

# Quelques détails sur les câbles...



Le comportement des câbles dépend du métal qui les constitue, de leur structure, de leur construction.  
Essayons de débroussailler le sujet avec des mots simples, car les notions évoquées le sont...  
Rien d'ésotérique ici, pas de magie, nous resterons dans les détails techniques et mesurables !



😊 **Un câble est constitué d'un ou plusieurs brins d'un métal bon conducteur**

... 😊

Il est important de le rappeler !

Mais l'arrangement de ces brins influe sur la transmission du signal.



Quelles caractéristiques du câble nous intéressent ?

**1) La résistance du câble :**

***Les pertes dans le fil en fonction du diamètre :***

Les câbles de modulation (par ex. du lecteur CD vers le préampli) n'ont pas de forts courants à transporter : Donc ici il est inutile que les conducteurs soient gros.

Par contre, la sortie vers les hauts parleurs véhicule de forts courants, avec une faible tension. Des enceintes gourmandes (à faible rendement) auront besoin de forts courants pour reproduire un niveau élevé. Ces courants seront très peu atténués par des câbles de gros diamètre.

Le même signal envoyé dans des câbles très fins se dissipe en chaleur (comme dans un radiateur électrique)... il y a donc une petite perte de puissance. Ce détail est (très légèrement) sensible pour les grandes longueurs.

***L'action de la résistance du câble sur l'amortissement électrique :***

La résistance du câble peut influencer sur le rendu sonore d'une autre manière : Un haut parleur mis en mouvement par le signal musical ne s'arrête pas immédiatement, il continue à vibrer un peu, si le signal cesse (il a une certaine inertie). Il "invente" des vibrations qui n'étaient pas dans le signal ! Ces vibrations parasites, ce traînage, se mélangent aux signaux suivants de la

musique. Cela, comme je l'ai lu une fois dans la RDS, nous "brouille l'écoute" (humour).

Par contre, si la résistance du câble est très faible (diamètre suffisant), l'ampli de puissance "amortit" les mouvements parasites du haut parleur : celui-ci suit plus fidèlement la musique.

**Plus techniquement pour ceux qui aiment :**

On peut dire que le HP se déplace en fonction du courant qu'on lui apporte. Mais quand on déplace une bobine mobile de HP dans un champ magnétique (celui de l'aimant), on produit une force contre-électromotrice, et un courant de signe opposé dans le circuit .

Ce courant étant opposé à celui qui a créé le mouvement, il a tendance à limiter le mouvement du HP.

Tant que le signal musical arrive, il est le plus fort et le HP se déplace.

Dès qu'il s'arrête, le HP continue méchamment sur sa lancée ; il crée donc par ce déplacement intempestif un courant qui a tendance à le freiner... donc son mouvement s'arrête très vite ! et le tour est joué :

On a bien un mouvement du HP lorsque le signal arrive, et un blocage rapide, lorsque le signal cesse. On suit précisément les transitoires de cette musique.

Si malheureusement la résistance du câble est importante, ce courant de "contrôle automatique" est atténué et il y a moins d'amortissement des mouvements erratiques du HP.

Bien entendu, il ne faut pas négliger non plus la résistance interne de l'ampli, qui s'ajoute à celle du câble. On signale de temps en temps le *facteur d'amortissement* de l'ampli (celui des amplis transistorisés est souvent très élevé, au contraire de celui des tubes, qui "tiennent" moins les HP et auront donc quelquefois tendance à donner des basses plus rondes.).

**Attention :**

Le facteur d'amortissement ne doit pas obligatoirement être très bas, tout dépend en fait des enceintes utilisées : des enceintes à haut rendement sont très amorties électriquement et peuvent manquer de basses si le câble est trop bon conducteur !

Vous constaterez que les basses sont souvent plus abondantes et "rondes" avec un câble de résistance plus élevée (plus fin). Mais on perd en netteté des attaques.

Il faut essayer et écouter, puis choisir finalement en fonction ... de ses goûts personnels.

