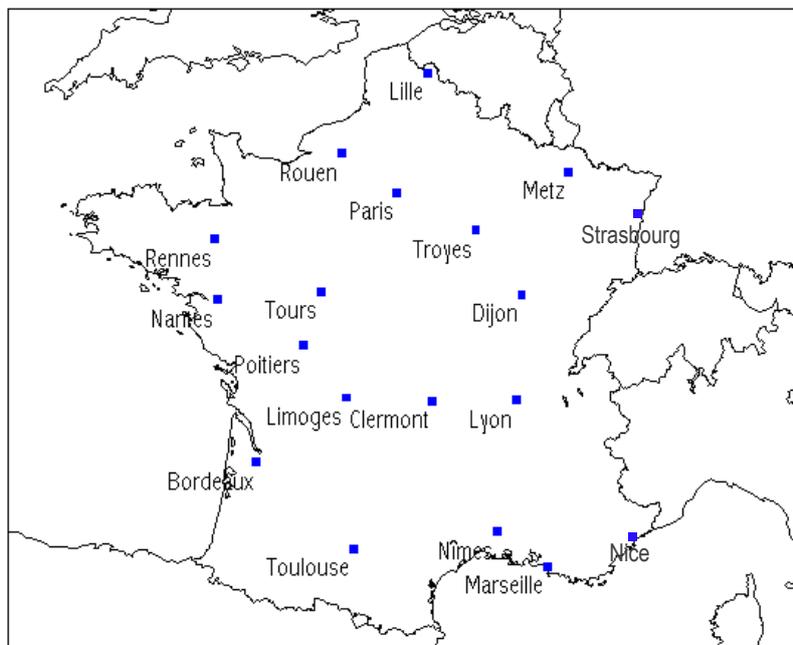


## DISTANCES ET ACCESSIBILITE

### APPLICATION : COMMENT ESTIMER LES DISTANCES ENTRE LES PRINCIPALES AGGLOMERATIONS FRANÇAISES ?



#### 1. MODELISATION DES DISTANCES ROUTIERES ENTRE LES GRANDES VILLES FRANÇAISES

- a. On cherche à estimer la distance entre Strasbourg et 8 autres villes françaises (*document 1*), mais on ne connaît que les coordonnées de ces villes. Rappelez les différences entre les métriques euclidienne et rectilinéaire, puis complétez le *document 2* en utilisant les fonctions mathématiques correspondantes. Comparez les résultats obtenus pour chacune des deux métriques.
- b. On dispose des distances routières réelles entre Bordeaux et 7 autres grandes villes françaises, que l'on peut confronter aux distances théoriques calculées à l'aide des métriques (*document 3*). Discutez les avantages et inconvénients de chacune des deux métriques pour l'estimation des distances routières entre ces villes.

- c. On a construit un modèle plus élaboré (régression) de comparaison des mesures de distances entre 8 grandes villes (*documents 4 à 6*). A partir des *documents 7 et 8*, vérifiez si les conclusions sont les mêmes que précédemment lorsqu'on utilise ces modèles :
- Commentez les coefficients de détermination des modèles de régression linéaire construits pour estimer les distances routières (Y) en fonction des distances théoriques (X).
  - Comparez les pentes des droites d'ajustement pour les deux modèles : comment interprétez-vous les différences observées ?
  - Que vous apprennent les principaux résidus sur les limites de chaque modèle ?
  - D'après vous, les conclusions tirées de la comparaison des deux modèles pour la France sont-elles valables pour d'autres contextes nationaux ?

## **2. MODELISATION DES DISTANCES AERIENNES ENTRE LES GRANDES VILLES FRANÇAISES**

- a. Complétez le *document 9* en traçant la droite de régression et l'intervalle de confiance, puis estimez à partir de ce modèle le temps de vol entre Strasbourg et Bordeaux.
- b. Que pensez-vous de l'estimation des temps de vol par la distance euclidienne entre les villes ? Comment pouvez-vous expliquer ces résultats ? Commentez quelques résidus.
- c. Après avoir complété le *document 10*, déterminez quel est le temps moyen de connexion entre deux villes en avion. Puis déterminez quelle ville française est la plus accessible, la moins accessible, en termes de temps de transport aérien. La réponse serait-elle la même si l'on raisonnait en distance-coût (*document 11*) ?
- d. Le *document 12* est une carte par anamorphose du monde établie à partir des distances coûts du transport aérien depuis Londres (*cf. doc. cours n°3*). Quel est l'intérêt d'une telle représentation ? En vous appuyant sur des sites internet de recherche de prix de billets d'avion, essayez d'établir une représentation similaire pour cartographier la distance-coût à quelques grandes villes françaises et européennes depuis Paris.

