

Examen UV RE56 2003

Lundi 23 juin 2003

Réseaux radiomobiles

Alexandre Caminada, Pascal Chambreuil, Hervé Sizun

Durée : 2 heures
Documents autorisés

Partie I - Propagation des ondes radioélectriques

1 – (0,5 point) : L'équation fondamentale des télécommunications (affaiblissement en espace libre en dB), s'écrit sous la forme :

$$A_0 = 32,5 + 20 \log(F) + 20 \log(D)$$

où F est la fréquence en MHz et D est la distance en km.

Les antennes d'émission et de réception sont supposées isotropes et de gains respectivement égaux à 1.

- 1 - Que se passe-t-il lorsqu'on décuple la distance ?
- 2 - Que se passe-t-il lorsqu'on double la fréquence ?

2 – (0,5 point) : Un émetteur rayonne une onde porteuse sinusoïdale à la fréquence de 9 GHz. Pour un véhicule roulant à une vitesse de 120 km/h, calculer la fréquence porteuse reçue lorsque le mobile se rapproche de l'émetteur.

3 – (1 point) : Calculer à mi-parcours les rayons du premier et deuxième ellipsoïde de Fresnel en mètres sur une liaison de 20 km aux fréquences de 300 MHz et 3 GHz.

4 – (1,5 point) : Un émetteur émet une puissance de 100 Watts à la fréquence de 1800 MHz. Les gains des antennes d'émission et de réception sont respectivement égaux à 2 et 3 ($G_e=2$; $G_r=3$).

- 1 - Exprimez la puissance en dBW, en dBm,
- 2 - Quelle est la puissance en dBm en espace libre à 100 m de l'antenne d'émission,
- 3 - Quelle est la puissance en dBm en espace libre à 10 km de l'antenne d'émission.

5 – (1,5 point) : Un champ électromagnétique de 18 dB au-dessus d'un microvolt/m a été mesuré à 10 km d'une station d'émission caractérisée par :

- Une fréquence de 1800 MHz,
- Une puissance de sortie de 10 Watts,
- Un gain de 20 dB par rapport à l'antenne isotrope.

Les pertes en lignes entre l'émetteur et son antenne sont incluses dans le gain de cette dernière, on demande de calculer :

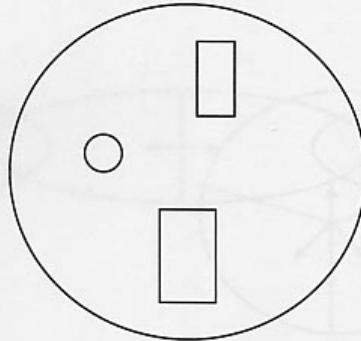
- La puissance isotrope rayonnée équivalente,

- Le champ en espace libre au niveau du récepteur,
- L'affaiblissement supplémentaire A_s .

Partie II - GSM

1 – (6,5 points) : Dimensionnement

On considère le dimensionnement de l'aire urbaine constituée de Belfort, Montbéliard et Héricourt. Cette zone est modélisée, pour le dimensionnement, de la manière suivante :



Le bilan de liaison a estimé à 1 km le rayon maximum d'une cellule en milieu urbain et à 4 km en milieu rural.

On considère 2 types d'environnements pour le dimensionnement en trafic:

Environnements urbains :

- Densité = 130 Erlangs/km²
- Propagation $P_{re\acute{c}ue} = (c \cdot P_{\acute{e}mise}) / D^4$
- Belfort : 2 km x 4 km
- Montbéliard : 4 km x 6 km
- Héricourt : diamètre 2 km

Environnement non urbain :

- Densité = 25 Erlangs/km²
- Propagation $P_{re\acute{c}ue} = (c \cdot P_{\acute{e}mise}) / D^3$
- Diamètre de 25 km

Le dimensionnement se fait **par type de zone** suivant un motif hexagonal régulier. Le niveau d'interférence seuil pour le fonctionnement des équipements déployés est de 19 dB et on considère acceptable un taux de blocage à 2%. Le nombre de fréquences disponible pour l'opérateur est de 40 et le système permet d'écouler 7 communications simultanées par fréquence.