## 2) Qu'est-ce que l'impédance d'un câble ?

Il n'y a pas que la résistance qui caractérise un câble (D'ailleurs, en toute rigueur, celle-ci ne se mesure qu'en courant continu).

On parle plus généralement de l'impédance d'un câble, qui comporte des aspects plus variés. C'est en gros **la résistance du câble en fonction de la fréquence.**

L'impédance du câble est donc *variable en fonction de la fréquence* : qu'est-ce qui agit ?

### *Effet de peau et fils de Litz*

Imaginons un câble monobrin (en exagérant beaucoup, prenons un câble rigide du modèle qui transporte l'énergie électrique dans la maison, vous savez les fils rigides jaune/vert ou marron, ou bleu...) : entre autres, il affaiblira l'extrême-aigu,

par "effet de peau".

En effet, lors du passage d'un signal électrique de haute fréquence (les aigus de la musique), les électrons vont plutôt s'agiter en surface du conducteur qu'en profondeur... Donc les basses passeront **par tout le conducteur** et les aigües essentiellement **par la "peau"** : elles seront atténuées, utilisant moins de conducteur.

**Digression :**

Ce type de câble rigide "*gros monobrin*" souffre aussi de résonances internes à certaines fréquences ... À éviter donc pour un usage haute fidélité !

Pour contrer cet effet de peau, l'astuce consiste à faire passer le signal dans de multiples conducteurs fins (isolés), car le rapport entre la surface totale des brins et la section du câble va augmenter considérablement !

Cette idée toute simple a été appliquée il y a longtemps dans ce qu'on appelle le "**fil de Litz**".

Il s'agit d'un type de câbles composé de très nombreux conducteurs très fins (parfois des centaines), isolés individuellement (!) par un vernis. Autour, pour tenir tout ce petit monde, on a longtemps utilisé du coton, qui est un bon isolant exempt d'effets secondaires (bien que sensible à l'hygrométrie). On peut trouver maintenant des isolants plastiques, comme dans les autres câbles.

Ce type de câble passe sans atténuation des centaines de kilohertz ! donc bien au-delà des capacités de l'oreille. Mais déjà à 15-20 khz, il y a une différence par rapport à un câble courant. Et cette différence, légère, est audible.

On peut dire que ce câble est parfaitement linéaire sur toute la bande utile, même sur les harmoniques les plus élevées.

( J'ai utilisé personnellement pendant très longtemps un câble en fil de Litz entre le CD et le préampli.)

Cette technologie "Litz " existe en câbles de modulation ou, avec un plus gros diamètre du câble, en câbles HP

En pratique, doit-on toujours se tourner vers ces câbles ?

Cela dépend en fait du son de sa chaîne. Si on ressent un besoin de finesse dans les harmoniques, de définition (sans vouloir augmenter l'aigu proprement dit), c'est bon.

Si par contre la chaîne est hyper définie, cinglante, maigre en basses, alors il vaut mieux se méfier... car le fil de Litz apporte souvent une impression subjective de **relevé des harmoniques aigües** par rapport au reste.

### **3) L'effet capacitif :**

L'écartement entre les deux parties du câble (+ et -) joue aussi un rôle dans la transmission des aigus (pour les câbles de modulation).

Si les 2 conducteurs sont très proches, on a un "effet capacitif" qui se crée. Les deux fils se comportent comme un petit condensateur en parallèle, qui atténue

donc l'extrême-aigu : donc là aussi, perte de définition.

Cet effet lié à la proximité des conducteurs sera sensible dans les câbles de modulation (je l'ai mesuré), mais peu dans les câbles HP (question d'impédance de charge).

Voilà donc un deuxième point à considérer, pour les câbles de modulation (le diamètre du câble sera plus gros en général, car cela permet d'écarter les conducteurs + et -). Dans le câble que j'ai réalisé, je maintiens les 2 conducteurs de chaque voie à 1 cm avec du Scotch.