## ESTIMATION DES DISTANCES ROUTIERES

Document 1 : Coordonnées Lambert et population en 2010 (sources : IGN & INSEE)

Ville	Code	X	Y	PopAg2010
Bordeaux	Bor	3696	19867	851 071
Lille	Lil	6501	26262	1 018 809
Lyon	Lyo	7943	20882	1 567 537
Marseille	Mar	8464	18152	1 560 921
Nantes	Nan	3053	22538	597 879
Nice	Nic	9972	18685	943 665
Paris	Par	6007	24293	10 516 110
Toulouse	Tou	5282	18446	892 115

NB : les coordonnées Lambert sont exprimées en hectomètres.

Document 2 : Approximations des distances à Strasbourg

Ville référence (i)	Villes (j)	$X_i$ (hm)	$Y_i$ (hm)	$X_j$ (hm)	$Y_j$ (hm)	$X_i - X_j$	$Y_i - Y_j$	Deij* (km)	Drij** (km)
Strasbourg	Bordeaux	9996	24122	3696	19867				
Strasbourg	Lille	9996	24122	6501	26262				
Strasbourg	Lyon	9996	24122	7943	20882				
Strasbourg	Marseille	9996	24122	8464	18152				
Strasbourg	Nantes	9996	24122	3053	22538				
Strasbourg	Nice	9996	24122	9972	18685				
Strasbourg	Paris	9996	24122	6007	24293				
Strasbourg	Toulouse	9996	24122	5282	18446				
* Deij correspond à la distance euclidienne entre les villes i et j									
** Drij correspond à la distance rectilinéaire entre les villes i et j									

Document 3 : Comparaison des distances routières et des métriques entre Bordeaux et quelques autres grandes villes françaises

Trajets entre villes	Distances routières en km (1)	Distances euclidiennes en km (2)	Distances rectilinéaires en km (3)	Rapport (2)/(1)	Rapport (3)/(1)
Bordeaux-Lille	806	698	920	0,87	1,14
Bordeaux-Lyon	646	437	526	0,68	0,81
Bordeaux-Marseille	548	507	648	0,93	1,18
Bordeaux-Nantes	352	275	331	0,78	0,94
Bordeaux-Nice	811	639	746	0,79	0,92
Bordeaux-Paris	571	499	674	0,87	1,18
Bordeaux - Toulouse	244	212	300	0,87	1,23

Moyenne 0,83 1,06  
Ecart-type 0,08 0,15  
Coeff. var. 0,09 0,14

#### Document 4 : Matrice des distances routières

D_rout	Mar	Bor	Lil	Lyo	Nan	Nic	Par	Tou	Total
Mar	0	646	1003	314	988	214	776	405	4346
Bor	646	0	806	548	352	811	571	244	3978
Lil	1003	806	0	691	604	1160	226	896	5386
Lyo	314	548	691	0	687	471	465	537	3713
Nan	988	352	604	687	0	1153	388	587	4759
Nic	214	811	1160	471	1153	0	941	569	5319
Par	776	571	226	465	388	941	0	679	4046
Tou	405	244	896	537	587	569	679	0	3917
Total	4346	3978	5386	3713	4759	5319	4046	3917	35464

