



LES CORDES STEPHEN PAULELLO

Parce que celles-ci sont absentes, cassées, fortement oxydées ou déjà remplacées par un matériel inadapté, il arrive assez souvent qu'un restaurateur, au cours de la remise en état d'un instrument ancien, soit confronté au délicat problème du changement des cordes. La notice qui suit va vous permettre de choisir, parmi les cinq types de cordes proposés, celui qui sera le mieux adapté à l'instrument en cours de restauration.

Les critères de choix sont les suivants:

- **Documentaires mais non suffisants** : La marque, la date et le lieu de fabrication de l'instrument .
- **Négligeable** : Le poids spécifique du métal :
C'est une indication intéressante puisqu'elle entre dans la formule de calcul de la force de traction d'une corde. Il s'exprime en grammes/cm³ et se situe, selon le matériau utilisé, entre les valeurs minimales de 7,65 g/cm³ pour le fer et maximales de 7,95 g/cm³ pour certains aciers. Toutefois, sachant qu'entre ces extrêmes on obtient une différence de force de traction de l'ordre de 4 % seulement, on peut considérer que ce facteur est négligeable.
- **Intéressant** : Le module d'élasticité ou module de Young : E
Le module d'élasticité n'a aucune incidence sur la force de traction. En revanche, il intervient dans le calcul du taux d'inharmonicité d'une corde vibrante. Selon le matériau employé, celui-ci pourra varier de 10 à 15 %, ce qui est loin d'être négligeable. De nombreux relevés pratiqués sur des cordages anciens en excellent état m'ont permis de choisir des matériaux de base aux caractéristiques élastiques identiques. Le risque de fentes aux pointes de chevalets et de sillets est moindre et le timbre de l'instrument est respecté.
- **Essentiel** : Le pourcentage de sollicitation .
C'est le critère que j'ai retenu pour choisir le type de corde à utiliser. Il concerne la mécanique et l'acoustique de la corde.
Mécanique : La résistance à la traction des divers types d'acier s'étend de 600 à 2600 Newtons au mm², selon le diamètre et surtout le **type d'acier** utilisé. Les divers coudages, bouclettes et ergots le maltraitent, c'est pourquoi il faudra minorer le résultat du test de **charge de rupture théorique** de 15 % pour le Type II et III, et de 25 % pour les autres Types, ce qui nous permettra de connaître la **charge de rupture réelle**. La **limite élastique** d'une corde est située à 80 % environ de sa **charge de rupture réelle**. Au delà, elle se déforme de façon irréversible, ne tient plus l'accord, devient très inharmonique puis se rompt.
Acoustique : Depuis Mersenne (au sujet des cordes en boyau) jusqu'aux récentes recherches de Claude Valette et Christian Cuesta dans leur ouvrage sur les cordes vibrantes, il est unanimement admis qu'une corde, pour vibrer avec un minimum d'amortissement interne ainsi qu'un équilibre entre la fréquence fondamentale et les

harmoniques de rang plus élevés, devra être sollicitée dans une proportion de **60 à 75%** de sa **charge de rupture réelle**, c'est à dire proche de sa limite élastique.

Il faudra donc choisir le type d'acier qui satisfasse cette condition.

Les cinq types de cordes disponibles sont les suivants :

Moderne :

Outre les qualités habituelles requises (tolérances, perfection du cylindre et du polissage, régularité du tréfilage, résistance et souplesse à l'écrasement etc ...), les cordes destinées aux instruments de 1880 à nos jours ont pour souci d'améliorer le coefficient d'amortissement interne, d'équilibrer harmonieusement la fréquence fondamentale et les différentes harmoniques et d'accélérer le processus de stabilisation. Par le soin apporté au tréfilage, la vitesse de celui-ci, le choix du nombre de filières, le coefficient de déformation choisi, ces cordes ont un très bel aspect, une remarquable tenue de son grâce à un taux d'amortissement minimal et une régularité exceptionnelle dans leurs performances mécaniques. Elles se distinguent par un médium long, charpenté et défini.