En justifiant votre démarche et discutant les résultats obtenus :

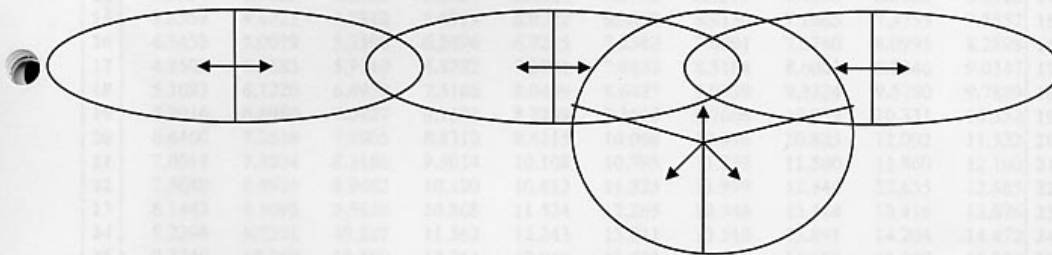
- Calculez pour le C/I cible la taille maximum du motif de réutilisation de fréquences par zone
- En déduire le nombre de canaux par cellule par zone et le nombre d'Erlangs écoulable avec le taux de blocage cible

- En considérant d'un hexagone a une surface valant $2,60 \times R^2$ (où R est le rayon du cercle circonscrit), indiquez la taille maximum des cellules par zone
- Donnez finalement le nombre de stations nécessaires à la mise en place d'un réseau sur l'aire urbaine.

A quels problèmes risque-t-on d'être confronté au moment de faire le design de ce réseau ?
Quelles solutions d'ingénierie peuvent être employées pour palier ces difficultés ?

2 – (3,5 points) : Plan de fréquences

On considère le réseau suivant (axe routier traversant une petite commune) :



En considérant des contraintes co-stations de 3, co-sites de 2 et d'adjacence de 1, écrivez la matrice de réutilisation associée au problème d'allocation de fréquences sur ce réseau.
Sachant qu'il y a 2 TRX par station, proposez une « bonne solution » de fréquentage pour ce réseau et discutez de la qualité de ce design.

Partie III - UMTS

Donner toujours les formules utilisées ; Arrondir à 2 décimales

- 1 – (1,5 point) : Expliquer les caractéristiques essentielles du multiplexage UMTS en mode TDD.
- 2 – (0,5 point) : Soit un système devant fonctionner avec une porteuse 150 fois plus faible que le signal interférant, calculer le rapport C/I (ou marge d'interférence) en dB ?
- 3 – (1,5 point) : Si pour ce système, le rapport signal sur bruit attendu en sortie est de 9 dB, quel est le gain de traitement minimum nécessaire, en dB, pour atteindre ce seuil ?
- 4 – (1,5 point) : En considérant un débit souhaité de 11,5kb/s, quel devra alors être la largeur de bande minimale requise en MHz pour faire fonctionner un système de type DS/SS ?

