

Fiat lux !

Ce rapport technique tentera d'éclaircir certains points de base concernant une installation lumière telle qu'on peut la trouver dans une structure de l'envergure du LGP. En commençant par le commencement...

1) La chaîne lumière

"Au commencement, il n'y avait rien...Et la lumière fut." Pour que la lumière soit, Sir Thomas Edison inventa l'ampoule, et peu à peu, on en arriva au projecteur tel qu'on le connaît bien aujourd'hui : un filament dans une ampoule, cette dernière entourée d'un côté par un réflecteur et de l'autre par une lentille. Bon mais alors, ça n'est pas tout...Pour que le filament dégage un tant soit peu de lumière, il faut (ce n'est pas moi, c'est Edison qui le dit) qu'y circule un courant électrique, on adjoint donc au projecteur un câble d'alimentation, voire même parfois un interrupteur qui permet de varier les plaisirs entre la position "OFF" et la position "ON"...on fait vite le tour ! On peut en effet avoir envie d'un peu de fantaisie, de faire passer le projecteur par des valeurs intermédiaires : c'est là qu'intervient le gradateur. Les gradateurs actuels, qu'ils soient analogiques ou numériques, fonctionnent tous en laissant passer plus ou moins longtemps le courant électrique (c'est ce qui va faire que le projecteur dégagera plus ou moins de lumière) . Ils fonctionnent à une fréquence de 100 Hz (c'est-à-dire 2 fois la fréquence du secteur). Le signal de contrôle du gradateur provient du pupitre lumière, commandé par le technicien.

2) Un dialogue de sourds...

a) C'est la console qui commande...

Les ordres proviennent du pupitre, qui agit en fait comme une télécommande filaire. Il en existe de deux types : les

consoles traditionnelles, où l'on gère directement l'intensité de la lampe en poussant un potentiomètre, et les consoles à mémoires. De plus en plus d'équipements possèdent des mémoires et permettent une programmation avancée, utile avec des projecteurs traditionnels, indispensable avec des projecteurs asservis. L'opérateur programme les ordres à transmettre aux différents exécutants, mais la console ne peut tenir compte de leur état actuel, ni repérer un quelconque dysfonctionnement. De plus, elle est incapable de déléguer des opérations aux projecteurs, mais doit calculer toutes les positions et modifications intermédiaires.

b) ...Mais c'est le projecteur qui décide !

Si la console émet l'ordre « 10° à droite » pour un asservi, s'agit-il de 10° de plus par rapport à sa position actuelle ou de retourner à la position 10° par rapport à un zéro prédéfini ? Ces deux interprétations peuvent être valables, c'est selon la manière dont le fabricant a paramétré son projecteur. C'est donc l'appareil qui le décidera, et c'est l'opérateur qui devra adapter sa programmation en fonction du résultat qu'il obtiendra de visu. Malgré les efforts faits par les constructeurs en ce domaine, c'est toujours à l'homme de comprendre la machine et non le contraire...

c) Pourquoi faire simple...