- Le type M : Rouleaux de 500 gr de 0,75 à 1,6 plutôt destiné aux pianos de **1880 à nos jours**. La charge de rupture s'étale de 2000 à 2500 Newtons au mm² selon le diamètre.

Post-romantique :

- Le type O : Rouleaux de 500 gr de 0,75 à 1,6, plutôt destiné aux pianos français montés en acier de **Firminy entre 1880 et 1920** (selon les longueurs vibrantes). La charge de rupture s'étale de 1800 à 2200 Newtons au mm² selon le diamètre.

Romantique :

- Le type I : Rouleaux de 500 gr de 0,575 à 1,6, plutôt destiné aux pianos **de 1840 à 1870** environ (selon les longueurs vibrantes). La charge de rupture s'étale de 1400 à 1800 Newtons au mm² selon le diamètre.
- Le type II : Rouleaux de 500 gr de 0,525 à 1,4, plutôt destiné aux piano-forte **de 1820 à 1840** environ (selon les longueurs vibrantes). La charge de rupture s'étale de 1000 à 1400 Newtons au mm² selon le diamètre.

Classique :

- Le type III : Rouleaux de 125 gr de 0,2 à 0,7, plutôt destiné aux piano-forte ainsi qu'aux clavecins, épinettes et clavicordes construits **avant 1820** environ (selon les longueurs vibrantes). La charge de rupture s'étale de 800 à 1600 Newtons au mm² selon le diamètre.

Pour éviter des calculs longs et fastidieux, les tableaux suivants permettront de définir le type d'acier à utiliser.

**Les chiffres rouges indiquent, pour un diamètre et un diapason donnés, les longueurs vibrantes à ne pas dépasser, selon le type de corde.
Les différents LA serviront de notes de référence.**

Exemple :

Relevé sur un Erard modèle 0 de 1928 :

- La 3 (la du diapason) - Fréquence : 440 Hz
- Longueur vibrante : 409 mm
- diamètre : 0.925 mm

Les Types III, II et I (longueur limite = 390 mm) ne pourront être utilisés alors que le **Type O** (longueur limite 440 mm) est parfaitement adapté.

Type O :

LA3	0,9	0,925	0,95	0,975	1	1,025
435 Hz	447	445	444	442	441	439
440 Hz	442	440	439	437	436	434
442 Hz	440	438	437	435	433	432

LA4	0,825	0,850	0,875	0,9	0,925	0,95
870 Hz	225	224	224	223	222	221
880 Hz	223	222	222	221	220	219
884 Hz	222	221	221	220	219	218

LA5	0,775	0,8	0,825	0,850	0,875	0,9
1740Hz	115	115	114	114	113	113
1760Hz	114	114	113	113	112	112
1768Hz	113	113	112	112	111	111

LA6	0,725	0,750	0,775	0,8	0,825	0,850
3480Hz	58	58	57,5	57,5	57	57
3520Hz	57	57	57	57	57	57
3536Hz	57	57	57	56,5	56,5	56

Type I :

LA3	0,8	0,825	0,850	0,875	0,9	0,925	0,950	0,975	1
415 Hz	425	423	421	418	416	413	411	408	405
420 Hz	420	418	416	413	411	408	406	403	400
425 Hz	415	413	411	408	406	403	401	398	395
430 Hz	410	408	406	403	401	398	396	393	390
435 Hz	405	403	401	399	396	394	391	389	386
440 Hz	400	399	397	395	392	390	387	385	382

LA4	0,725	0,75	0,775	0,8	0,825	0,85	0,875	0,9
830Hz	216	215	214	212	211	210	209	207
840 Hz	213	212	211	209	208	207	206	204
850 Hz	210	209	208	206	205	204	203	202
860 Hz	208	206	205	204	203	202	201	200
870Hz	206	204	203	202	201	200	199	198
880 Hz	204	202	201	200	199	198	197	196

