



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.711

**ASPECTS GÉNÉRAUX DES SYSTÈMES
DE TRANSMISSION NUMÉRIQUES
ÉQUIPEMENTS TERMINAUX**

**MODULATION PAR IMPULSIONS ET CODAGE
(MIC) DES FRÉQUENCES VOCALES**

Recommandation UIT-T G.711

(Extrait du *Livre Bleu*)

NOTES

1 La Recommandation G.711 de l'UIT-T a été publiée dans le fascicule III.4 du Livre Bleu. Ce fichier est un extrait du Livre Bleu. La présentation peut en être légèrement différente, mais le contenu est identique à celui du Livre Bleu et les conditions en matière de droits d'auteur restent inchangées (voir plus loin).

2 Dans la présente Recommandation, le terme «Administration» désigne indifféremment une administration de télécommunication ou une exploitation reconnue.

© UIT 1988, 1993

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

Recommandation G.711

MODULATION PAR IMPULSIONS ET CODAGE (MIC) DES FRÉQUENCES VOCALES

(Genève, 1972; modifiée par la suite)

1 Considérations générales

Pour le codage de signaux à fréquences vocales, on recommande l'emploi des caractéristiques ci-dessous.

2 Taux d'échantillonnage

La valeur nominale recommandée pour la fréquence d'échantillonnage est de 8000 échantillons par seconde, à $\pm 50 \times 10^{-6}$.

3 Loi de codage

3.1 Pour les circuits internationaux, on doit utiliser huit éléments binaires par échantillon.

3.2 On recommande deux lois de codage, communément appelées loi A et loi μ . Ces lois sont définies: la première, dans les tableaux 1a/G.711 et 1b/G.711, et la seconde, dans les tableaux 2a/G.711 et 2b/G.711.

Quand on applique la loi μ dans des réseaux où le signal de caractère constitué uniquement de zéros doit être supprimé, le signal de caractère correspondant à des amplitudes d'entrée négatives entre les amplitudes de décision 127 et 128 doit être 00000010, et l'amplitude à la sortie du décodeur est de -7519. C'est l'amplitude 125.

3.3 Le nombre des amplitudes quantifiées est déterminé par la loi de codage.

3.4 Les conduits numériques entre des pays qui ont adopté des lois de codage différentes doivent transmettre des signaux codés selon la loi A. Si deux pays ont adopté la même loi, c'est celle-ci qu'il convient d'appliquer sur les conduits numériques entre ces pays. Si deux pays n'appliquent pas la même loi, c'est à celui qui a adopté la loi μ qu'incombe le transcodage.

3.5 Les lois de conversion sont données aux tableaux 3/G.711 et 4/G.711.

3.6 *Conversion en MIC uniforme et inversement*

Chaque "amplitude de décision" et chaque "valeur quantifiée" de la loi A (ou μ) doivent être associées à une "valeur MIC uniforme". (Pour une définition de l'"amplitude de décision" et de la "valeur quantifiée", voir la Recommandation G.701 et en particulier la figure 2/G.701.) Cela nécessite l'application d'un codage MIC uniforme à 13 (14) bits. L'application de la MIC loi A et de la MIC loi μ sur le codage uniforme est représentée respectivement par les tableaux 1/G.711 et 2/G.711. La conversion des valeurs MIC à codage uniforme correspondant aux amplitudes de décision en valeurs de la loi A ou de la loi μ dépend des spécifications des équipements concernés. Une option est décrite au § 4.2.8 de la Recommandation G.721, dans le cadre du sous-bloc COMPRESS.

4 Transmission des signaux de caractères

Lorsque des signaux de caractères sont émis en série, c'est-à-dire consécutivement sur un support physique, le bit 1 (bit de polarité) est émis le premier et le bit 8 (bit de plus faible poids) le dernier.

5 Relation entre les lois de codage et le niveau des fréquences vocales

La relation entre les lois de codage des tableaux 1/G.711 et 2/G.711 et le niveau des fréquences vocales est définie comme suit.

La suite des signaux de caractère, du tableau 5/G.711 pour la loi A ou du tableau 6/G.711 pour la loi μ , étant appliquée périodiquement à l'entrée du décodeur, il doit y avoir à toute sortie basse fréquence du multiplex MIC un signal sinusoïdal de 1 kHz à un niveau nominal de 0 dBm0.

La capacité de charge théorique (T_{\max}) correspondante est de +3,14 dBm0 pour la loi A, et +3,17 dBm0 pour la loi μ .

