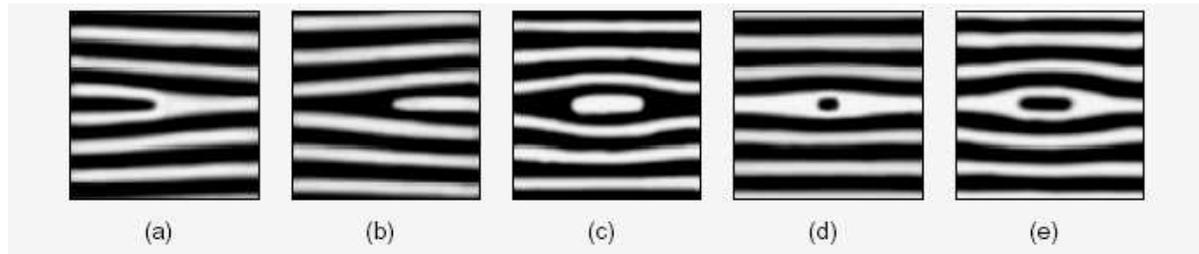


Les points singuliers





Les minuties





Traitement des images

◆ la signature



Image d'origine



Image binarisée



Extraction des minuties



Traces et empreintes

- ◆ **Les traces sont traitées informatiquement et une identification trace contre déca est possible**