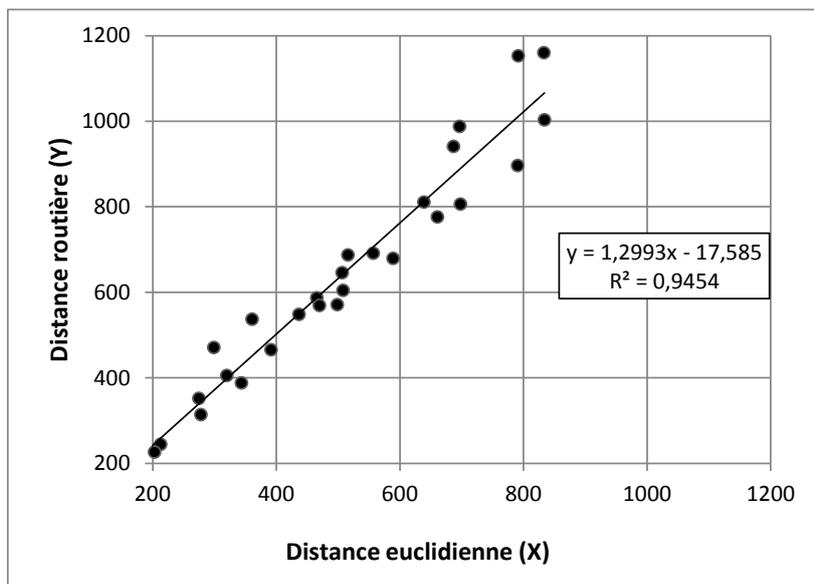
#### Document 5 : Matrice des distances euclidiennes

D_euc	Mar	Bor	Lil	Lyo	Nan	Nic	Par	Tou	Total
Mar	0	507	834	278	697	160	661	320	3457
Bor	507	0	698	437	275	639	499	213	3268
Lil	834	698	0	557	508	833	203	791	4424
Lyo	278	437	557	0	516	299	392	361	2840
Nan	697	275	508	516	0	792	344	466	3598
Nic	160	639	833	299	792	0	687	470	3880
Par	661	499	203	392	344	687	0	589	3375
Tou	320	213	791	361	466	470	589	0	3210
Total	3457	3268	4424	2840	3598	3880	3375	3210	28052

#### Document 6 : Matrice des distances rectilinéaires

D_rec	Mar	Bor	Lil	Lyo	Nan	Nic	Par	Tou	Total
Mar	0	648	1007	325	980	204	860	348	4372
Bor	648	0	920	526	331	746	674	301	4146
Lil	1007	920	0	682	717	1105	246	904	5581
Lyo	325	526	682	0	655	423	535	510	3656
Nan	980	331	717	655	0	1077	471	632	4863
Nic	204	746	1105	423	1077	0	957	493	5005
Par	860	674	246	535	471	957	0	657	4400
Tou	348	301	904	510	632	493	657	0	3845
Total	4372	4146	5581	3656	4863	5005	4400	3845	35868

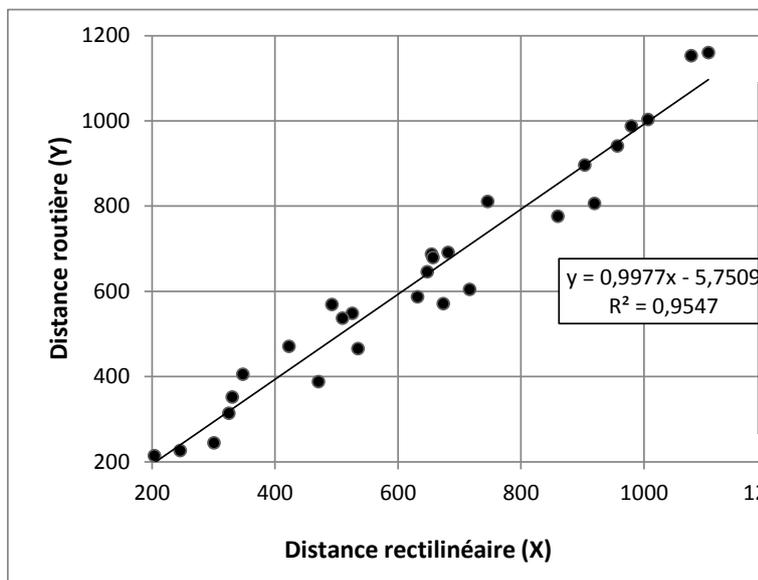
### Document 7 : Distance routière en fonction de la distance euclidienne