n	Probabilité de perte (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
1	.00001	.00005	.00010	.00050	.00100	.00200	.00301	.00402	.00503	.00604	1
2	.00448	.01005	.01425	.03213	.04576	.06534	.08064	.09373	.10540	.11608	2
3	.03980	.06849	.08683	.15170	.19384	.24872	.28851	.32099	.34900	.37395	3
4	.12855	.19554	.23471	.36236	.43927	.53503	.60209	.65568	.70120	.74124	4
5	.27584	.38851	.45195	.64857	.76212	.89986	.99446	1.0692	1.1320	1.1870	5
6	.47596	.63923	.72826	.99567	1.1459	1.3252	1.4468	1.5421	1.6218	1.6912	6
7	.72378	.93919	1.0541	1.3922	1.5786	1.7984	1.9463	2.0614	2.1575	2.2408	7
8	1.0133	1.2816	1.4219	1.8298	2.0513	2.3106	2.4837	2.6181	2.7299	2.8266	8
9	1.3391	1.6595	1.8256	2.3016	2.5575	2.8549	3.0526	3.2057	3.3326	3.4422	9
10	1.6970	2.0689	2.2601	2.8028	3.0920	3.4265	3.6480	3.8190	3.9607	4.0829	10
11	2.0849	2.5059	2.7216	3.3294	3.6511	4.0215	4.2661	4.4545	4.6104	4.7447	11
12	2.4958	2.9671	3.2072	3.8781	4.2314	4.6368	4.9038	5.1092	5.2789	5.4250	12
13	2.9294	3.4500	3.7136	4.4465	4.8306	5.2700	5.5588	5.7807	5.9638	6.1214	13
14	3.3834	3.9523	4.2388	5.0324	5.4464	5.9190	6.2291	6.4670	6.6632	6.8320	14
15	3.8559	4.4721	4.7812	5.6339	6.0772	6.5822	6.9130	7.1665	7.3755	7.5552	15
16	4.3453	5.0079	5.3390	6.2496	6.7215	7.2582	7.6091	7.8780	8.0995	8.2898	16
17	4.8502	5.5583	5.9110	6.8782	7.3781	7.9457	8.3164	8.6003	8.8340	9.0347	17
18	5.3693	6.1220	6.4959	7.5186	8.0459	8.6437	9.0339	9.3324	9.5780	9.7889	18
19	5.9016	6.6980	7.0927	8.1698	8.7239	9.3515	9.7606	10.073	10.331	10.552	19
20	6.4460	7.2854	7.7005	8.8310	9.4115	10.068	10.496	10.823	11.092	11.322	20
21	7.0017	7.8834	8.3186	9.5014	10.108	10.793	11.239	11.580	11.860	12.100	21
22	7.5680	8.4926	8.9462	10.180	10.812	11.525	11.989	12.344	12.635	12.885	22
23	8.1443	9.1095	9.5826	10.868	11.524	12.265	12.746	13.114	13.416	13.676	23
24	8.7298	9.7351	10.227	11.562	12.243	13.011	13.510	13.891	14.204	14.472	24
25	9.3240	10.369	10.880	12.264	12.969	13.763	14.279	14.673	14.997	15.274	25
26	9.9265	11.010	11.540	12.972	13.701	14.522	15.054	15.461	15.795	16.081	26
27	10.537	11.659	12.207	13.686	14.439	15.285	15.835	16.254	16.598	16.893	27
28	11.154	12.314	12.880	14.406	15.182	16.054	16.620	17.051	17.406	17.709	28
29	11.779	12.976	13.560	15.132	15.930	16.828	17.410	17.853	18.218	18.530	29
30	12.417	13.644	14.246	15.863	16.684	17.606	18.204	18.660	19.034	19.355	30
31	13.054	14.318	14.937	16.599	17.442	18.389	19.002	19.470	19.854	20.183	31
32	13.697	14.998	15.633	17.340	18.205	19.176	19.805	20.284	20.678	21.015	32
33	14.346	15.682	16.335	18.085	18.972	19.966	20.611	21.102	21.505	21.850	33
34	15.001	16.372	17.041	18.835	19.743	20.761	21.421	21.923	22.336	22.689	34
35	15.660	17.067	17.752	19.589	20.517	21.559	22.234	22.748	23.169	23.531	35
36	16.325	17.766	18.468	20.347	21.296	22.361	23.050	23.575	24.006	24.376	36
37	16.995	18.470	19.188	21.108	22.078	23.166	23.870	24.406	24.846	25.223	37
38	17.669	19.178	19.911	21.873	22.864	23.974	24.692	25.240	25.689	26.074	38
39	18.348	19.890	20.640	22.642	23.652	24.785	25.518	26.076	26.534	26.926	39
40	19.031	20.606	21.372	23.414	24.444	25.599	26.346	26.915	27.382	27.782	40
41	19.718	21.326	22.107	24.189	25.239	26.416	27.177	27.756	28.232	28.640	41
42	20.409	22.049	22.846	24.967	26.037	27.235	28.010	28.600	29.085	29.500	42
43	21.104	22.776	23.587	25.748	26.837	28.057	28.846	29.447	29.940	30.362	43
44	21.803	23.507	24.333	26.532	27.641	28.882	29.684	30.295	30.797	31.227	44
45	22.505	24.240	25.081	27.319	28.447	29.708	30.525	31.146	31.656	32.093	45
46	23.211	24.977	25.833	28.109	29.255	30.538	31.367	31.999	32.517	32.962	46
47	23.921	25.717	26.587	28.901	30.066	31.369	32.212	32.854	33.381	33.832	47
48	24.633	26.460	27.344	29.696	30.879	32.203	33.059	33.711	34.246	34.704	48
49	25.349	27.206	28.104	30.493	31.694	33.039	33.908	34.570	35.113	35.578	49
50	26.067	27.954	28.867	31.292	32.512	33.876	34.759	35.431	35.982	36.454	50
51	26.789	28.706	29.632	32.094	33.332	34.716	35.611	36.293	36.852	37.331	51
n	Probabilité de perte (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