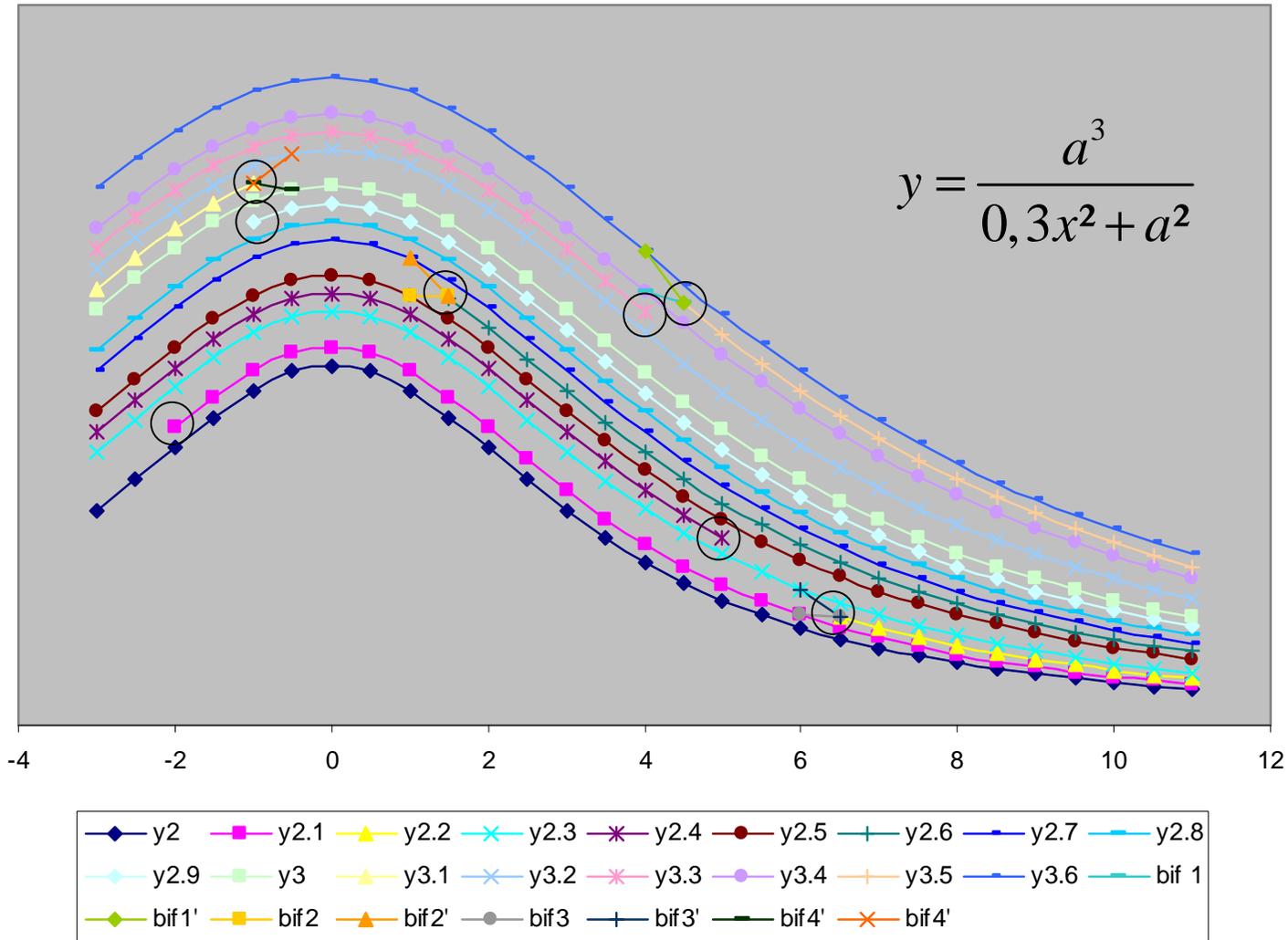


Plan

- ◆ **Historique**
- ◆ **Généralités**
- ◆ **Essais de modélisation sur excel et geoplan**
- ◆ **Modèles de classifications d'empreintes**
- ◆ **Empreintes et probabilités**
- ◆ **Proposition d'un modèle de reconnaissances d'empreintes**
- ◆ **Conclusion**