#### Principaux résidus

<i>i</i>	<i>j</i>	X	Y	Y*	Y - Y*
Lil	Tou	791	896	1010	-114
Bor	Lil	698	806	889	-83
Par	Tou	589	679	748	-69
Mar	Par	661	776	841	-65
...	...	...	...	...	...
Lil	Nic	833	1160	1065	95
Mar	Nan	697	988	888	100
Lyo	Nic	299	471	371	100
Nan	Nic	792	1153	1011	142

### Document 8 : Distance routière en fonction de la distance rectilinéaire

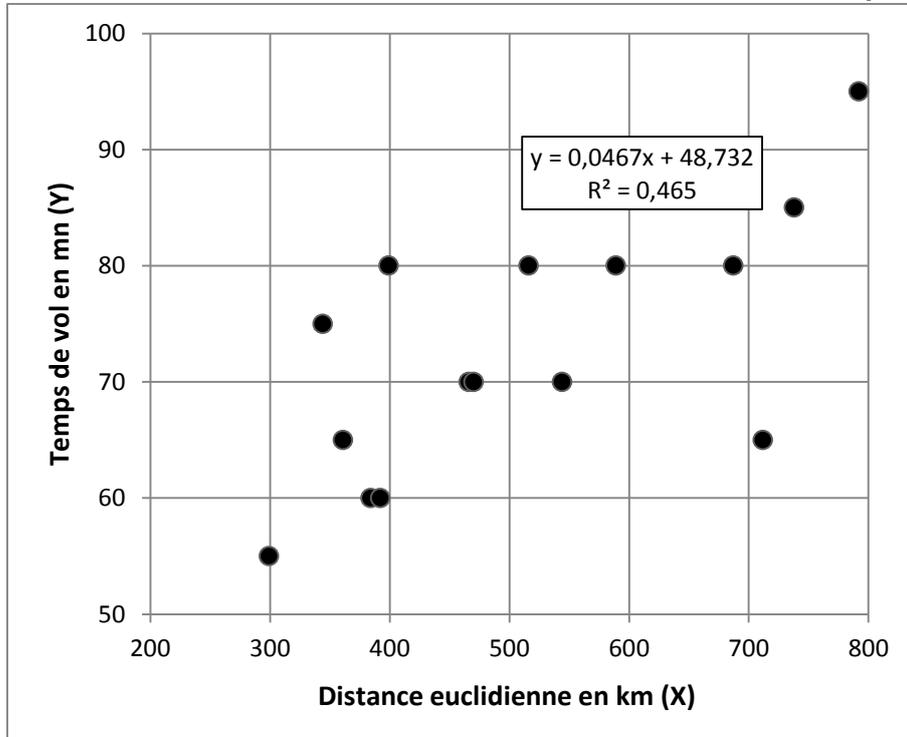


#### Principaux résidus

<i>i</i>	<i>j</i>	X	Y	Y*	Y - Y*
Lil	Tou	920	896	912	-16
Lil	Nan	717	604	710	-106
Lyo	Par	674	571	667	-96
Mar	Par	860	776	852	-76
...	...	...	...	...	...
Mar	Tou	348	405	341	64
Bor	Nic	746	811	739	72
Nic	Tou	493	569	486	83
Nan	Nic	1077	1153	1069	84

## MODELISATION DU TEMPS DE TRANSPORT AERIEN

Document 9 : Relation entre distance euclidienne et temps de vol



N.B. L'écart type des résidus du modèle  $Y = aX + b$  est de 7,6

Document 10 : Accessibilité aérienne de quelques grandes villes françaises en 2015 (en minutes)

T_aer	Str	Lyo	Nan	Nic	Par	Tou	Total
Str		60	65	70	80	85	<b>360</b>
Lyo	60		80	55	60	65	...
Nan	65	80		95	75	70	<b>385</b>
Nic	70	55	95		80	70	<b>370</b>
Par	80	60	75	80		80	<b>375</b>
Tou	85	65	70	70	80		<b>370</b>
Total	<b>360</b>	...	<b>385</b>	<b>370</b>	<b>375</b>	<b>370</b>	<b>1860</b>