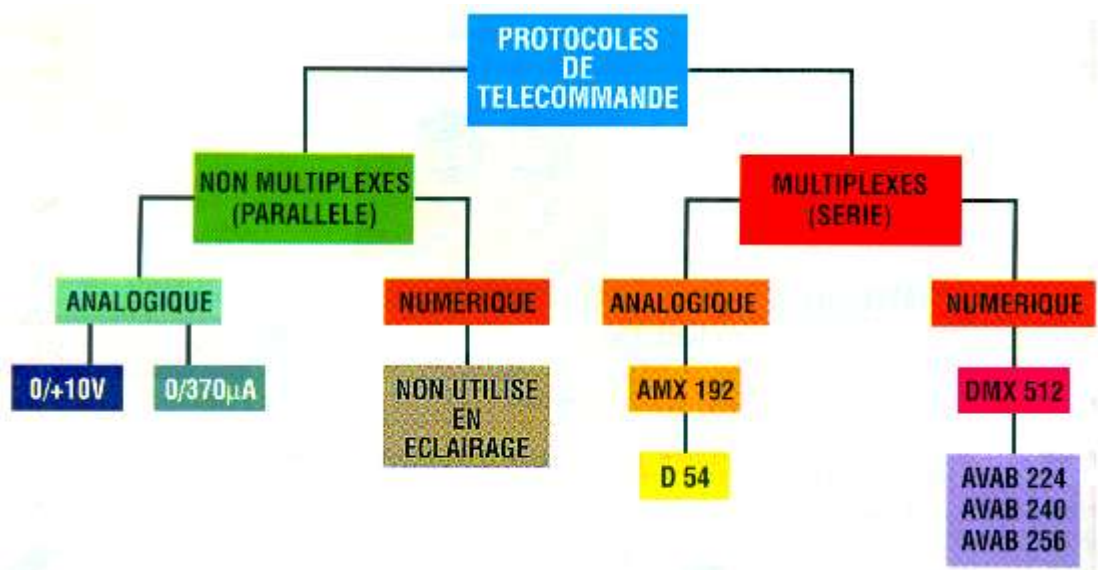
Bon, attaquons les choses sérieuses...Avez-vous déjà tenté d'allumer votre four à micro-ondes avec la télécommande de votre téléviseur ? (Même pas le lundi matin ?! Bravo...) Le problème est le même pour télécommander les gradateurs et les asservis : il est indispensable que le langage de la console et celui des équipements qu'elle doit commander soit le même. Or, il existe une multitude de langages (« protocoles ») différents. Une fois vos équipements compatibles (à priori), vous risquez de vous rendre compte qu'ils sont en fait irraccordables : difficile,

en effet, de faire rentrer un XLR 3 broches mâle dans un XLR 5 broches femelle (si on prend l'exemple concret d'un célèbre fabricant qui avait pris pour habitude, et c'est tout à fait discutable, de ne pas respecter la norme de brochage pourtant établie du DMX 512 !). Après avoir déniché l'adaptateur adéquat, ce léger problème étant maintenant résolu, vous pouvez aborder l'esprit serein (c'est fortement conseillé !) le casse-tête suivant : les affectations. En clair, programmer la console pour que quand vous poussiez le 2, le gradateur 25 allume le premier projo à cour : au programme, papier, crayon et aspirine...Du calme, c'est censé vous simplifier la vie. Après, pour la programmation, une fois que vous connaîtrez la langue, tout ne sera plus qu'un problème de syntaxe...Une fois que vous connaîtrez la langue...



Il existe une foule d'adaptateurs divers...
Ci-contre un inverseur DMX 5 broches (qui inverse le + et le -, pour assurer la compatibilité avec du matériel de constructeurs différents)

