Université Paris II Panthéon-Assas

Droit - Économie - Sciences Sociales

Session : Septembre 2017

Année d'étude : 3e année de Licence Sciences Économiques

Discipline : ***Économétrie***
(Unité d'enseignements fondamentaux 2)

Titulaire(s) du cours : M. Alain PIROTTE

Durée : 3h00
Aucun document autorisé
Calculatrice autorisée

Exercice n°1

À partir d'une coupe transversale de 706 individus, *Biddle* et *Hamermesh* (1990) ont étudié la relation entre le nombre de minutes de sommeil par semaine (som) et le nombre de minutes travaillées par semaine ($mtra$). Le modèle est le suivant :

$$som_i = b_0 + b_1 mtra_i + u_i,\ i = 1, \ldots, 706. \tag{1}$$

1. En estimant le modèle (1) par les MCO, on obtient[1] :

$$\widehat{som}_i = \underset{(92,17)}{3586,4} - \underset{(-9,00)}{0,1507} mtra_i \tag{2}$$

$$R^2 = 0,103 \qquad \widehat{\sigma}_u = 421,14.$$

[1] **Pour tous les exercices de cet examen**, les chiffres entre parenthèses en dessous des coefficients estimés correspondent à leurs t de *Student* calculés.

Commenter ces résultats ? Comment s'interprète le coefficient associé à la constante ?

2. Si $mtra$ augmente de 2 heures par semaine, *toutes choses égales par ailleurs*, comment évolue le nombre de minutes de sommeil par semaine ?

3. Si au lieu de considérer le nombre de minutes travaillées par semaine ($mtra$), on retient le nombre d'heures travaillées par semaine ($htra$), exprimer le modèle (1) en fonction de la variable explicative $htra$.

4. Un modèle moins restrictif consiste à introduire comme variables explicatives supplémentaires, l'âge (age) et le niveau d'éducation ($educ$) (ces deux variables sont exprimées en nombre d'années), soit :

$$som_i = b_0 + b_1 mtra_i + b_2 educ_i + b_3 age_i + u_i,\ i = 1, \ldots, 706. \qquad (3)$$

   Discuter les signes attendus des coefficients b_1, b_2 et b_3.

5. L'application des MCO au modèle (3) a donné les résultats suivants :

$$\widehat{som}_i = \underset{(32{,}40)}{3638,2} - \underset{(-8{,}89)}{0,1483} mtra_i - \underset{(-1{,}89)}{11,1338} educ_i + \underset{(1{,}52)}{2,1998} age_i \qquad (4)$$

$$R^2 = 0,113 \qquad \widehat{\sigma}_u = 419,36.$$

   Commenter.

6. Si $mtra$ augmente de 5 heures par semaine, *toutes choses égales par ailleurs*, comment évolue le nombre de minutes de sommeil par semaine ? Comparer ce résultat à celui de la question 2. Commenter.

7. Le modèle (4) s'ajuste-t-il mieux au nombre de minutes de sommeil par semaine ? Quelles sont les autres variables explicatives susceptibles d'être introduites ? Certaines d'entre elles peuvent-elles être corrélées avec les variables explicatives déjà présentes ? Si tel est le cas, les estimations des MCO (4) sont-elles fiables ?

8. Serait-il pertinent d'envisager d'effectuer un test pour valider l'hypothèse d'homoscédasticité des perturbations du modèle (3) ? Si oui, pourquoi.

Exercice n°2

À partir d'une coupe transversale de 136 individus, i.e. $i = 1, \ldots, 136$, on cherche à expliquer le salaire médian (w) que les nouveaux diplômés en droit perçoivent à l'embauche aux États-Unis. Le modèle est le suivant :

$$\ln w_i = b_0 + b_1 lsat_i + b_2 gpa_i + b_3 \ln libvol_i + b_4 \ln cost_i + b_5 rang_i + u_i \quad (5)$$

$lsat$ = note médiane obtenue par la promotion à un test d'entrée;
gpa = médiane de la moyenne générale obtenue par la promotion;
$libvol$ = nombre d'ouvrages disponibles dans la bibliothèque de l'école;
$cost$ = coût de l'inscription annuelle à l'école;
$rang$ = position de l'école dans un classement national ($rang = 1$ désigne la meilleure école).

ln désigne le logarithme népérien.