LA5	0,7	0,725	0,75	0,775	0,8	0,825	0,85	0,875
1660 Hz	108	107	107	106	106	105	105	104
1680 Hz	107	106	105	104	104	103	103	102
1700 Hz	106	105	104	103	103	102	102	101
1720 Hz	105	104	103	102	102	101	101	100
1740 Hz	104	103	102	101	101	100	100	99
1760 Hz	103	102	101	100	100	99	99	98

LA6	0,575	0,6	0,625	0,65	0,675	0,7	0,725	0,75	0,775	0,8	0,825	0,850
3320 Hz	57	56,5	56	55,5	55,5	55,5	55	54,5	54	54	53,5	53,5
3360 Hz	56	55,5	55,5	55	55	54,5	54	53,5	53	53	53	53
3400 Hz	55	55	55	54,5	54,5	54	53,5	53	52,5	52,5	52,5	52,5
3440 Hz	54,5	54,5	54,5	54	54	53,5	53	52,5	52	52	52	52
3480 Hz	54	54	54	53,5	53,5	53	52,5	52	51,5	51,5	51,5	51,5
3520 Hz	53,5	53,5	53,5	53	53	52,5	52	51,5	51	51	51	51

Type II :

LA3	0,725	0,75	0,775	0,8	0,825	0,850	0,875	0,9	0,925	0,950
415 Hz	394	391	388	385	382	379	376	373	370	367
420 Hz	389	386	384	381	377	374	371	368	365	362
425 Hz	385	382	379	376	373	370	367	364	361	358
430 Hz	381	378	375	372	369	366	363	360	357	354
435 Hz	376	373	370	367	364	361	358	355	353	350
440 Hz	372	369	366	363	360	357	354	351	349	346

LA4	0,7	0,725	0,75	0,775	0,8	0,825	0,850	0,875	0,9
830Hz	198	197	196	194	192	191	189	188	186
840 Hz	196	195	194	191	190	188	187	185	184
850 Hz	194	193	191	189	188	186	185	183	182
860 Hz	192	191	189	187	186	184	183	181	180
870Hz	190	189	187	185	184	182	181	179	178
880 Hz	187	186	184	183	182	180	179	177	176

LA5	0,625	0,65	0,675	0,7	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825	0,85
1660 Hz	99	99	99	99	98	97	97	96	95	94
1680 Hz	98	98	97	97	97	96	95	94	94	93
1700 Hz	97	97	96	96	96	95	94	93	93	92
1720 Hz	96	96	95	95	95	94	93	92	92	91
1740 Hz	95	95	94	94	94	93	92	91	91	90
1760 Hz	94	94	93	93	93	92	91	90	90	89

FA6	0,525	0,550	0,575	0,60	0,625	0,65	0,675	0,7	0,725	0,750	0,775	0,800
2635 Hz	65	64,5	64,5	64	64	63	63	63	63	62	62	61
2666 Hz	64	64	63,5	63	63	63	62	62	62	61	61	60
2698 Hz	63	63	62,5	62	62	62	62	61	61	61	60	60
2730 Hz	62,5	62,5	62	62	61	61	61	61	60	60	60	59
2762 Hz	62	61,5	61,5	61	61	61	61	60	60	59	59	58
2793 Hz	61	61	61	60	60	60	60	60	59	58	58	58

Pour les amoureux de l'arithmétique :

Dans un même piano, on pourra utiliser plusieurs types de cordes et les panacher lors d'une restauration afin d'améliorer par exemple le passage des cordes acier aux cordes filées, en fonction de la **sollicitation** du cordage.