Remarque – L'emploi d'une autre séquence périodique numérique représentant une fréquence nominale de référence de 1020 Hz à un niveau nominal de -10 dBm0 (valeur préférée, voir la Recommandation O.6) ou de 0 dBm0 est acceptable, pour autant que la précision théorique de cette séquence ne varie pas de plus de $\pm 0,03$ dB par rapport à un niveau de -10 dBm0 ou de 0 dBm0, respectivement. Conformément à la Recommandation O.6, la tolérance de fréquence spécifiée doit être de $1020 \text{ Hz} - 7 \text{ Hz}$ à $1020 \text{ Hz} + 2 \text{ Hz}$.

Si on utilise une séquence représentant un niveau de -10 dBm0, le niveau nominal aux sorties fréquences vocales doit être de -10 dBm0.

TABLEAU 1a / G.711
Loi A: amplitudes à l'entrée positives

1	2	3	4	5	6	7	8
Numéro des segments	Nombre de gammes × dimension des gammes	Amplitude aux extrémités des segments	Numéro des amplitudes de décision n	Amplitude de décision x_n (voir la remarque 1)	Signal de caractère avant inversion des bits pairs	Valeur quantifiée (amplitude à la sortie du décodeur) y_n	Numéro des amplitudes à la sortie du décodeur
					Numéro des bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
		4096	(128)	(4096)	-----		
7	16 × 128	2048	127	3968	1 1 1 1 1 1 1 1	4032	128
					(voir la remarque 2)		
6	16 × 64	1024	113	2176	1 1 1 1 0 0 0 0	2112	113
			112	2048	(voir la remarque 2)		
5	16 × 32	512	97	1088	1 1 1 0 0 0 0 0	1056	97
			96	1024	(voir la remarque 2)		
4	16 × 16	256	81	544	1 1 0 1 0 0 0 0	528	81
			80	512	(voir la remarque 2)		
3	16 × 8	128	65	272	1 1 0 0 0 0 0 0	264	65
			64	256	(voir la remarque 2)		
2	16 × 4	64	49	136	1 0 1 1 0 0 0 0	132	49
			48	128	(voir la remarque 2)		
1	32 × 2		33	68	1 0 1 0 0 0 0 0	66	33
			32	64	(voir la remarque 2)		
			1	2			
			0	0	1 0 0 0 0 0 0 0	1	1

Remarque 1 - 4096 unités d'amplitude normée correspondent à $T_{\max} = 3,14 \text{ dBm0}$.

Remarque 2 - Les signaux de caractère sont obtenus par inversion des bits de rang pair des signaux de la colonne 6. Avant cette inversion, le signal de caractère correspondant aux amplitudes à l'entrée positives comprises entre deux amplitudes de décision successives n et $n + 1$ (voir colonne 4) est $(128 + n) \text{ modulo } 2$.

Remarque 3 - L'amplitude à la sortie du décodeur est $y_n = \frac{x_{n-1} + x_n}{2}$ pour $n = 1, \dots, 127, 128$.

Remarque 4 - x_{128} est une amplitude virtuelle de décision.

Remarque 5 - Dans les tableaux 1/G.711 et 2/G.711, les valeurs du codage uniforme sont indiquées dans les colonnes 3, 5 et 7.

TABLEAU 1b / G.711
Loi A : amplitudes à l'entrée négatives

1	2	3	4	5	6	7	8
Numéro des segments	Nombre de gammes × dimension des gammes	Amplitude aux extrémités des segments	Numéro des amplitudes de décision n	Amplitude de décision x_n (voir la remarque 1)	Signal de caractère avant inversion des bits pairs	Valeur quantifiée (amplitude à la sortie du décodeur) y_n	Numéro des amplitudes à la sortie du décodeur
					Numéro des bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
1	32 × 2	-64	0	0	0 0 0 0 0 0 0 0	-1	1
			1	-2	(voir la remarque 2)		
2	16 × 4	-128	32	-64	0 0 1 0 0 0 0 0	-66	33
			33	-68	(voir la remarque 2)		
3	16 × 8	-256	48	-128	0 0 1 1 0 0 0 0	-132	49
			49	-136	(voir la remarque 2)		
4	16 × 16	-512	64	-256	0 1 0 0 0 0 0 0	-264	65
			65	-272	(voir la remarque 2)		
5	16 × 32	-1024	80	-512	0 1 0 1 0 0 0 0	-528	81
			81	-544	(voir la remarque 2)		
6	16 × 64	-2048	96	-1024	0 1 1 0 0 0 0 0	-1056	97
			97	-1088	(voir la remarque 2)		
7	16 × 128	-4096	112	-2048	0 1 1 1 0 0 0 0	-2112	113
			113	-2176	(voir la remarque 2)		
			127	-3968	0 1 1 1 1 1 1 1	-4032	128
			(128)	(-4096)	(voir la remarque 2)		

Remarque 1 - 4096 unités d'amplitude normée correspondent à $T_{\max} = 3,14$ dBm0.