1. Expliquer les signes attendus des coefficients b_1, b_2, b_3, b_4 et b_5?

2. L'application des MCO au modèle (5) a donné les résultats suivants :

$$\begin{aligned}\widehat{\ln w_i} \;=\; & \underset{(15{,}67)}{8,34} + \underset{(1{,}17)}{0,0047} lsat_i + \underset{(2{,}75)}{0,248} gpa_i + \underset{(2{,}86)}{0,095} \ln libvol_i \\ & + \underset{(1{,}17)}{0,038} \ln cost_i - \underset{(-9{,}54)}{0,0033} rang_i + u_i \qquad (6)\end{aligned}$$

$$R^2 = 0,842 \qquad \widehat{\sigma}_u = 0,112.$$

   Tester la significativité globale du modèle au seuil de 5 %. Commenter.

3. Interpréter le coefficient de la variable explicative $\ln libvol$.

4. Construire un intervalle de confiance à 95% pour le coefficient b_3. Commenter.

5. Quel est l'impact, *toutes choses égales par ailleurs*, d'une amélioration de 10 places d'une école dans le classement national en termes de salaire médian estimé à l'embauche ? Conclusion.

Exercice n°3

Soit le modèle de régression simple :

$$y_t = \mu + \varepsilon_t \tag{7}$$

où la perturbation ε_t est supposée autocorrélée à l'ordre un, soit :

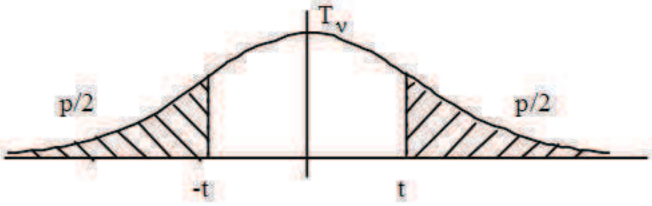
$$\varepsilon_t = \gamma \varepsilon_{t-1} + \eta_t \qquad |\gamma| < 1 \qquad t = 2, \ldots, T, \tag{8}$$

avec $\varepsilon_1 = \left(1-\gamma^2\right)^{-1/2} \eta_1$. Le terme η_t est supposée de moyenne nulle, de variance scalaire et non autocorrélée.

1. Calculer $Cov\left(\varepsilon_t, \varepsilon_{t'}\right)$ pour $t = t'$ et $t \neq t'$.
2. Démontrer comment estimer le paramètre μ à partir de la méthode de *Cochrane-Orcutt*.

Questions

1. Qu'appelle-t-on borne de FDCR (*Fréchet-Darmois-Cramer-Rao*) ?
2. Définir le critère de l'Erreur Quadratique Moyenne (EQM).



Variable de STUDENT à ν degrés de liberté

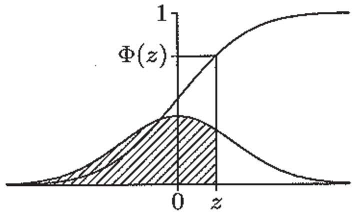
$T_\nu = \dfrac{U}{\sqrt{Y/\nu}}$ où $U \approx N(0,1)$ et $Y \approx \chi^2(\nu)$ sont indépendants en probabilité.

TABLE de t en fonction du degré de liberté ν et de la probabilité p, tels que $P(\,|T_\nu| > t\,) = p$:

ν \ p	0,90	0,70	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,158	0,510	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,142	0,445	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,137	0,424	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,134	0,414	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,132	0,408	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,131	0,404	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,130	0,402	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,130	0,399	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,129	0,398	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,129	0,397	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,129	0,396	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,128	0,395	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,128	0,394	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,128	0,393	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,128	0,393	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,128	0,392	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,128	0,392	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,127	0,392	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,127	0,391	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,127	0,391	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,127	0,391	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,127	0,390	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,127	0,390	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,127	0,390	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,127	0,390	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,127	0,390	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,127	0,389	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,127	0,389	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,127	0,389	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,127	0,389	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
—	0,12566	0,38532	0,67449	0,84162	1,03643	1,28155	1,64485	1,95996	2,32634	2,57582

La loi limite, lorsque ν tend vers l'infini, est une loi Normale centrée réduite.

Loi normale $\mathcal{N}(0,1)$



Fonction de répartition de la loi Normale. — La fonction de répartition Φ de la loi Normale $\mathcal{N}(0,1)$ est définie par $\Phi(z) = \int_{-\infty}^{z} e^{-u^2/2}\, du/\sqrt{2\pi}$, $z \in \mathbb{R}$. Pour tout $z \in \mathbb{R}$, on a $\Phi(z) = 1 - \Phi(-z)$.

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986

Exemples. — $\Phi(0{,}25) \approx 0{,}5987$, $\Phi(-0{,}32) = 1 - \Phi(0{,}32) \approx 1 - 0{,}6255 = 0{,}3745$.

