

On avait fourni dans une petite note¹ en prose quelques éléments de réflexion au sujet de l'indiscernabilité des variables d'une équation, indiscernabilité présentée par plusieurs chercheurs comme un des éléments essentiels de la théorie de Galois.

On va essayer de poursuivre un peu ce cheminement de réflexion en s'interrogeant sur les variables temporelle et spatiale, habituellement utilisées dans les modélisations de la réalité physique.

Mais comme on n'y connaît rien à la physique, on va plutôt se placer au niveau macroscopique humain et on va utiliser un cas d'école qu'on espère illustrant : les statistiques de visites fournies par Google-analytics.

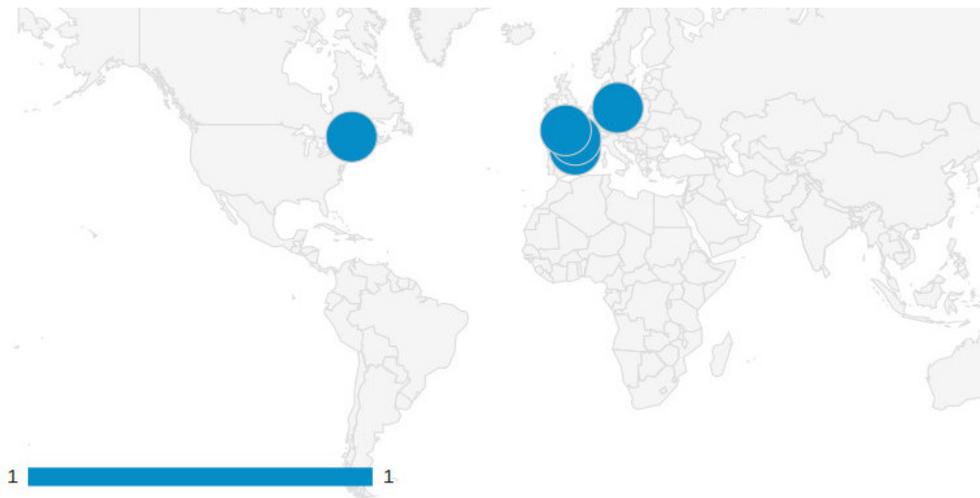
On se place à certains niveaux de "granularités" temporelle et spatiale : étant donné un site, le logiciel fournit pour un visiteur donné la ville où il était et l'heure à laquelle il a effectué une visite. On va utiliser la logique du premier ordre pour représenter ça par un prédicat $visite(Id, Ville, Heure)$ qui nous indique par exemple par l'assertion $visite(v14, Dijon, 2014121207)$ qu'il y a eu une visite qu'on appelle la visite $v14$ à tel site depuis la ville de Dijon le 12 décembre 2014 à 7 heures du matin.

Fixons-nous sur la ville de Dijon. On trouve plusieurs visites depuis cette même ville dans différents intervalles de temps (telle journée, telle semaine).

7.	Choisy-le-Roi	2014120408	1 (2,70 %)	0,00 %	0 (0,00 %)	0,00 %	2,00	00:00:24
8.	Dijon	2014120706	1 (2,70 %)	100,00 %	1 (3,85 %)	0,00 %	7,00	00:02:33
9.	Dijon	2014120823	1 (2,70 %)	0,00 %	0 (0,00 %)	0,00 %	2,00	00:01:22
10.	Dijon	2014121008	1 (2,70 %)	0,00 %	0 (0,00 %)	100,00 %	1,00	00:00:00
11.	Dijon	2014121022	1 (2,70 %)	0,00 %	0 (0,00 %)	100,00 %	1,00	00:00:00
12.	Dijon	2014121111	1 (2,70 %)	0,00 %	0 (0,00 %)	100,00 %	1,00	00:00:00
13.	Dijon	2014121122	1 (2,70 %)	0,00 %	0 (0,00 %)	100,00 %	1,00	00:00:00
14.	Dijon	2014121207	1 (2,70 %)	100,00 %	1 (3,85 %)	100,00 %	1,00	00:00:00

Fixons-nous sur une certaine heure. On trouve plusieurs visites depuis différentes villes à l'heure en question.

¹<http://denise.vella.chemla.free.fr/indiscernabilite.pdf>



Dimension principale : Pays Ville Continent Sous-continent

Dimension secondaire

Ville ?	Acquisition			Comportement		
	Sessions ? ↓	% nouvelles sessions ?	Nouveaux utilisateurs ?	Taux de rebond ?	Pages/session ?	Durée moyenne des sessions ?
	5 % du total: 100,00 % (5)	100,00 % Moyenne du site: 100,00 % (0,00 %)	5 % du total: 100,00 % (5)	60,00 % Moyenne du site: 60,00 % (0,00 %)	4,40 Moyenne du site: 4,40 (0,00 %)	00:02:03 Moyenne du site: 00:02:03 (0,00 %)
1. Trois-Rivieres	1 (20,00 %)	100,00 %	1 (20,00 %)	0,00 %	12,00	00:07:05
2. Berlin	1 (20,00 %)	100,00 %	1 (20,00 %)	100,00 %	1,00	00:00:00
3. Pau	1 (20,00 %)	100,00 %	1 (20,00 %)	0,00 %	7,00	00:03:08
4. Gensac-la-Pallue	1 (20,00 %)	100,00 %	1 (20,00 %)	100,00 %	1,00	00:00:00
5. Queven	1 (20,00 %)	100,00 %	1 (20,00 %)	100,00 %	1,00	00:00:00