Remarque 2 - Les signaux de caractère sont obtenus par inversion des bits de rang pair des signaux de la colonne 6. Avant cette inversion, le signal de caractère correspondant aux amplitudes à l'entrée négatives comprises entre deux amplitudes de décision successives n et $n + 1$ (voir colonne 4) est n modulo 2.

Remarque 3 - L'amplitude à la sortie du décodeur est $y_n = \frac{x_{n-1} + x_n}{2}$ pour $n = 1, \dots, 127, 128$.

Remarque 4 - x_{128} est une amplitude virtuelle de décision.

Remarque 5 - Dans les tableaux 1/G.711 et 2/G.711, les valeurs du codage uniforme sont indiquées dans les colonnes 3, 5 et 7.

TABLEAU 2a / G.711
Loi μ : amplitudes à l'entrée positives

1	2	3	4	5	6	7	8
Numéro des segments	Nombre de gammes \times dimension des gammes	Amplitude aux extrémités des segments	Numéro des amplitudes de décision n	Amplitude de décision x_n (voir la remarque 1)	Signal de caractère	Valeur quantifiée (amplitude à la sortie du décodeur) y_n	Numéro des amplitudes à la sortie du décodeur
					Numéro des bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
8	16×256	8159	(128)	(8159)	-----	8031	127
		127	7903	1 0 0 0 0 0 0 0	(voir la remarque 2)		
7	16×128	4063	113	4319	1 0 0 0 1 1 1 1	4191	112
			112	4063	(voir la remarque 2)		
6	16×64	2015	97	2143	1 0 0 1 1 1 1 1	2079	96
			96	2015	(voir la remarque 2)		
5	16×32	991	81	1055	1 0 1 0 1 1 1 1	1023	80
			80	991	(voir la remarque 2)		
4	16×16	479	65	511	1 0 1 1 1 1 1 1	495	64
			64	479	(voir la remarque 2)		
3	16×8	223	49	239	1 1 0 0 1 1 1 1	231	48
			48	223	(voir la remarque 2)		
2	16×4	95	33	103	1 1 0 1 1 1 1 1	99	32
			32	95	(voir la remarque 2)		
1	15×2	31	17	35	1 1 1 0 1 1 1 1	33	16
			16	31	(voir la remarque 2)		
↓	1×1		2	3	1 1 1 1 1 1 1 0	2	1
			1	1	1 1 1 1 1 1 1 1	0	0
			0	0			

Remarque 1 – 8159 unités d'amplitude normée correspondent à $T_{\max} = 3,17$ dBm0.

Remarque 2 – Le signal de caractère correspondant aux amplitudes à l'entrée positives comprises entre deux amplitudes de décision successives n et $n + 1$ (voir colonne 4) est $(255 - n) \bmod 2$.

Remarque 3 – L'amplitude à la sortie du décodeur est $y_0 = x_0 = 0$ pour $n = 0$, et $y_n = \frac{x_n + x_{n+1} + 1}{2}$ pour $n = 1, 2, \dots, 127$.

Remarque 4 – x_{128} est une amplitude virtuelle de décision.

Remarque 5 – Dans les tableaux 1/G.711 et 2/G.711, les valeurs du codage uniforme sont indiquées dans les colonnes 3, 5 et 7.