Test de Durbin et Watson

Test unilatéral de $\rho = 0$ contre $\rho > 0$
(Valeurs critiques d_L^* et d_U^* pour un risque de première espèce $\alpha = 5\,\%$)

n	$k=1$		$k=2$		$k=3$		$k=4$		$k=5$	
	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U	d_L	d_U
15	1,08	1,36	0,95	1,54	0,82	1,75	0,69	1,97	0,56	2,21
16	1,10	1,37	0,98	1,54	0,86	1,73	0,74	1,93	0,62	2,15
17	1,13	1,38	1,02	1,54	0,90	1,71	0,78	1,90	0,67	2,10
18	1,16	1,39	1,05	1,53	0,93	1,69	0,82	1,87	0,71	2,06
19	1,18	1,40	1,08	1,53	0,97	1,68	0,86	1,85	0,75	2,02
20	1,20	1,41	1,10	1,54	1,00	1,68	0,90	1,83	0,79	1,99
21	1,22	1,42	1,13	1,54	1,03	1,67	0,93	1,81	0,83	1,96
22	1,24	1,43	1,15	1,54	1,05	1,66	0,96	1,80	0,86	1,94
23	1,26	1,44	1,17	1,54	1,08	1,66	0,99	1,79	0,90	1,92
24	1,27	1,45	1,19	1,55	1,10	1,66	1,01	1,78	0,93	1,90
25	1,29	1,45	1,21	1,55	1,12	1,66	1,04	1,77	0,95	1,89
26	1,30	1,46	1,22	1,55	1,14	1,65	1,06	1,76	0,98	1,88
27	1,32	1,47	1,24	1,56	1,16	1,65	1,08	1,76	1,01	1,86
28	1,33	1,48	1,26	1,56	1,18	1,65	1,10	1,75	1,03	1,85
29	1,34	1,48	1,27	1,56	1,20	1,65	1,12	1,74	1,05	1,84
30	1,35	1,49	1,28	1,57	1,21	1,65	1,14	1,74	1,07	1,83
31	1,36	1,50	1,30	1,57	1,23	1,65	1,16	1,74	1,09	1,83
32	1,37	1,50	1,31	1,57	1,24	1,65	1,18	1,73	1,11	1,82
33	1,38	1,51	1,32	1,58	1,26	1,65	1,19	1,73	1,13	1,81
34	1,39	1,51	1,33	1,58	1,27	1,65	1,21	1,73	1,15	1,81
35	1,40	1,52	1,34	1,58	1,28	1,65	1,22	1,73	1,16	1,80
36	1,41	1,52	1,35	1,59	1,29	1,65	1,24	1,73	1,18	1,80
37	1,42	1,53	1,36	1,59	1,31	1,66	1,25	1,72	1,19	1,80
38	1,43	1,54	1,37	1,59	1,32	1,66	1,26	1,72	1,21	1,79
39	1,43	1,54	1,38	1,60	1,33	1,66	1,27	1,72	1,22	1,79
40	1,44	1,54	1,39	1,60	1,34	1,66	1,29	1,72	1,23	1,79
45	1,48	1,57	1,43	1,62	1,38	1,67	1,34	1,72	1,29	1,78
50	1,50	1,59	1,46	1,63	1,42	1,67	1,38	1,72	1,34	1,77
55	1,53	1,60	1,49	1,64	1,45	1,68	1,41	1,72	1,38	1,77
60	1,55	1,62	1,51	1,65	1,48	1,69	1,44	1,73	1,41	1,77
65	1,57	1,63	1,54	1,66	1,50	1,70	1,47	1,73	1,44	1,77
70	1,58	1,64	1,55	1,67	1,52	1,70	1,49	1,74	1,46	1,77
75	1,60	1,65	1,57	1,68	1,54	1,71	1,51	1,74	1,49	1,77
80	1,61	1,66	1,59	1,69	1,56	1,72	1,53	1,74	1,51	1,77
85	1,62	1,67	1,60	1,70	1,57	1,72	1,55	1,75	1,52	1,77
90	1,63	1,68	1,61	1,70	1,59	1,73	1,57	1,75	1,54	1,78
95	1,64	1,69	1,62	1,71	1,60	1,73	1,58	1,75	1,56	1,78
100	1,65	1,69	1,63	1,72	1,61	1,74	1,59	1,76	1,57	1,78