Ce sont des humains ou des robots qui ont effectué ces visites (on voit là l’outil puissant de traçage des individus dont les individus, sociétés et organismes qui ont connaissance et maîtrise de tels outils disposent ; je ne crois pas que Google fournisse les adresses IP des visiteurs mais d’autres fournisseurs d’accès les donnent). Mais on peut imaginer qu’à la place de visite d’humains, à d’autres fins de modélisation (les applications qui pistent les visites aux sites sont plutôt des applications marketing), on pourrait s’intéresser à des avions par exemple (la première image correspondrait à la phrase “*les avions TC-8820, AB-4502 et UZ-4563, etc (identifiants inventés au hasard) sont passés au-dessus de Dijon tel jour*” tandis que la deuxième image correspondrait à la phrase “*à 8 heures du matin le 12 décembre, TC-8820 survolait Gensac-La-Pallue pendant qu’AB-4502 survolait Queven, etc*”).

Il n’y a on le voit pas de raison de distinguer les variables temporelles des variables spatiales. De la même façon qu’une même personne (un même avion) ne peut être en plusieurs endroits simultanément (on fixe le temps et au niveau macroscopique, nous n’avons pas encore le don d’ubiquité, même si ça serait très pratique), nous ne pouvons pas être en un même lieu (on fixe l’espace) en plusieurs instants à la fois (i.e. une fois fixé le lieu où je suis, si je regarde ma montre, elle ne peut pas m’indiquer à la fois qu’il est 8 heures et qu’il est 10 heures). Il semblerait que le temps et l’espace aient des statuts totalement similaires en fait. Pour les informaticiens qui programment en Prolog, tout est variable ou prédicat.

On comprend facilement alors que la “biographie informatique” d’un individu (l’historique de ses visites de sites) est l’ensemble des prédicats concernant son adresse-IP (on fixe la première variable du prédicat si cette variable est effectivement l’adresse-IP) ; si le logiciel de comptage n’a pas conservé l’adresse-IP (s’il a en quelque sorte “anonymé” ses calculs), on ne peut constituer une telle biographie informatique.

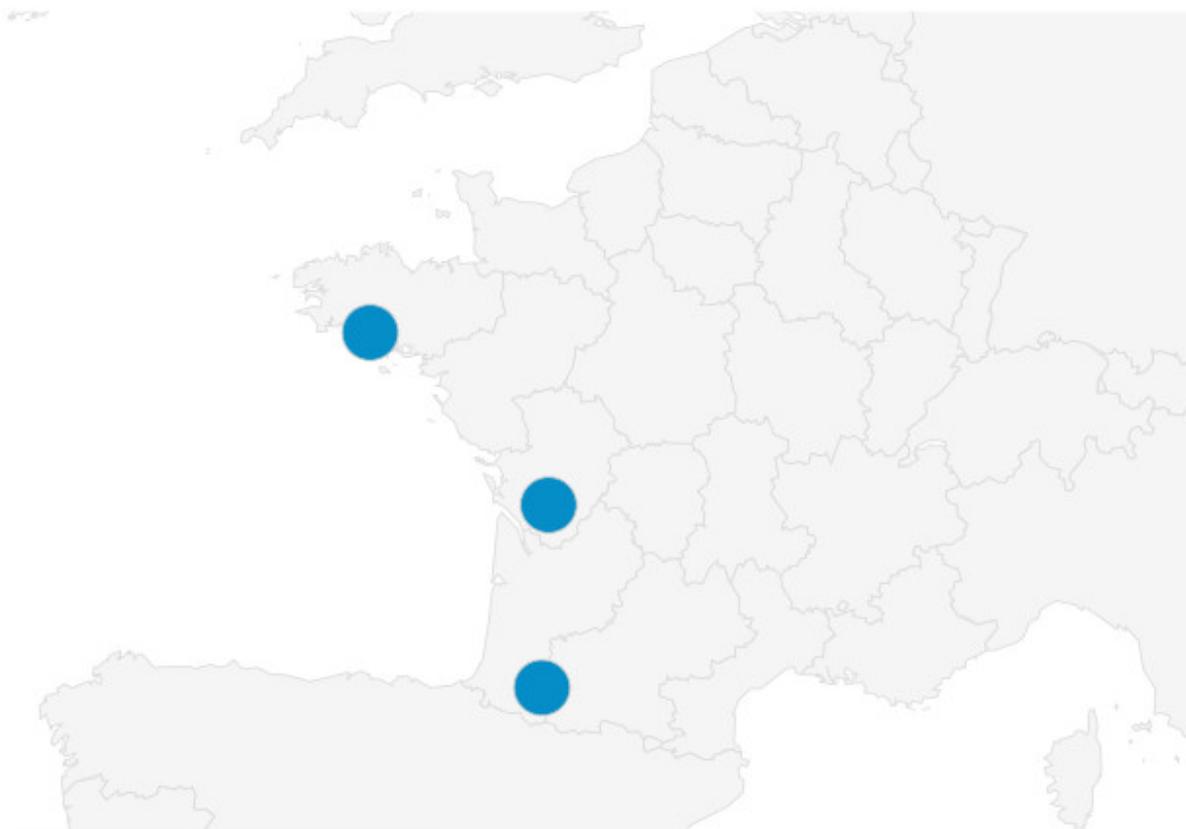
Tout est ainsi au même niveau, que ce soient les événements ou centres de focalisation de l'attention (les avions, les individus, les chocs entre particules, etc), ou bien que ce soient les instants et lieux de leur occurrence.