#### 4) L'effet inductif :

Mais si, pour éviter l'effet capacitif, comme dit ci-dessus, on écarte les fils "aller" et "retour" ... alors apparaît un effet inductif ( self en série), qui lui aussi a pour effet de limiter la bande passante dans l'aigu.

Mais-z-alors que faire ?

Surtout ne pas s'inquiéter, surtout pour les câbles d'enceintes, car la basse impédance du système ampli-enceintes (4-8 ohms, max quelques dizaines d'ohms à certaines fréquences) fait que ces deux effets, capacitif et inductif, n'existent qu'à de très hautes fréquences (des centaines de kilohertz), donc sans action sur les fréquences audio.

*L'effet inductif est théoriquement très légèrement plus sensible, pour les câbles HP.*

*Ceci a poussé certaines marques à créer des câbles HP dont les deux conducteurs sont extrêmement proches : on augmente un peu l'effet capacitif, très faible, et on diminue l'effet de self, plus gênant en câble HP.*

5) Depuis quelques années, on parle beaucoup de l'**isolant Téflon**, car c'est un excellent diélectrique (isolant) et il est exempt d'effet mémoire (...l'air aussi d'ailleurs).

Techniquement, l'effet mémoire est un très léger retard, qui fait que la tension dans le câble ne retombe pas immédiatement si le signal cesse, ou passe à 0 : Léger risque de brouillage du son.

6) **La souplesse des brins des câbles HP** (provenant de leur finesse) a de l'importance dans la restitution.

On constate rapidement que si le câble est plus rigide (car ses brins sont moins fins) on a un son plus "carré", franc, percutant dans l'aigu, avec des basses nettes, mais manquant un peu de finesse et de douceur musicale.

Il y a plus de vingt ans, un comparatif dans la presse avait parlé des basses plus

"tendres" d'un câble Leonische à brins très fins, par rapport à un câble Lucas. J'ai constaté un peu cela en comparant un câble Triangle (plus rigide) à un autre (Monster entrée de gamme) très souple. Ces deux câbles sont très agréables, mais sont différents, à la fois dans les grandes basses et les aigus : le Triangle (brins un peu plus gros) franc et net, avec des basses profondes et tendues mais peut-être un aigu un peu sec et technique, le Monster (brins très fins) plus "romantique" avec un aigu chatouillant agréablement l'oreille et des basses un peu rondes.

**7)** On parle aussi de possibles **micro-décharges** entre le conducteur et l'isolant (ou plutôt à mon avis avec la vapeur d'eau passée entre les deux). Là, je ne sais que penser...

**8)** Bien entendu, tous les câbles cuivre actuels sont **en cuivre OFC (désoxygéné)**.

Dans le câble de la lampe de chevet, non OFC en général (quoique quelquefois...) les cristaux de cuivre sont entourés par une zone de contact oxydée, qui peut dégrader la restitution (agressivité ou au contraire perte en hautes fréquences, distorsion...).

De la même manière, des **cristaux longs** de cuivre transmettent mieux le signal

**9)** Certains câbles ont leurs **brins argentés en surface** de façon à améliorer le contact (...et surtout à permettre à l'isolant Teflon de mieux adhérer...) : à écouter et comparer par rapport au cuivre pur. Je ne m'avance pas.

**10)** Les câbles de modulation (ou les câbles HP) en **argent pur** ont une résistivité légèrement plus faible. Ils donnent de bons résultats aussi, mais ils sont beaucoup plus chers. A vous d'apprécier le rapport qualité-prix ...



**Et maintenant le bonus**



**1) Les câbles "issus de la recherche aéronautique et spatiale" :**

Sur le marché des câbles industriels, il en existe certains conçus, avec beaucoup d'intelligence d'ailleurs, pour remplir des tâches impossibles en avionique ou dans les fusées... Par exemple, transmettre un signal faible dans un environnement

perturbé (parasites, température...).