n	Probabilité de perte (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
n	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	n
Probabilité de perte (E)											

n	Probabilité de perte (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
51	26.789	28.706	29.632	32.094	33.332	34.716	35.611	36.293	36.852	37.331	51
52	27.513	29.459	30.400	32.898	34.153	35.558	36.466	37.157	37.724	38.211	52
53	28.241	30.216	31.170	33.704	34.977	36.401	37.322	38.023	38.598	39.091	53
54	28.971	30.975	31.942	34.512	35.803	37.247	38.180	38.891	39.474	39.973	54
55	29.703	31.736	32.717	35.322	36.631	38.094	39.040	39.760	40.351	40.857	55
56	30.438	32.500	33.494	36.134	37.460	38.942	39.901	40.630	41.229	41.742	56
57	31.176	33.266	34.273	36.948	38.291	39.793	40.763	41.502	42.109	42.629	57
58	31.916	34.034	35.055	37.764	39.124	40.645	41.628	42.376	42.990	43.516	58
59	32.659	34.804	35.838	38.581	39.959	41.498	42.493	43.251	43.873	44.406	59
60	33.404	35.577	36.623	39.401	40.795	42.353	43.360	44.127	44.757	45.296	60
61	34.151	36.351	37.411	40.222	41.633	43.210	44.229	45.005	45.642	46.188	61
62	34.900	37.127	38.200	41.045	42.472	44.068	45.099	45.884	46.528	47.081	62
63	35.651	37.906	38.991	41.869	43.313	44.927	45.970	46.764	47.416	47.975	63
64	36.405	38.686	39.784	42.695	44.156	45.788	46.843	47.646	48.305	48.870	64
65	37.160	39.468	40.579	43.523	45.000	46.650	47.716	48.528	49.195	49.766	65
66	37.918	40.252	41.375	44.352	45.845	47.513	48.591	49.412	50.086	50.664	66
67	38.677	41.038	42.173	45.183	46.692	48.378	49.467	50.297	50.978	51.562	67
68	39.439	41.825	42.973	46.015	47.540	49.243	50.345	51.183	51.872	52.462	68
69	40.202	42.615	43.775	46.848	48.389	50.110	51.223	52.071	52.766	53.362	69
70	40.967	43.405	44.578	47.683	49.239	50.979	52.103	52.959	53.662	54.264	70
71	41.734	44.198	45.382	48.519	50.091	51.848	52.984	53.848	54.558	55.166	71
72	42.502	44.992	46.188	49.357	50.944	52.718	53.865	54.739	55.455	56.070	72
73	43.273	45.787	46.996	50.195	51.799	53.590	54.748	55.630	56.354	56.974	73
74	44.045	46.585	47.805	51.035	52.654	54.463	55.632	56.522	57.253	57.880	74
75	44.818	47.383	48.615	51.877	53.511	55.337	56.517	57.415	58.153	58.786	75
76	45.593	48.183	49.427	52.719	54.369	56.211	57.402	58.310	59.054	59.693	76
77	46.370	48.985	50.240	53.563	55.227	57.087	58.289	59.205	59.956	60.601	77
78	47.149	49.787	51.054	54.408	56.087	57.964	59.177	60.101	60.859	61.510	78
79	47.928	50.592	51.870	55.254	56.948	58.842	60.065	60.998	61.763	62.419	79
80	48.710	51.397	52.687	56.101	57.810	59.720	60.955	61.895	62.668	63.330	80
81	49.492	52.204	53.506	56.949	58.673	60.600	61.845	62.794	63.573	64.241	81
82	50.277	53.012	54.325	57.798	59.537	61.480	62.737	63.693	64.479	65.153	82
83	51.062	53.822	55.146	58.649	60.403	62.362	63.629	64.594	65.386	66.065	83
84	51.849	54.633	55.968	59.500	61.269	63.244	64.522	65.495	66.294	66.979	84
85	52.637	55.445	56.791	60.352	62.135	64.127	65.415	66.396	67.202	67.893	85
86	53.427	56.258	57.615	61.206	63.003	65.011	66.310	67.299	68.111	68.808	86