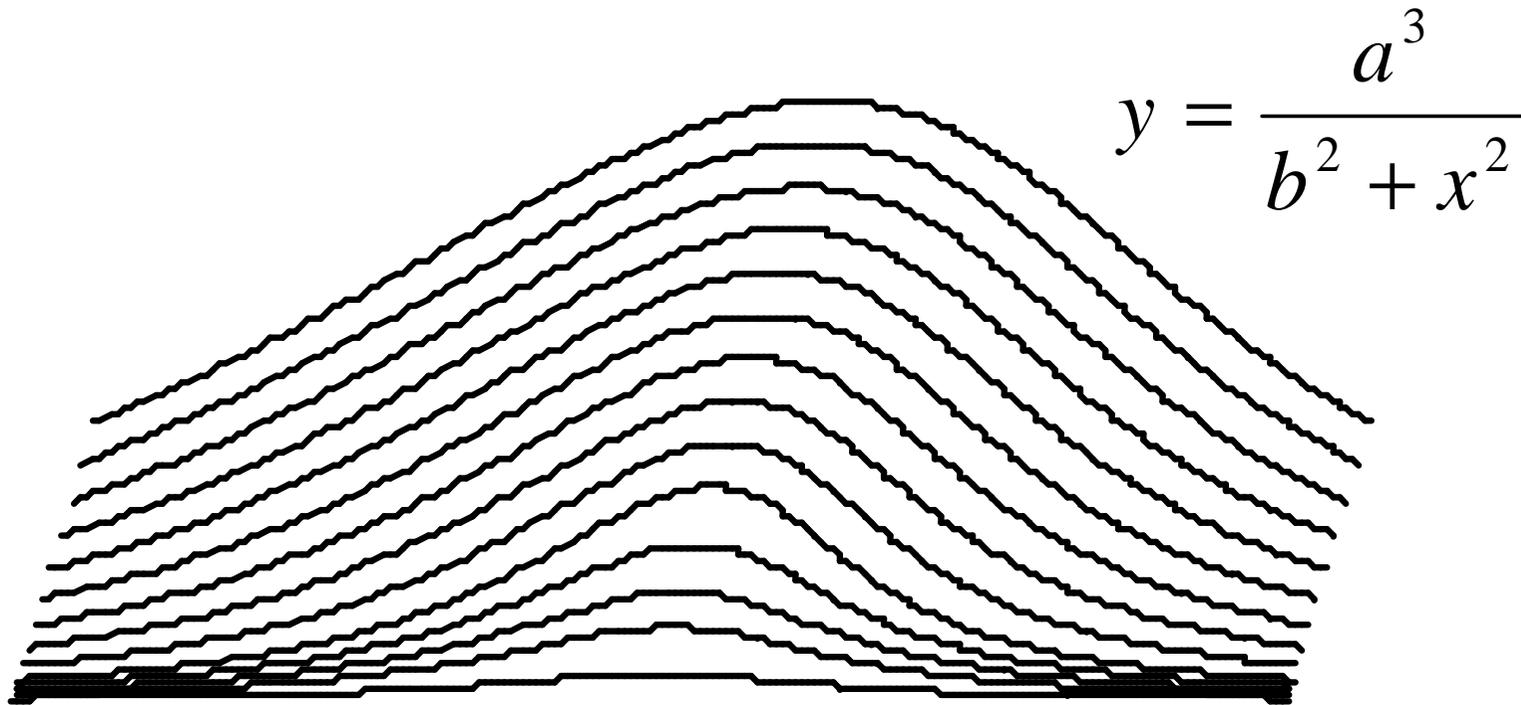


Modélisation: arche avec huit minutes





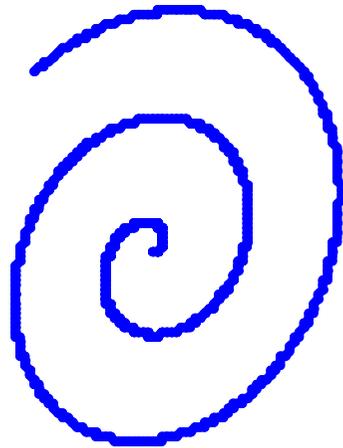
Modélisation: arche





Modélisation: spirale

Spirale d'Archimède de pas 2π



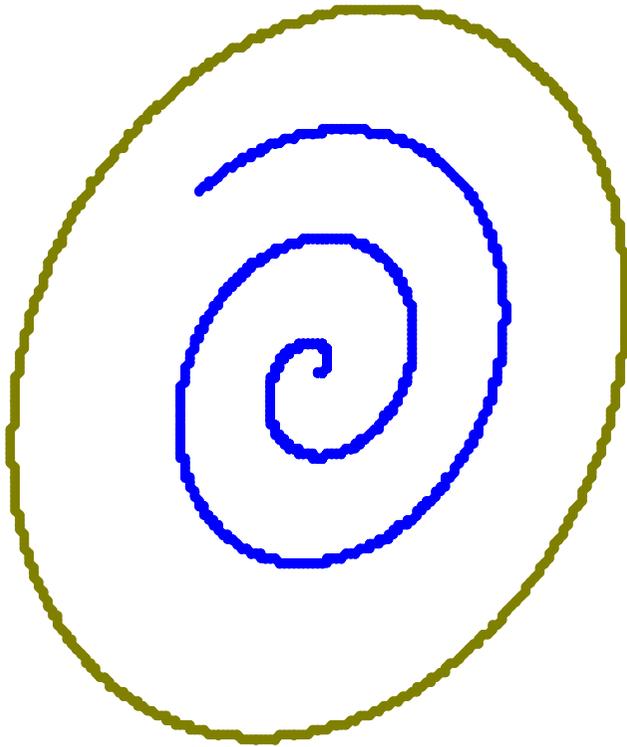
$$t \in \left[0; \frac{19\pi}{4} \right]$$