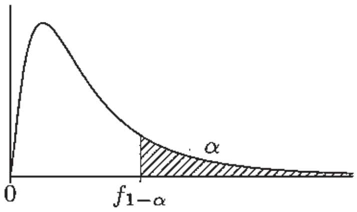
(n : nombre d'observations ; k : nombre de variables explicatives autres que la constante)

Loi de Fisher–Snedecor ($\alpha = 0,05$)

Si F est une variable aléatoire suivant la loi de Fisher–Snedecor à (ν_1, ν_2) degrés de liberté, la table donne la valeur $f_{1-\alpha}$ telle que

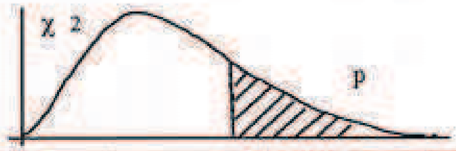
$$\mathbb{P}\{F \geqslant f_{1-\alpha}\} = \alpha = 0{,}05.$$

Ainsi, $f_{1-\alpha}$ est le quantile d'ordre $1 - \alpha = 0{,}95$ de la loi de Fisher–Snedecor à (ν_1, ν_2) degrés de liberté.



ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30	∞
1	161	200	216	225	230	234	239	242	246	248	250	254
2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5
3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,85	8,79	8,70	8,66	8,62	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,96	5,86	5,80	5,75	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,74	4,62	4,56	4,50	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,06	3,94	3,87	3,81	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,64	3,51	3,44	3,38	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,35	3,22	3,15	3,08	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,14	3,01	2,94	2,86	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,98	2,85	2,77	2,70	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,85	2,72	2,65	2,57	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,75	2,62	2,54	2,47	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,77	2,67	2,53	2,46	2,38	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,60	2,46	2,39	2,31	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,54	2,40	2,33	2,25	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,49	2,35	2,28	2,19	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,45	2,31	2,23	2,15	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,41	2,27	2,19	2,11	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,38	2,23	2,16	2,07	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,35	2,20	2,12	2,04	1,84
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,30	2,15	2,07	1,98	1,78
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,25	2,11	2,03	1,94	1,73
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,22	2,07	1,99	1,90	1,69
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,29	2,19	2,04	1,96	1,87	1,65
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,16	2,01	1,93	1,84	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,08	1,92	1,84	1,74	1,51
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,13	2,03	1,87	1,78	1,69	1,44
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,10	1,99	1,84	1,75	1,65	1,39
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,06	1,95	1,79	1,70	1,60	1,32
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,03	1,93	1,77	1,68	1,57	1,28
∞	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	1,94	1,83	1,67	1,57	1,46	1,00

TABLE DU CHI-DEUX : $\chi^2(n)$



n \ p	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0,0158	0,0642	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635
2	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210
3	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	9,837	11,341
4	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277
5	1,610	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	13,388	15,086
6	2,204	3,070	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	15,033	16,812
7	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475
8	3,490	4,594	5,527	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	18,168	20,090
9	4,168	5,380	6,393	8,343	10,656	12,242	14,684	16,919	19,679	21,666
10	4,865	6,179	7,267	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	21,161	23,209
11	5,578	6,989	8,148	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	22,618	24,725
12	6,304	7,807	9,034	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	24,054	26,217
13	7,042	8,634	9,926	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	25,472	27,688
14	7,790	9,467	10,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	26,873	29,141
15	8,547	10,307	11,721	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	28,259	30,578
16	9,312	11,152	12,624	15,338	18,418	20,465	23,542	26,296	29,633	32,000
17	10,085	12,002	13,531	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	30,995	33,409
18	10,865	12,857	14,440	17,338	20,601	22,760	25,989	28,869	32,346	34,805
19	11,651	13,716	15,352	18,338	21,689	23,900	27,204	30,144	33,687	36,191
20	12,443	14,578	16,266	19,337	22,775	25,038	28,412	31,410	35,020	37,566
21	13,240	15,445	17,182	20,337	23,858	26,171	29,615	32,671	36,343	38,932
22	14,041	16,314	18,101	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	37,659	40,289
23	14,848	17,187	19,021	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	38,968	41,638
24	15,659	18,062	19,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	40,270	42,980
25	16,473	18,940	20,867	24,337	28,172	30,675	34,382	37,652	41,566	44,314
26	17,292	19,820	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,885	42,856	45,642
27	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	44,140	46,963
28	18,939	21,588	23,647	27,336	31,391	34,027	37,916	41,337	45,419	48,278
29	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	46,693	49,588
30	20,599	23,364	25,508	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	47,962	50,892

Pour n > 30, on peut admettre que $\sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2n-1} \approx N(0,1)$