Intéressons-nous maintenant à la notion de positionnement, dans l'espace d'une part et dans le temps d'autre part. Pour l'espace, se positionner consiste à spécifier une origine et une distance à cette origine. Analytics utilise les coordonnées-GPS pour positionner ses points. Pour le temps, il utilise l'heure de Mountain View (en Californie, là où est située la maison-mère de Google) comme référentiel (on doit ajouter 9 heures à l'heure fournie par analytics pour savoir à quelle heure une visite a effectivement eu lieu en France). Les grands théoriciens proposent d'utiliser l'unité temporelle la plus précise actuelle à la fois comme unité de mesure de temps, mais également comme unité de mesure d'espace, si j'ai bien compris. Cela reste conceptuellement très difficile à comprendre mais peut-être que les éléments fournis ici peuvent aider à comprendre leur motivation.

Grand-frère est encore un presque-nouveau-né mais je suis sûre qu'il grandira très vite et nous devons le surveiller autant qu'il nous surveille.

Jouer

Préoccupons-nous uniquement des positionnements spatiaux. De nombreuses personnes, voyant les points de la carte ci-dessous, auront tendance à les positionner sur un petit cercle, centré quelque part dans l'océan Atlantique.



De même, il sera naturel de s'interroger sur l'alignement de trois villes A, B, C. En fait, cet alignement sur la sphère terrestre correspond à l'appartenance à un même grand cercle ou géodésique (arc de grand cercle sur la sphère terrestre). On utilisera les latitude et longitude des 3 villes, il faudra convertir les degrés en radians, passer d'un système de coordonnées à un autre et regarder si le déterminant de la matrice 3×3 correspondant s'annule. Ci-dessous, une carte qui donne l'idée de l'alignement de trois villes.



Sans le montrer sur une carte car les villes correspondantes sont si proches que l'impression visuelle n'est pas flagrante, on peut dire que le plus petit déterminant (en valeur absolue) qu'on a calculé correspondant au calcul de l'alignement des trois villes françaises Nevers², Dijon³ et Besançon⁴ est

$$-0.000095381302136937002074.$$

Ces trois villes appartiennent “presque” à une même géodésique.

Dans ce qu'on vient de faire, on a des points fixés, et on calcule si ces points respectent certaines contraintes que l'on impose (appartenance à une droite, à un cercle). Les premiers astronomes raisonnaient dans l'autre sens en quelque sorte : les points bougent (les planètes, le soleil) et on essaie de déduire de certains alignements (éclipses par exemple) les figures que leur déplacement les fait décrire : on fixe le temps, on fixe l'espace, on en déduit l'évolution.

Nulle part pour l'instant on a utilisé la notion de probabilité. Si je m'interroge sur l'identité des personnes qui ont effectué les visites, je peux considérer qu'il est plus probable que M. Yamaha (nom inventé) ait visité depuis Kuré ou Kyoto, plutôt que M. Dupneu qui peut avoir plus probablement visité depuis Quéven, encore que. Je crois que c'est cette idée qui est à l'oeuvre dans le domaine quantique : associer des probabilités à la présence de telle ou telle particule autour de telle ou telle position. Si je rencontre M. Yamaha et qu'il me dit : “tu sais, j'ai visité ton site tel jour à telle heure, quand j'étais à Kyoto”, la probabilité deviendra une certitude et il semblerait que c'est ce que les physiciens quantiques entendent par “réduction du paquet d'ondes de probabilités” mais ce serait vraiment à confirmer.

Concernant le positionnement GPS et sa précision (car il perdure une petite incertitude sur les positionnements), on regardera avec profit une courte vidéo à destination d'enfants à cette adresse : <http://mathix.org/linux/archives/2492>

Pour finir, une reproduction d'un tableau de Largillière représentant Emilie du Châtelet, ses pouce et index gauches mesurant un certain écartement sur un globe terrestre, sa main droite tenant un compas.

²de latitude et longitude (46.9908960, 3.1628450)

³de latitude et longitude (47.3220470, 5.0414800)

⁴de latitude et longitude (47.6193757, 6.1529374)