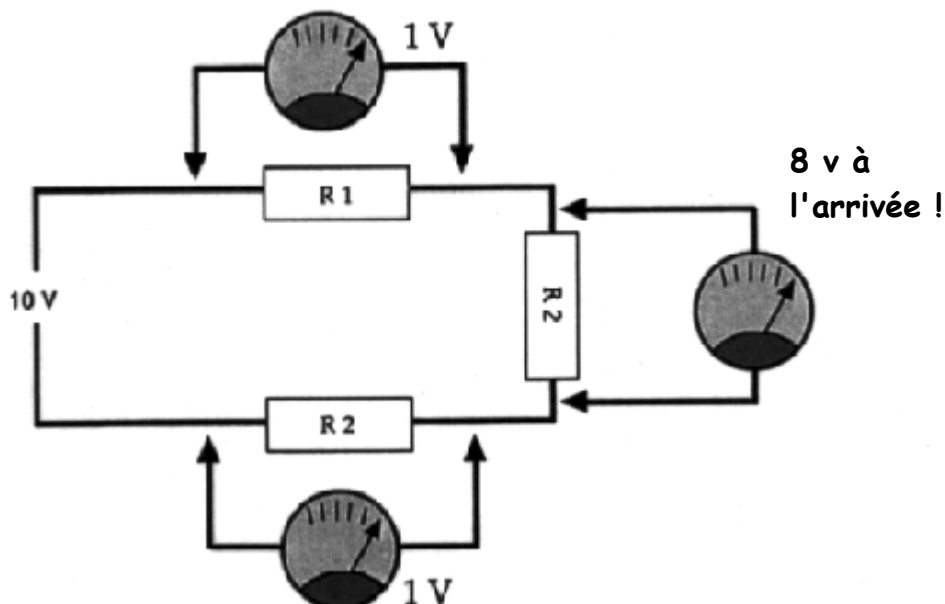
3) Les protocoles de télécommande



Pour la transmission de données entre différents matériels d'éclairage, il existe de nombreuses langues différentes, appelées "protocoles"...

a) L'analogique... logique (non multiplexé)

Un système analogique fonctionne par analogie : décidons, par exemple, que l'on fasse varier la tension pour piloter les équipements. Ce signal, que l'on fera varier au cours du temps, pourra prendre une infinité de valeurs entre, par hasard (...), 0V et 10V : cela signifie qu'il suffira d'amplifier ce signal pour obtenir une infinité de valeurs comprises entre 0 et 100% de la puissance maximale du gradateur. On obtient donc un système où, quand on envoie 2V, le projecteur fonctionne à 20%. L'avantage majeur de ce type de protocoles est donc la simplicité (du moins pour les petites installations) : une information = une voie de transmission = un fil. Mais il a les défauts de ses qualités : dans un signal analogique, l'information est transportée par la forme même du signal, donc, si ce signal est déformé, l'information est altérée et ce, de façon définitive. Ces altérations peuvent provenir de parasites (petits champs magnétiques baladeurs qui induisent des tensions imprévues dans les câbles qu'ils croisent) ou d'un phénomène appelé « chute de tension en bout de ligne » : si mon fil, assimilable à une résistance, absorbe 1V à l'aller et 1V au retour de mon signal de 6V, il ne reste que 4V aux bornes de l'appareil, qui se positionnera à 40% au lieu des 60% souhaités (ce qui se traduit visuellement par une gradation ou par des miroirs qui ne vont plus au bout de leur course.)