$$\begin{cases} x(t) = t \cos t \\ y(t) = t \sin t \end{cases}$$



Modélisation: spirale

Cercle de rayon $\frac{27\pi}{4}$

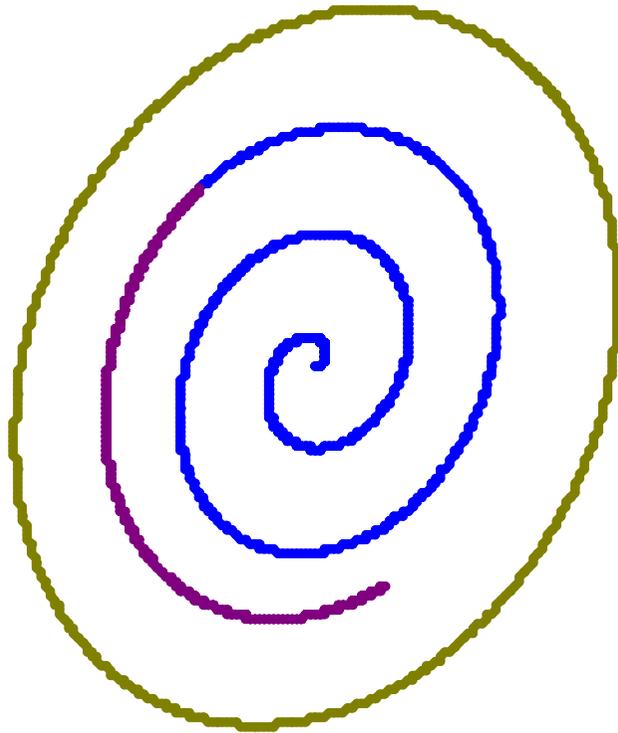


$$\frac{27\pi}{4} = \frac{19\pi}{4} + 2\pi$$



Modélisation: spirale

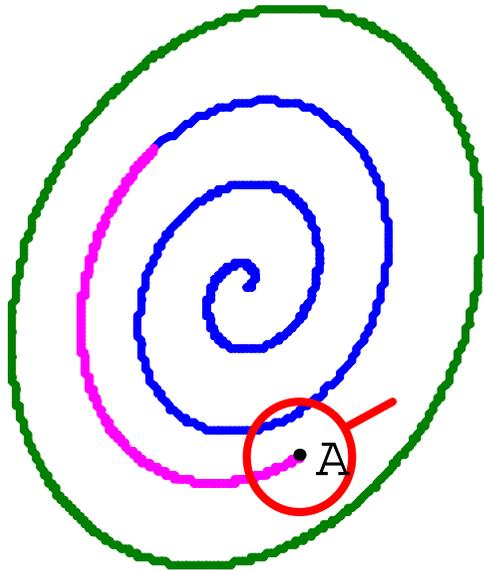
Arc de cercle de rayon $\frac{19\pi}{4}$





Modélisation: spirale

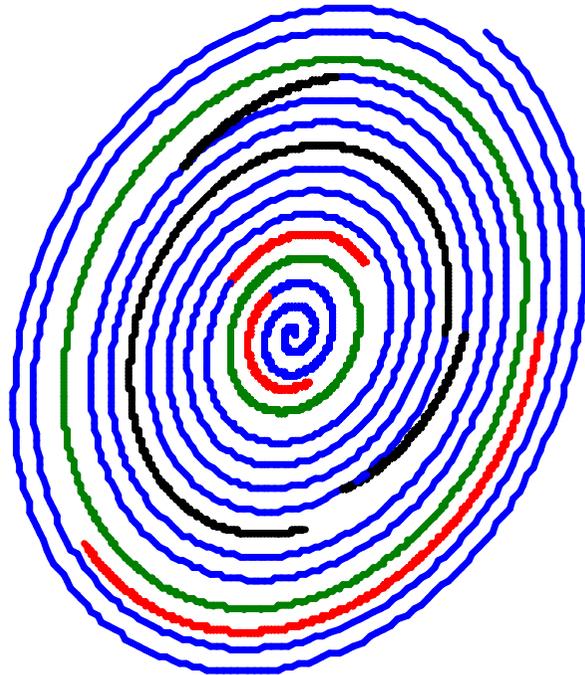
Pour visualiser la minutie (interruption) ; on crée un cercle de centre A et un segment qui a pour support la tangente en A au cercle.





Modélisation: spirale

Noir: Courbes d'équation polaire où est une fonction affine de t (en noir)



Bleu: spirales

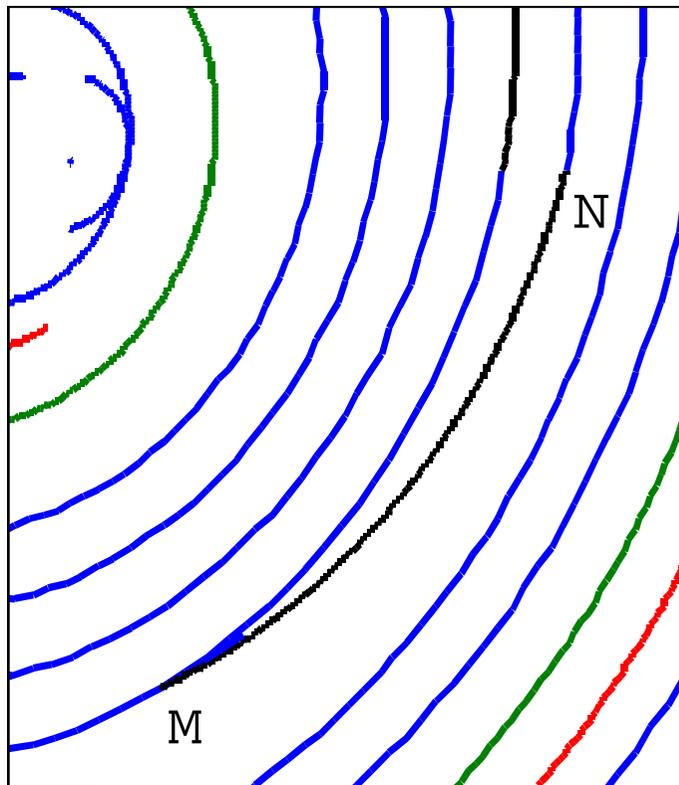
Vert: cercles

Rouge: arcs de cercles



Modélisation: spirale

Minutie bifurcation



$$M\left(\frac{47\pi}{3}\cos\left(-\frac{\pi}{3}\right); \frac{47\pi}{3}\sin\left(-\frac{\pi}{3}\right)\right)$$