87	54.218	57.072	58.441	62.060	63.872	65.897	67.205	68.202	69.021	69.724	87
88	55.010	57.887	59.267	62.915	64.742	66.782	68.101	69.106	69.932	70.640	88
89	55.804	58.704	60.095	63.772	65.612	67.669	68.998	70.011	70.843	71.557	89
90	56.598	59.526	60.923	64.629	66.484	68.556	69.896	70.917	71.755	72.474	90
91	57.394	60.344	61.753	65.487	67.356	69.444	70.794	71.823	72.668	73.393	91
92	58.192	61.164	62.584	66.346	68.229	70.333	71.693	72.730	73.581	74.311	92
93	58.990	61.985	63.416	67.206	69.103	71.222	72.593	73.637	74.495	75.231	93
94	59.789	62.807	64.248	68.067	69.978	72.113	73.493	74.545	75.410	76.151	94
95	60.590	63.630	65.082	68.928	70.853	73.004	74.394	75.454	76.325	77.072	95
96	61.392	64.454	65.917	69.791	71.729	73.896	75.296	76.364	77.241	77.993	96
97	62.194	65.279	66.752	70.654	72.606	74.788	76.199	77.274	78.157	78.915	97
98	62.998	66.105	67.589	71.518	73.484	75.681	77.102	78.185	79.074	79.837	98
99	63.803	66.932	68.426	72.383	74.363	76.575	78.006	79.096	79.992	80.760	99
100	64.609	67.760	69.265	73.248	75.242	77.469	78.910	80.008	80.910	81.684	100
101	65.416	68.589	70.104	74.115	76.122	78.364	79.815	80.920	81.829	82.608	101
n	Probabilité de perte (E)										n
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	

n	Probabilité de perte (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
52	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317	52
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981	53
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645	54
55	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	55
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	56
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	57
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	58
59	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	59
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	60
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	61
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96	62
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	64
65	50.270	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96	65
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	66
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	67
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	68
69	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62	69
70	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	70
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.930	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.226	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.998	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.152	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26	88
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89
90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.134	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
n	Probabilité de perte (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	