b) Les télécommandes multiplexées

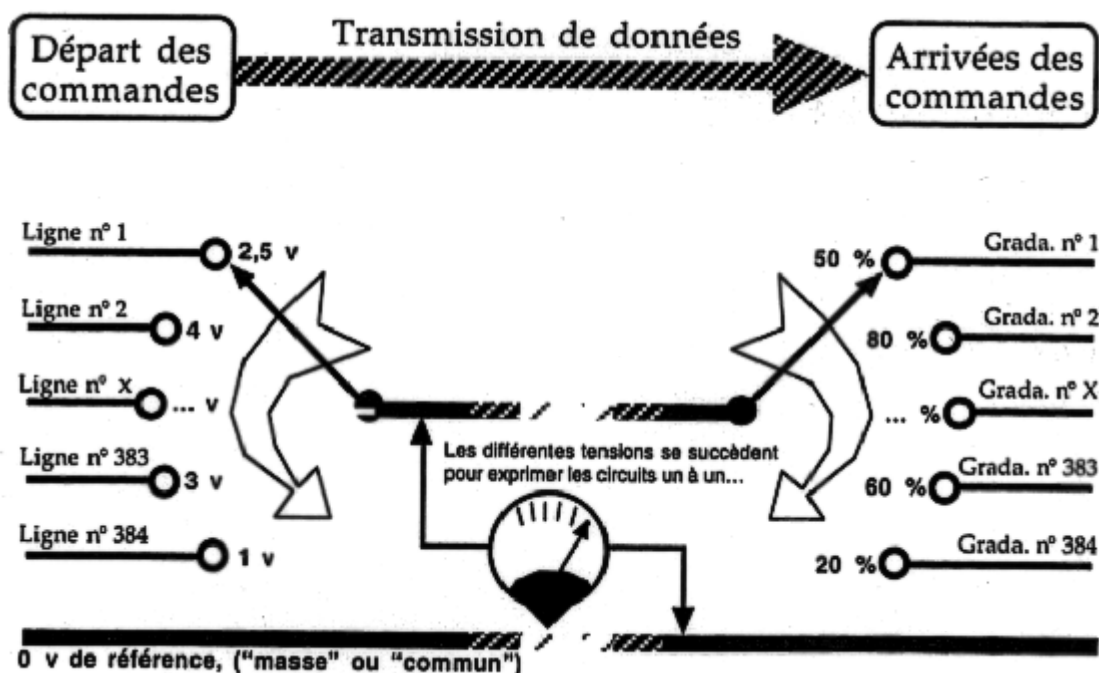
" Le multiplexage

Toute l'ingéniosité du multiplexage consiste à faire passer des centaines d'informations en même temps sur un seul support. Pour ça, on mélange bien, on véhicule les informations mélangées et on sépare à l'arrivée : il existe deux méthodes qui sont le multiplexage fréquentiel (utilisé dans les transmissions radio, par exemple) et le multiplexage temporel. C'est ce dernier qui nous intéresse ici : sur la ligne de transmission, chaque information s'exprime à son tour. Chacun ne prend en considération que les informations qui le concernent. Pour qu'on ait l'impression que les informations arrivent simultanément (et il ne faut pas qu'on ait de retard entre l'ordre du pupitreur et son exécution), il faut que la fréquence de transmission d'un signal multiplexé soit au minimum égale au produit du nombre de circuits par le nombre de cycles par seconde. Un long câble présente une impédance qui se manifeste face aux signaux alternatifs, et cette impédance est valable pour une fréquence précise : pour de telles fréquences, le choix du câble sera donc très important (ce qui explique qu'un câble son qui doit convoyer jusque 20 kHz ne convienne pas pour de la vidéo à 6,5 MHz ; et les protocoles d'éclairage ont encore des fréquences à part...). Une fois ces contraintes intégrées, reste une question : que fait le gradateur pendant que sont transmises les informations qui ne le concernent pas ? C'est l'information précédente qui est conservée et qui sert de référence, en attendant la suivante...

§ Le multiplexage analogique

Eh oui ! Il ne faut pas confondre multiplexé et numérique, même si les deux principes sont souvent combinés dans la transmission d'informations. Il existe des transmissions numériques non multiplexées utilisées en informatique et en vidéo numérique, il existe aussi de l'analogique multiplexé, avec

notamment en lumière, l'AMX 192 et le D54. AMX est la contraction de Analog Multiplex et 192 représente le nombre de canaux pilotables. Le D54 fonctionne exactement comme l'AMX 192, à la différence qu'il peut piloter deux fois plus de canaux, soit 384 (il aurait d'ailleurs pu s'appeler AMX 384, d'autant qu'il a été développé par la même société, Rank Strand.) Contrairement à l'AMX 192, que l'on ne trouve pratiquement jamais en Europe, le D54 est plus répandu. Le signal est constitué d'une succession de tensions pendant des temps très courts, chaque donnée exprimant une valeur de gradation.



Le D54 fonctionne sur la base d'un multiplexage temporel analogique...