Comme vous l'avez déjà remarqué, il y a toujours des différences (souvent légères) *entre n'importe quel câble et n'importe quel autre*.

Essayez par exemple en liaison HP d'abord un bon scindex, puis le même tressé artistiquement et séparé en deux "conducteurs triples isolés" de bon diamètre, puis du câble réseau (RJ45) tel quel, ou bien "détressé"...

Vous constaterez que **chaque câble et chaque arrangement** modifient de façon plus ou moins perceptible la restitution (bande passante, qualité des basses ou des aigües, ampleur stéréophonique, impression subjective de diminution de la distorsion...).

Revenons aux câbles "issus de la recherche ...(etc)".

Ces câbles industriels ont bien entendu aussi un son ! donc ils peuvent apporter quelque chose en haute-fidélité. Le malheur est qu'ils peuvent être chers, surtout quand ils passent par les mains de certains astucieux qui utilisent leur structure complexe **comme argument de vente**(consultez les sites internet ou les pubs des revues de haute fidélité !).

Ecoutez vos oreilles, et sachez que ce n'est pas la complexité d'un câble qui assure sa qualité. Mais elle permet souvent de justifier ... des prix injustifiés !

Que penser de certains câbles du commerce ?

Quel est par exemple l'effet d'une super-isolation permettant d'absorber les rayons gamma ????

Ou, si vous préférez, quelle est l'influence d'une super-nova apparue dans la constellation du Cygne par exemple, sur la reproduction de la "Messe L'Homme Armé" de Guillaume Dufay ?

Par contre, la **qualité de réalisation (connecteurs de haute qualité, soudures parfaites...)** est un point très important à vérifier. Pour le reste, les différents points cités plus haut sont bien connus, et permettent de créer des câbles sans erreurs de conception.

Cela justifie-t-il certains prix démentiels ?

La seule façon d'en être sûr consisterait à faire des essais en aveugle. Peut-être serait-on surpris !

## **2) Les câbles réseau informatiques en haute-fidélité :**

Curiosité à essayer. Ca peut marcher !

Il existe plusieurs types de câbles RJ45, plus ou moins rigides...

Ils sont composés de 4 paires de câbles OFC, isolés individuellement, enroulés sur eux-mêmes 2 par 2 de façon à diminuer l'influence d'un brin sur l'autre. Ceci est crucial en transmission de signaux informatiques.

En haute-fidélité, il est inutile de les entortiller ce cette manière (on aurait plutôt un



début d'effet de self. Mais cet effet, s'il existe, n'apparaîtra qu'en très haute fréquence) ... Les anciens câbles (10 Mb), abandonnés, auraient probablement bien convenu aussi, car ils étaient de structure linéaire, et non en paires entortillées.

Un modèle courant (plutôt adapté à la pose de réseaux informatiques fixes) est composé de **8 fils monobrins**. Il s'agit donc d'un câble assez rigide.

Il est très difficile de l'utiliser en câble de modulation ... Donc en **câble HP** (avec un câble [+] et un câble [-]) on a subjectivement une excellente cohérence entre l'aigu et l'extrême-aigu, un son très tendu dans les basses ; beaucoup d'impact, de la matière avec un son clair dans le haut médium. Mais il ne pardonne rien, avec sa bande passante très étendue vers le haut.

Au final , restitution très correcte pour le prix ...

Le câble réseau plus fin et souple (utilisable donc aussi pour les raccords) est constitué de **8 filsmultibrins OFC plus fins** : Etant donnée sa souplesse, il est mieux adapté au transport de **la modulation**. *Il peut évidemment convenir aussi en câble HP ...* Plus facile d'emploi, je le trouve d'ailleurs préférable car plus utilisable (voir montage plus bas).

Donc utilisé en câble modulation (préampli-ampli) il m'a semblé apporter une excellente netteté générale, avec une grande homogénéité : Même type d'écoute que le câble HP (**Haut-médium et aigu très définis ; basses nettes et tendues. Pas de romantisme ... Attention : à écouter en fonction du son de votre chaîne**).