$$N(18\pi\cos(0):18\pi\sin(0))$$

$$f(0) = 18\pi \quad f\left(-\frac{\pi}{3}\right) = \frac{47\pi}{3}$$

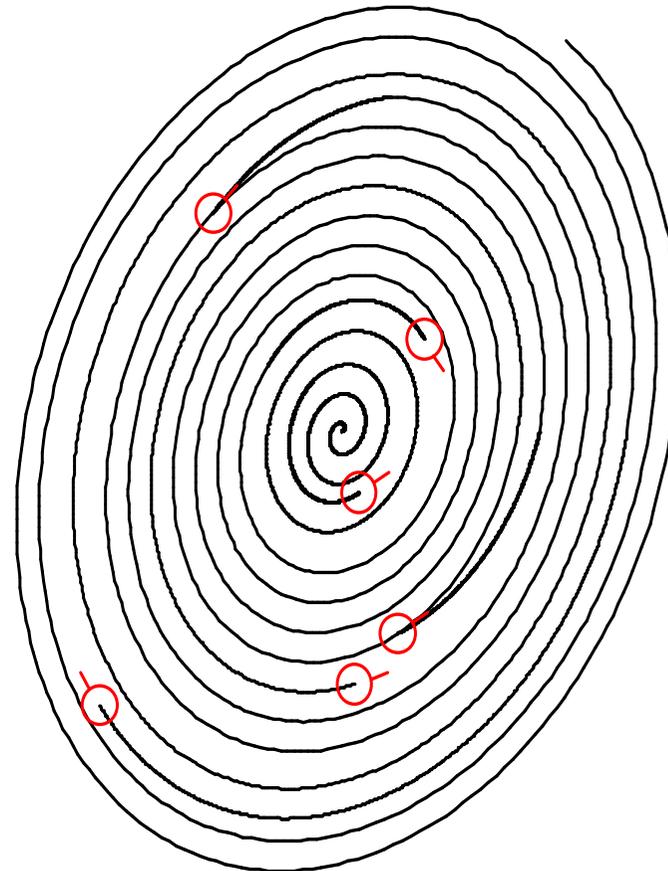
$$f(t) = 7t + 18\pi$$

$$\rho = f(t)$$



Modélisation: spirale

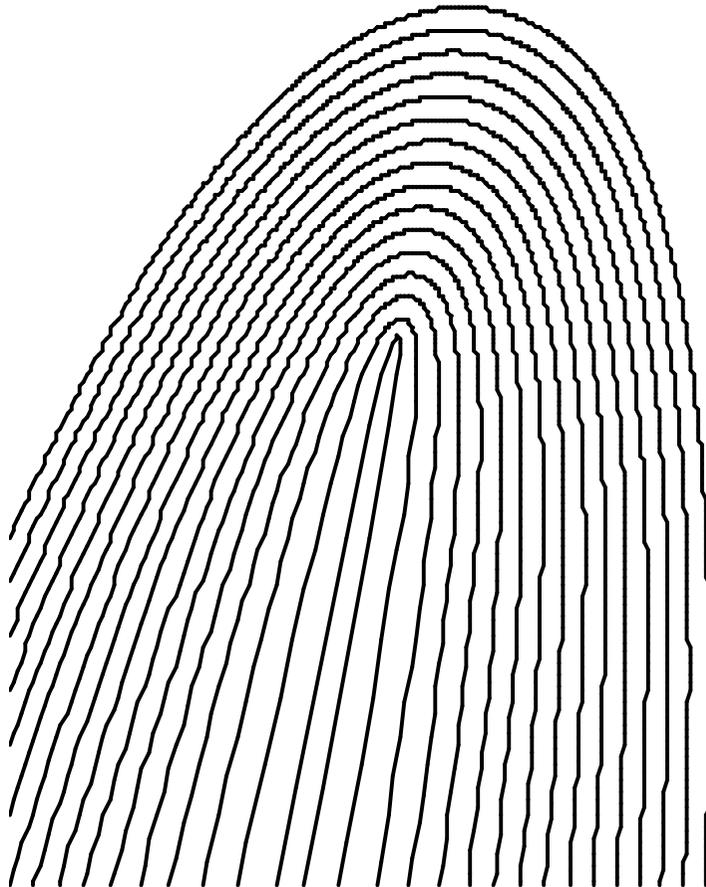
A/R_{oxy}: (4.88, -15.51) B/R_{oxy}: (23.55, 23.55) C/R_{oxy}: (16.08, -51.15) D/r: (14.3, -53.36) E/R_{oxy}: (-36.88, 55.31) F/R_{oxy}: (-69.31, -69.31)