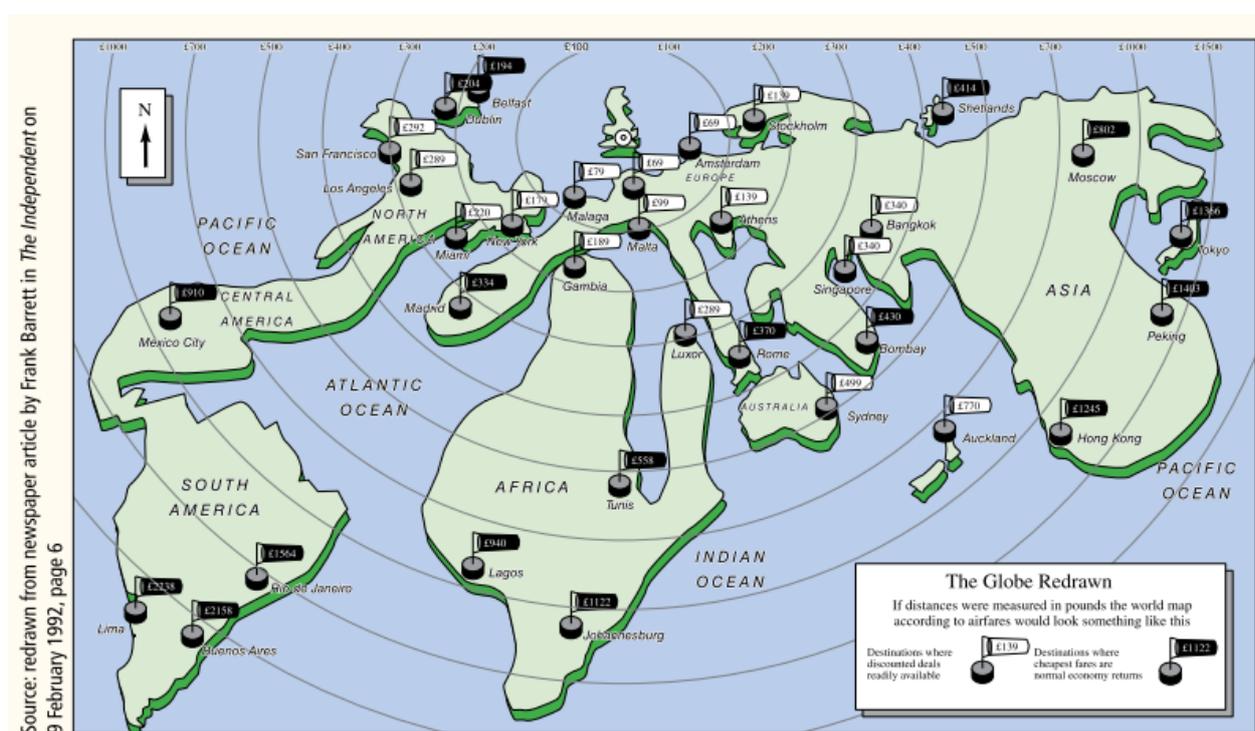
Source : [www.opodo.fr](http://www.opodo.fr)

**Document 11 : Accessibilité aérienne de quelques grandes villes françaises (en euros)**

C_aer	Str	Lyo	Nan	Nic	Par	Tou	Total
Str	0	55**	55	75	44	44	273
Lyo	55**	0	43*	45	45	40*	228
Nan	55**	43*	0	41*	44	41*	224
Nic	75	45	41*	0	44	45*	250
Par	44	45	44	44	0	44	221
Tou	44	40*	41*	45*	44	0	214
<b>Total</b>	<b>273</b>	<b>228</b>	<b>224</b>	<b>250</b>	<b>221</b>	<b>214</b>	<b>1410</b>

Source : [www.opodo.fr](http://www.opodo.fr). Prix minimum indiqué pour un vol aller direct le mardi 2 juin 2015 (requête effectuée le 5 février). \* Vol Easy Jet, \*\*Vol Hop

**Document 12 : Le monde vu d'après les coûts de transport aériens depuis Londres (1992).**



Source : Longley, Goodchild, Maguire, 2014, *Geographic Information Science and Systems*, p.289