Donc une fois de plus, voici des câbles qu'on peut tester aussi (pourquoi pas ??) , bien qu'ils n'aient pas été du tout prévus pour cela.

N'attendez pas de miracles à priori (ils révéleront plutôt tout ce qui ne va pas en amont), mais vous pouvez avoir de bonnes surprises, car les câbles réseau, comme tous les câbles existants, ont leur son propre, et, par le jeu des compensations, peuvent convenir parfaitement dans de nombreux cas (pour env. 1 € le m, ou 2 x 1 € / m en câble HP)...

### **Montage du câble réseau souple en modulation :**

Un câble stéréo : Rien que de très classique

- Une paire pour le (+) gauche, une paire pour le (-) gauche ;
- Une paire pour le (+) droit et une paire pour le (-) droit

Par exemple :



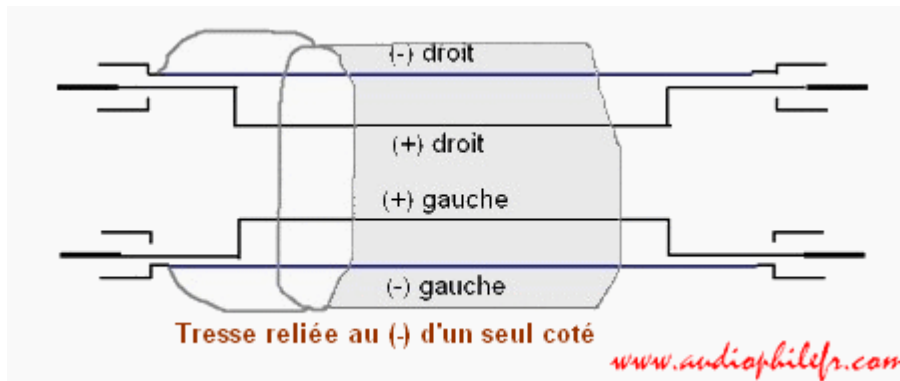
(-) gauche

(+) droit

La tresse autour du câble (en gris sur le dessin) sert à l'isoler des parasites radio-électriques divers (ronflements, craquements...). Il faut la relier au (-) d'un seul côté seulement.

Exemple :

Chacun des 4 fils ci-dessous est une des **paires** du câble réseau ci-dessus.

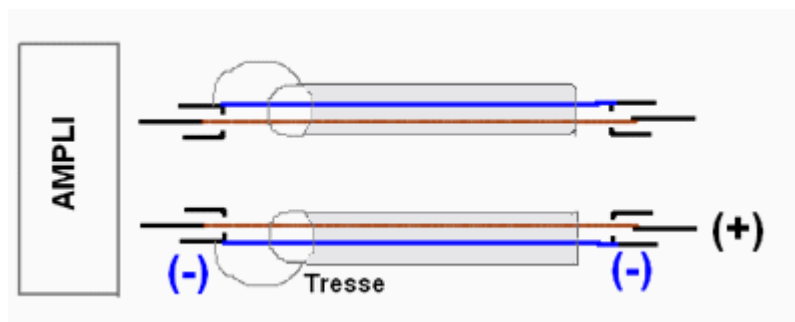


Il suffirait de relier la tresse à un seul (-), car les deux prises de la source ou du préampli ont leur (-) commun

Il faut éviter de relier la tresse (en gris ici) aux deux extrémités du câble car la modulation ne doit pas transiter en principe par la tresse, seulement par les fils intérieurs. Aucun danger cependant.

Le montage ci-dessus fonctionne très bien, en particulier il y a très peu de diaphonie (passage d'un canal dans l'autre) à cause de la géométrie du câble réseau.