Modélisation: boucle

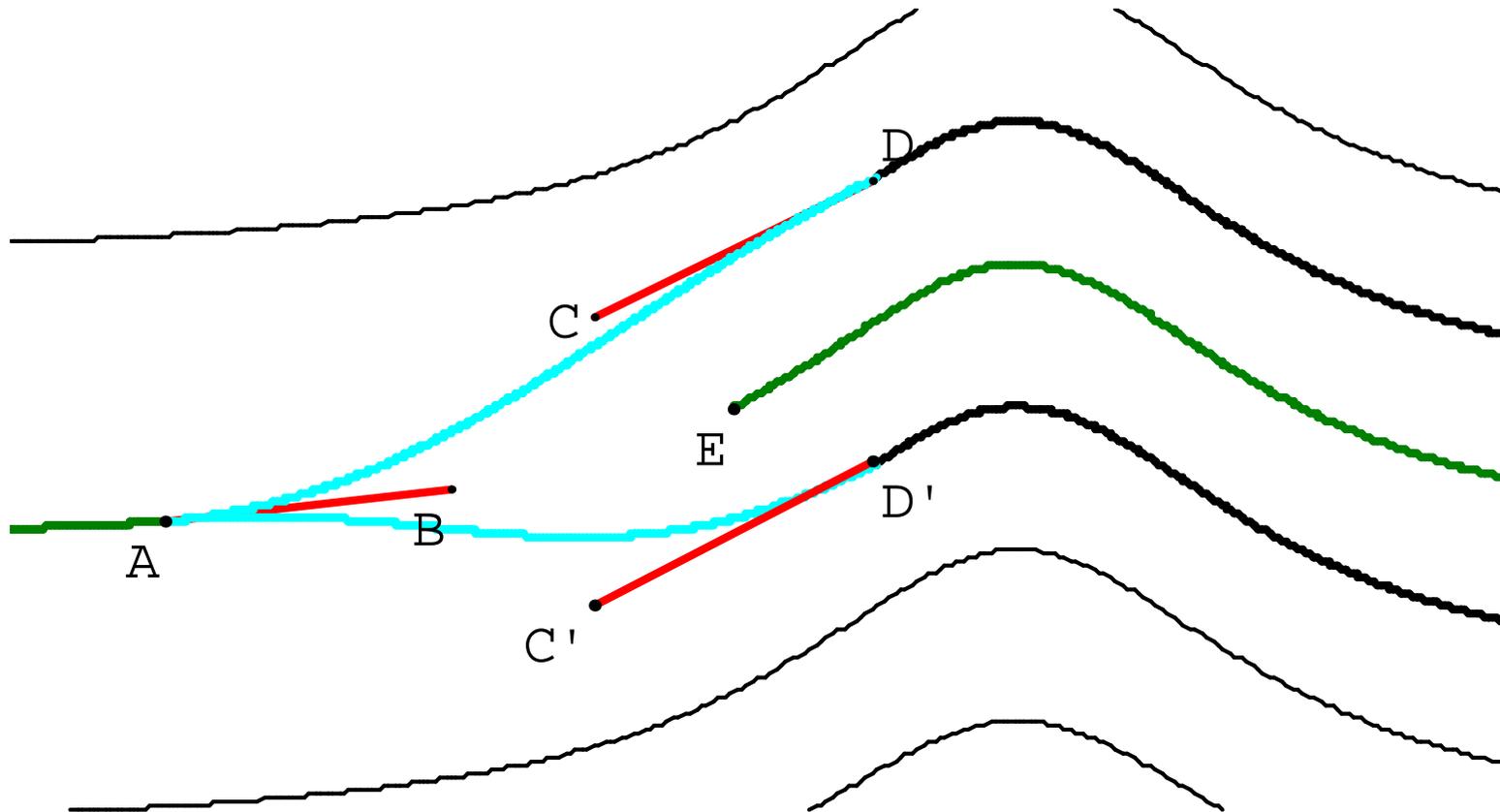
A partir du cosinus hyperbolique



$$y = -\frac{a}{2} \operatorname{ch} \frac{x}{a} + 3a$$



Modélisation: bifurcation à l'aide de courbes de Bézier





Plan

- ◆ **Historique**
- ◆ **Généralités**
- ◆ **Essais de modélisation sur excel et geoplan**
- ◆ **Modèles de classifications d'empreintes**
- ◆ **Empreintes et probabilités**
- ◆ **Proposition d'un modèle de reconnaissances d'empreintes**
- ◆ **Conclusion**