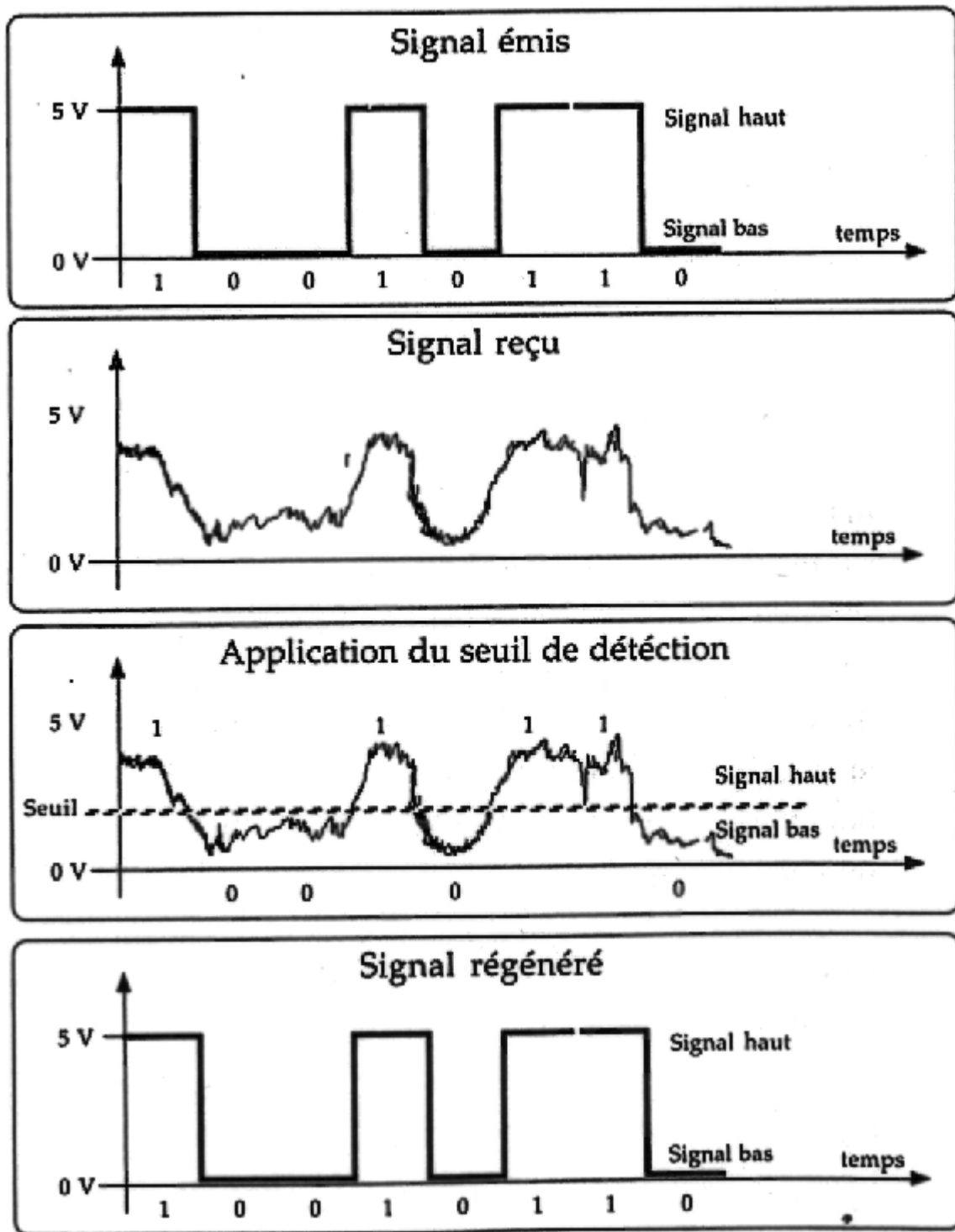
Ce type de systèmes a deux inconvénients majeurs, qui sont dus à sa nature analogique même : le problème de chute de tension en bout de ligne, qui a déjà été évoqué, et la possibilité d'une différence de potentiel de référence. En effet, la tension se mesure par rapport à un zéro de référence, et si la console et l'appareil n'ont pas le même, l'information peut être interprétée bizarrement (comme disait ce vieil Albert, "tout est relatif"...)

γ Le numérique

➤ Le numérique

Un procédé numérique consiste à traduire les valeurs à transmettre, stocker ou manipuler, en nombres. Les nombres sont ensuite codés sous forme d'impulsions, on parle alors d'informations de type binaire, ce qui signifie qu'il n'y a que deux possibilités : il y a un signal ou il n'y en a pas. Le temps accordé à une impulsion se nomme un bit.

Le fait de transformer une quantité en impulsions facilite le transport d'informations : en effet, même si la ligne est longue et qu'il y a des parasites, on peut quand même distinguer à l'arrivée s'il y avait un signal ou pas. Il suffit pour cela de choisir un seuil de détection adapté : ce seuil, défini arbitrairement pour chaque norme, précise la valeur pour laquelle la mesure doit être interprétée comme un 0 si elle est inférieure ou comme un 1 si elle est supérieure. L'idéal est donc que ce seuil soit supérieur au plus gros parasite connu, mais inférieur au signal le plus affaibli par la distance. Et même dans le cas d'une distance trop longue qui dégraderait trop le signal, il suffit d'intercaler un régénérateur avant que le signal ne soit trop abîmé.