Si vous préférez utiliser **deux** câbles réseau (car vos entrées ou sorties sont **très** écartées) le schéma est évidemment très simple :



Chaque tresse est reliée au (-) d'un seul côté.  
Pour chaque câble, il y a deux paires pour le (+) et deux paires pour le (-)

### 3) Les câbles téléphoniques récents :



Des câbles téléphoniques actuels permettant de faire des raccords plus fiables et rapides (à la place de votre antique rallonge téléphonique) pour brancher votre modem ADSL, sont aussi une voie de recherche intéressante en haute-fidélité (rappelons-nous les expériences de la revue "L'Audiophile" dans les années 80 ). Ce câble convient bien en câble HP. Il se rapproche du câble réseau.

Repassez de temps en temps. Je vous tiens au courant .

(2005; Modif. mai 2006 ; nov 2007)

## Litz Wire

For optimum performance, the Litz constructions covered in this section are made with individually insulated strands. Common magnet wire film insulations such as: polyvinylformal, polyurethane, polyurethane/nylon; solderable polyester, solderable polyester/nylon, polyester/polyamide-imide, and polyimide are normally used. The outer insulation and the insulation on the component conductors, in some styles, may be servings or braids of nylon, cotton, Nomex<sup>1</sup>, fiberglass or ceramic. Polyester, heat sealed polyester, polyimide and PTFE tape wraps along with extrusions of most thermoplastics are also available as outer insulation if the applications dictate special requirements for voltage breakdown or environmental protection.

## Litz Design

Typically, the design engineer requiring the use of Litz knows the operating frequency and RMS current required for the application. Since the primary benefit of a Litz conductor is the reduction of A.C. losses, the first consideration in any Litz design is the operating frequency. The operating frequency not only influences the actual Litz construction, but is also used to determine the individual wire gauge.

Ratios of alternating-current resistance to direct-current resistance for an isolated solid round wire (H) in terms of a value (X) are shown in Table 1.

## Table 1

X	0	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
H	1.0000	1.3093	1.0007	1.0012	1.0021	1.0034	1.0050

The value of X for copper wire is determined by Formula 1.

### FORMULA 1

$$X = 0.271 D_M \sqrt{F_{MHz}}$$

Where:  $D_M$  = Wire diameter in mills  
 $F_{MHz}$  = Frequency in Megahertz

From Table 1 and other empirical data the following table of recommended wire gauges vs. frequency for most Litz constructions has been prepared.

## Table 2

FREQUENCY*	RECOM'D WIRE GAUGE	NOM. DIA. OVER COPPER	DC RES. OHMS/FT (MAX)	SINGLE STRAND R <sub>AC</sub> /R <sub>DC</sub> "H"
60 HZ to 1 KHZ	28 AWG	.0126	66.37	1.0000
1 KHZ to 10 KHZ	30 AWG	.0100	105.62	1.0000
10 KHZ to 20 KHZ	33 AWG	.0071	211.70	1.0000
20 KHZ to 50 KHZ	36 AWG	.0050	431.90	1.0000
50 KHZ to 100 KHZ	38 AWG	.0040	681.90	1.0000
100 KHZ to 200 KHZ	40 AWG	.0031	1152.3	1.0000
200 KHZ to 350 KHZ	42 AWG	.0025	1801.0	1.0000
350 KHZ to 850 KHZ	44 AWG	.0020	2873.0	1.0003
850 KHZ to 1.4 MHz	46 AWG	.0016	4544.0	1.0003
1.4MHz to 2.8 MHz	48 AWG	.0012	7285.0	1.0003

After the individual wire gauge has been determined and assuming that the Litz construction has been designed such that each strand tends to occupy all possible positions in the cable to approximately the same extent, the ratio of A.C. to D.C. resistance of an isolated Litz conductor can be determined from the following formula.

### FORMULA 2<sup>2</sup>

$$\frac{\text{Resistance to Alternating Current}}{\text{Resistance to Direct Current}} = H + K \left( \frac{N D_1}{D_0} \right)^2 G$$

<sup>1</sup> DuPont Registered Trademark

<sup>2</sup> See Radio Engineers Handbook - Terman, pp. 30-83.