Classification: Galton

<i>Elementary divisions</i>	<i>Index number</i>	<i>Symbols of Patterns.</i>				<i>Index number</i>	
		<i>symmetric.</i>		<i>sloped.</i>			
<i>Primary.</i>	1	\triangle a	λ b	\hat{e} c	\wedge \wedge \wedge \wedge d e f g	1 or 2	
<i>Whorls</i>	3	\odot h	\otimes i	ϕ j	ϕ ϕ ϕ ϕ k l m	3 or 4	
<i>Loops.</i>		<i>all sloped.</i>					
		\curvearrowright n	\curvearrowleft o	\curvearrowright p	\curvearrowleft q	\curvearrowright \curvearrowleft \curvearrowright \curvearrowleft r s t u v w	5 or 6



Classification: Galton

<i>L, R</i>	<i>L, R</i>	<i>Left.</i>					<i>Right.</i>					<i>Index</i>
123, 123	T4, T4	4	3	2	1	T	T	1	2	3	4	
353, 333;	35, 35	↷	⊙	↷	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	↷	38.2
553, 333	35, 35	↷	⊙	↷	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	↷	19.2
353, 353	15, 55	↷	⊙	↷	⊙	↷	↷	⊙	↷	⊙	↷	6.2
353, 653	35, 35	↷	⊙	↷	⊙	⊙	⊙	↷	↷	⊙	↷	17.1
355, 353	55, 35	↷	↷	↷	⊙	↷	⊙	⊙	↷	⊙	↷	16.1
355, 455	55, 35	↷	↷	↷	⊙	↷	⊙	↷	↷	↷	↷	49.1
365, 355	55, 55	↷	↷	↷	⊙	↷	↷	⊙	↷	↷	↷	3.2
415, 555	35, 55	↷	↷	↷	⊙	⊙	↷	↷	↷	↷	↷	21.4



Classification: Henry

	Pou ce droi t	Ind ex droi t	Maje ur droit	Annulair e droit	Auriculair e droit	Pouc e gauc he	Index gauc he	Maje ur gauch e	Annulair e gauche	Auriculair e gauche
Nu mér o du doig t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vale ur si spir ale	16	16	8	8	4	4	2	2	1	1



Classification: Henry

$$r = \frac{1 + (\text{somme des valeurs attribuées aux numéros pairs})}{1 + (\text{somme des valeurs attribuées aux numéros impairs})}$$



Conversion Galton-Henry

Microsoft Excel - Henry.xls

Formule dans B5: `=SI(J1=1;"Arche";SI(J1=2;"Arche";SI(J1=3;"Spire";SI(J1=4;"Spire";"Boucle"))))`

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Codage Galton	3	5	3	6	5	3	3	5	3	5	
2	numéro du doigt correspondant chez Henry	7	8	9	2	3	4	6	10	1	5	
3	nom du doigt	pouce droit	index droit	majeur droit	annulaire droit	auriculaire droit	pouce gauche	index gauche	majeur gauche	annulaire gauche	auriculaire gauche	
4	numéro du doigt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	type de dessin	Spire	Boucle	Boucle	Spire	Boucle	Spire	Spire	Boucle	Spire	Boucle	
6	lettre	W	L	L	W	L	W	W	L	W	L	
7	valeur attribuée	16	0	0	8	0	4	2	0	1	0	
8												
9		groupe										
10												
11												
12	empreinte ligne	1	2	3	4	5	6	7	8			
13		29	29	25	13	25	17	17	3			
14		28	28	20	20	19	19	3	3			
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

L, R	L, R	Left.				Right.				Index		
123, 123	T4, T4	4	3	2	1	T	T	1	2	3	4	
353, 353	35, 35	⌣	⊙	⌣	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⌣	38.2
353, 353	35, 35	⌣	⊙	⌣	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⌣	19.2
353, 353	15, 55	⌣	⊙	⌣	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⌣	6.2
353, 653	35, 35	⌣	⊙	⌣	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⌣	17.1
355, 353	55, 35	⌣	⌣	⌣	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⌣	16.1
355, 455	55, 35	⌣	⌣	⌣	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⌣	49.1
365, 355	55, 55	⌣	⌣	⌣	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⌣	3.2
415, 555	55, 55	⌣	⌣	⌣	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⌣	21.0