Exemple : Un Steinway modèle O (1,80m) : La première corde en acier est placée sur le Si 1.
(diapason 442 Hz)

Note	Acier	Longueur vibrante	Diamètre	Tension	Sollicitation %
Si1	Moderne	1110mm	1,025	491,1 N	34,46
Si1	Type I	1110mm	1,025	491,1 N	44,89
Si1	Type II	1110mm	1,025	491,1 N	63,65

En utilisant le type I, **on aura toujours la même tension**, mais **la sollicitation** sera de 44,89%. Si l'on utilise le type II, la sollicitation sera de 63,65 %, ce qui est encore plus intéressant tant au point de vue de la tenue d'accord que du point de vue sonore.

Tout ceci demande un peu de calcul, mais sera récompensé par un meilleur résultat sonore et un gain de temps considérable au moment de l'harmonisation.

Le tableau suivant permettra d'effectuer les calculs nécessaires :

Type M			Type O			Type I			Type II		
N°	Diam	Charge de rupture réelle	N°	Diam.	Charge de rupture réelle	N°	Diam.	Charge de rupture réelle	N°	Diam.	Charge de rupture réelle
12	0,725	790	12	0,725	681,2	9	0,575	373,92	8	0,525	263,12
12,5	0,75	840	12,5	0,75	724,2	9,5	0,6	402,9	8,5	0,55	286,76
13	0,775	890	13	0,775	768,2	10	0,625	432,58	9	0,575	311,21
13,5	0,8	940	13,5	0,8	813,2	10,5	0,65	462,9	9,5	0,6	336,46
14	0,825	990	14	0,825	859,1	11	0,675	493,83	10	0,625	362,47
14,5	0,85	1040	14,5	0,85	905,9	11,5	0,7	525,31	10,5	0,65	389,23
15	0,875	1090	15	0,875	953,5	12	0,725	557,31	11	0,675	416,71
15,5	0,9	1140	15,5	0,9	1002	12,5	0,75	589,78	11,5	0,7	444,88
16	0,925	1200	16	0,925	1051	13	0,775	622,68	12	0,725	470,2
16,5	0,95	1255	16,5	0,95	1101	13,5	0,8	655,96	12,5	0,75	495,68
17	0,975	1310	17	0,975	1152	14	0,825	689,58	13	0,775	521,26
17,5	1	1365	17,5	1	1203	14,5	0,85	723,5	13,5	0,8	546,88
18	1,025	1425	18	1,025	1255	15	0,875	757,65	14	0,825	572,51
18,5	1,05	1480	18,5	1,05	1308	15,5	0,9	792	14,5	0,85	598,09
19	1,075	1540	19	1,075	1361	16	0,925	826,57	15	0,875	623,56
19,5	1,1	1610	19,5	1,1	1415	16,5	0,95	861,22	15,5	0,9	648,89
20	1,125	1685	20	1,125	1470	17	0,975	895,95	16	0,925	674,02
20,5	1,15	1760	20,5	1,15	1525	17,5	1	930,67	16,5	0,95	698,89
21	1,175	1840	21	1,175	1580	18	1,025	965,4	17	0,975	723,47
21,5	1,2	1915	21,5	1,2	1636	18,5	1,05	1000,1	17,5	1	747,69
22	1,225	1995	22	1,225	1692	19	1,075	1034,7	18	1,025	771,52
22,5	1,25	2070	22,5	1,25	1749	19,5	1,1	1069,12	18,5	1,05	794,89
23	1,3	2175	23	1,3	1877	20	1,125	1103,32	19	1,075	817,77
23,5	1,35	2290	23,5	1,35	2009	20,5	1,15	1137,37	19,5	1,1	840,09
24	1,4	2420	24	1,4	2144	21	1,175	1171,12	20	1,125	861,81
24,5	1,45	2590	24,5	1,45	2282	21,5	1,2	1204,5	20,5	1,15	882,88
25	1,5	2770	25	1,5	2424	22	1,225	1237,5	21	1,175	903,25
25,5	1,55	3000	25,5	1,55	2568	22,5	1,25	1270,12			
26	1,6	3300	26	1,6	2714	23	1,3	1353,9			