TABLEAU 2b / G.711
Loi μ : amplitudes à l'entrée négatives

1	2	3	4	5	6	7	8			
Numéro des segments	Nombre de gammes \times dimension des gammes	Amplitude aux extrémités des segments	Numéro des amplitudes de décision n	Amplitude de décision x_n (voir la remarque 1)	Signal de caractère	Valeur quantifiée (amplitude à la sortie du décodeur) y_n	Numéro des amplitudes à la sortie du décodeur			
					Numéro des bits 1 2 3 4 5 6 7 8					
↑ 1	1 \times 1	-31	0	0	0 1 1 1 1 1 1 1	-2	0			
	15 \times 2		1	-1	0 1 1 1 1 1 1 0					
16 \times 4			2	-3	(voir la remarque 2)					
	16 \times 8		16	-31	0 1 1 0 1 1 1 1			-33	16	
17			-35	(voir la remarque 2)						
2	16 \times 4		-95	32	-95			0 1 0 1 1 1 1 1	-99	32
				33	-103			(voir la remarque 2)		
3	16 \times 8		-223	48	-223			0 1 0 0 1 1 1 1	-231	48
				49	-239			(voir la remarque 2)		
4	16 \times 16		-479	64	-479			0 0 1 1 1 1 1 1	-495	64
				65	-511			(voir la remarque 2)		
5	16 \times 32		-991	80	-991			0 0 1 0 1 1 1 1	-1023	80
				81	-1055			(voir la remarque 2)		
6	16 \times 64		-2015	96	-2015			0 0 0 1 1 1 1 1	-2079	96
				97	-2143			(voir la remarque 2)		
7	16 \times 128		-4063	112	-4063			0 0 0 0 1 1 1 1	-4191	112
		113		-4319	(voir la remarque 2)					
8	16 \times 256	-8159	126	-7647	0 0 0 0 0 0 0 1	-7775	126			
			127	-7903	0 0 0 0 0 0 0 0					
			(128)	(-8159)	-----		127			

Remarque 1 - 8159 unités d'amplitude normée correspondent à $T_{\max} = 3,17$ dBm0.

Remarque 2 - Le signal de caractère correspondant aux amplitudes à l'entrée négatives comprises entre deux amplitudes de décision successives n et $n + 1$ (voir colonne 4) est $(127 - n) \bmod 2$ pour $n = 0, 1, \dots, 127$.

Remarque 3 - L'amplitude à la sortie du décodeur est $y_0 = x_0 = 0$ pour $n = 0$, et $y_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2}$ pour $n = 1, 2, \dots, 127$.

Remarque 4 - x_{128} est une amplitude virtuelle de décision.

Remarque 5 - Dans les tableaux 1/G.711 et 2/G.711, les valeurs du codage uniforme sont indiquées dans les colonnes 3, 5 et 7.

TABLEAU 3/G.711

Conversion de loi μ à loi A

<i>Loi μ</i> Numéro de la valeur à la sortie du décodeur	<i>Loi A</i> Numéro de la valeur à la sortie du décodeur	<i>Loi μ</i> Numéro de la valeur à la sortie du décodeur	<i>Loi A</i> Numéro de la valeur à la sortie du décodeur
0	1	44	41
1	1	45	42
2	2	46	43
3	2	47	44
4	3	48	46
5	3	49	48
6	4	50	49
7	4	51	50
8	5	52	51
9	5	53	52
10	6	54	53
11	6	55	54
12	7	56	55
13	7	57	56
14	8	58	57
15	8	59	58
16	9	60	59
17	10	61	60
18	11	62	61
19	12	63	62
20	13	64	64
21	14	65	65
22	15	66	66
23	16	67	67
24	17	68	68
25	18	69	69
26	19	70	70
27	20	71	71
28	21	72	72
29	22	73	73
30	23	74	74
31	24	75	75
32	25	76	76
33	27	77	77
34	29	78	78
35	31	79	79
36	33	80	81
37	34	81	82
38	35	82	83
39	36	83	84
40	37	84	85
41	38	85	86
42	39	86	87
43	40	87	88
		.	.
		.	.
		.	.
		127	128

Remarques relatives au tableau 3/G.711

Remarque 1 – Les signaux à la sortie d'un codeur de la loi A font l'objet d'une inversion des bits de rang pair, appliquée conformément à la remarque 2 du tableau 1a/G.711. En conséquence, les signaux de sortie d'un convertisseur de loi μ à loi A doivent faire l'objet d'une inversion des bits de rang pair.

Remarque 2 – Si une conversion μ -A est suivie d'une conversion A- μ , la plupart des octets reprennent leur valeur initiale. Seuls les octets numéros 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 et 14 qui correspondent à la valeur de sortie du décodeur de loi μ sont modifiés (les numéros augmentant de 1). En outre, dans ces octets, seul le bit n° 8 (bit de poids faible en MIC) est modifié. Par conséquent, la double conversion μ -A- μ est transparente aux bits n° 1 à 7.