Prêt



Plan

- ◆ **Historique**
- ◆ **Généralités**
- ◆ **Essais de modélisation sur excel et geoplan**
- ◆ **Modèles de classifications d'empreintes**
- ◆ **Empreintes et probabilités**
- ◆ **Proposition d'un modèle de reconnaissances d'empreintes**
- ◆ **Conclusion**



Empreintes et probabilités

◆ 1892

- ◆ Galton «démontre » qu'il y a une chance sur 64 milliards que deux individus aient les mêmes empreintes



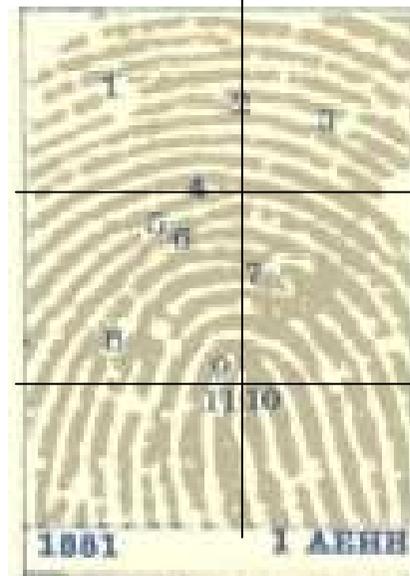
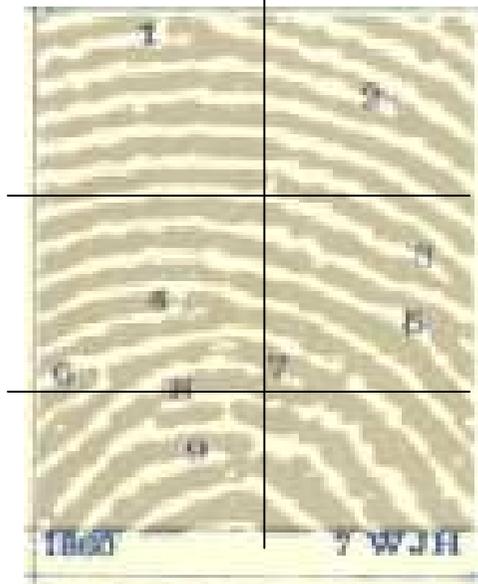
Empreintes et probabilités: Galton

- ◆ **La ressemblance générale de deux empreintes ne suffit pas à prouver qu'elles proviennent d'un même doigt**



Empreintes et probabilités: Galton

- ◆ Une image partielle d'une empreinte est quadrillée par 6 carrés
- ◆ La probabilité de reconstituer un carré si on le cache est égale à 1:2





Empreintes et probabilités: Galton

- ◆ **Une empreinte est constituée de 24 carrés indépendants**



$$a = \left(\frac{1}{2}\right)^{24}$$



Empreintes et probabilités: Galton

- ◆ **Galton introduit des facteurs multiplicatifs rendant compte de la configuration du dessin général et des effets de bord**

$$p(C) = a \times b \times c = \frac{1}{2^{24}} \times \frac{1}{2^4} \times \frac{1}{2^8} = \frac{1}{2^{36}}$$



Empreintes et probabilités: Galton

- ◆ **Il y a une chance sur 64 milliards que deux doigts distincts aient les mêmes empreintes digitales.**

$$2^{10} \approx 1000$$

$$2^{36} \approx 64 \times 10^9$$

$$p \approx \frac{1}{64 \times 10^9}$$



Empreintes et probabilités: Balthazard

- ◆ Balthazard modélise une empreinte comme étant une surface composée de 100 carrés identiques et indépendants, chaque carré pouvant contenir une des 4 minuties de manière équiprobable,
- ◆ Il existe 4^{100} empreintes digitales.

$$P(C) = \left(\frac{1}{4}\right)^{100}$$



Empreintes et probabilité: Christophe Champod

$$P(C) = P(N)P(T)P(S)P(D)P(A)$$

- ◆ **Grâce à l'outil informatique, ce chercheur assemble des données statistiques en vue de vérifier ce modèle et les hypothèses d'indépendance.**



Plan

- ◆ **Historique**
- ◆ **Généralités**
- ◆ **Essais de modélisation sur excel et geoplan**
- ◆ **Modèles de classifications d'empreintes**
- ◆ **Empreintes et probabilités**
- ◆ **Proposition d'un modèle de reconnaissances d'empreintes**
- ◆ **Conclusion**