De même, si une conversion A- μ est suivie d'une conversion μ -A, seuls les octets numéros 26, 28, 30, 32, 45, 47, 63 et 80 correspondant à la valeur de sortie du décodeur de loi A sont modifiés. Ici encore, seul le bit n° 8 est modifié, c'est-à-dire que la double conversion A- μ -A, elle aussi, est transparente aux bits n° 1 à 7.

Une conséquence de cette propriété est que dans la majeure partie de la gamme des signaux analogiques à fréquences vocales, la distorsion de quantification additionnelle causée par la conversion μ -A- μ ou A- μ -A est considérablement plus faible que celle causée par la conversion μ -A ou A- μ (voir la Recommandation G.113).

On a obtenu la transparence de la double conversion A- μ -A pour les bits de 1 à 7 en modifiant légèrement le tableau par rapport à la conversion optimale: μ -80 est converti en A-81 au lieu de A-80, et A-80 est converti en μ -79 au lieu de μ -80. Ce changement a un effet négligeable sur la distorsion de quantification.

TABLEAU 4/G.711

Conversion de loi A à loi μ

<i>Loi A</i> Numéro de la valeur à la sortie du décodeur	<i>Loi μ</i> Numéro de la valeur à la sortie du décodeur	<i>Loi A</i> Numéro de la valeur à la sortie du décodeur	<i>Loi μ</i> Numéro de la valeur à la sortie du décodeur
1	1	51	52
2	3	52	53
3	5	53	54
4	7	54	55
5	9	55	56
6	11	56	57
7	13	57	58
8	15	58	59
9	16	59	60
10	17	60	61
11	18	61	62
12	19	62	63
13	20	63	64
14	21	64	64
15	22	65	65
16	23	66	66
17	24	67	67
18	25	68	68
19	26	69	69
20	27	70	70
21	28	71	71
22	29	72	72
23	30	73	73
24	31	74	74
25	32	75	75
26	32	76	76
27	33	77	77
28	33	78	78
29	34	79	79
30	34	80	79
31	35	81	80
32	35	82	81
33	36	83	82
34	37	84	83
35	38	85	84
36	39	86	85
37	40	87	86
38	41	88	87
39	42	89	88
40	43	90	89
41	44	91	90
42	45	92	91
43	46	93	92
44	47	94	93
45	48	95	94
46	48	96	95
47	49	97	96
48	49	98	97
49	50	.	.
50	51	.	.
		128	127

Remarques relatives au tableau 4/G.711

Remarque 1 – Les signaux à la sortie d'un codeur de loi A font l'objet d'une inversion des bits de rang pair, appliquée conformément à la remarque 2 du tableau 1a/G.711. En conséquence, les signaux de l'entrée d'un convertisseur de loi A à loi μ seront déjà dans cet état, de sorte que le convertisseur doit assurer l'élimination de la conversion des bits de rang pair.

Remarque 2 – Si une conversion μ -A est suivie d'une conversion A- μ , la plupart des octets reprennent leur valeur initiale. Seuls les octets numéros 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 et 14 qui correspondent à la valeur de sortie du décodeur de loi μ sont modifiés (les numéros augmentant de 1). En outre, dans ces octets, seul le bit n° 8 (bit de poids faible en MIC) est modifié. Par conséquent, la double conversion μ -A- μ est transparente aux bits n° 1 à 7.

De même, si une conversion A- μ est suivie d'une conversion μ -A, seuls les octets numéros 26, 28, 30, 32, 45, 47, 63 et 80 correspondant à la valeur de sortie du décodeur de loi A sont modifiés. Ici encore, seul le bit n° 8 est modifié, c'est-à-dire que la double conversion A- μ -A, elle aussi, est transparente aux bits n° 1 à 7.

Une conséquence de cette propriété est que dans la majeure partie de la gamme des signaux analogiques à fréquences vocales, la distorsion de quantification additionnelle causée par la conversion μ -A- μ ou A- μ -A est considérablement plus faible que celle causée par la conversion μ -A ou A- μ (voir la Recommandation G.113).

On a obtenu la transparence de la double conversion A- μ -A pour les bits de 1 à 7 en modifiant légèrement le tableau par rapport à la conversion optimale: μ -80 est converti en A-81 au lieu de A-80, et A-80 est converti en μ -79 au lieu de μ -80. Ce changement a un effet négligeable sur la distorsion de quantification.

TABLEAU 5/G.711

Loi A							
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1	0	0

TABLEAU 6/G.711

Loi μ							
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0