La transmission numérique et le principe de seuil utilisé lors de cette transmission...

Les systèmes numériques ont trois principales limites : la résolution, la fréquence d'échantillonnage, et le fait qu'avec eux, ça passe ou ça casse. En effet, si l'information est réellement trop endommagée, il n'y a aucun moyen de la remplacer. Pour ce qui est de la fréquence d'échantillonnage, il s'agit de la fréquence à laquelle on prélève des échantillons du signal pour les mesurer et les traduire ensuite en code numérique. Celui-ci qui est exprimé en binaire puis transmis sous forme d'impulsions. Si la fréquence d'échantillonnage est trop faible, certains événements ne seront pas échantillonnés : ils seront oubliés ! Enfin, la résolution est le nombre de portions l'on s'accorde pour décrire les valeurs comprises entre les valeurs extrêmes. Elle dépend du nombre de bits. Par exemple, pour un système en 8 bits, on a 2^8 , soit 256 niveaux, ce qui à priori en lumière pourrait paraître suffisant...

➤ Le DMX 512

Parmi les différents standards, il en est un qui s'est imposé : il est devenu une norme et la majorité des machines produites à ce jour sont compatibles avec le DMX 512. La syntaxe de son nom fait penser à celle de l'AMX 192, et c'est normal, puisqu'ils ont tous deux été définis par le même organisme : l'USITT (Institut américain pour les technologies du théâtre), un organisme indépendant. Le DMX a été créé en 1986 par des utilisateurs pour des utilisateurs, et il a été révisé en 1992 : c'est cette version qui est couramment utilisée. Ce protocole a été conçu en s'appuyant sur des technologies déjà utilisées en informatique, de manière à garantir des coûts d'étude et de réalisation très bas pour les producteurs de matériels. D pour Digital, MX pour MultipleX... Le DMX 512 est un protocole numérique multiplexé à 512 canaux !

Chaque canal est échantillonné sur 8 bits, chacun peut donc exprimer 256 états, de 0 à 255. Quand on sait que les consoles

classiques travaillent en pourcentage, c'est-à-dire avec une résolution largement inférieure de moitié, le DMX semble très précis. Mais là encore il faut réaliser que les asservis font concurrence à l'éclairage dit traditionnel, et que quand un projecteur pivote sur un tour complet, il s'agit bien d'un tour de ...360° ! Si cette rotation est commandée avec un seul circuit DMX, la résolution est trop faible : concrètement, le faisceau d'un projecteur situé à 20 mètres fera un bond de 50 centimètres à chaque pas.

La liaison est une transmission unidirectionnelle. Il y a un émetteur exclusif et pas de retour d'information : aucun acquittement des récepteurs vers l'émetteur n'est possible. Les données sont recopiées par chaque récepteur. Un système d'adressage permet aux récepteurs de ne prendre en compte que les valeurs des canaux qui leur sont affectés. Il devient alors très facile d'intégrer un nouvel appareil dans la chaîne, chaque récepteur recevant l'intégralité des trames transmises.

Les 512 canaux sont transmis au moyen d'une liaison symétrique. Chaque unité d'information est composée de plusieurs bits qui sont transmis les uns après les autres dans un ordre défini, l'ordre croissant. Un cycle commence par une initialisation (break + mark after break), puis suit un code indiquant la nature des informations (start-code), les informations concernant le premier circuit (1 start-bit + 8 bits de données + 2 stop-bits), puis les onze bits du circuit 2...

Composition d'un cycle :

- Un start-bit, état bas, précède la transmission de l'octet
- Les 8 bits portant l'information : du bit de poids le plus faible jusqu'au bit de poids le plus fort (LSB > MSB)
- Deux bits de stop, état haut, après la fin de l'octet

...Cela pour 512 circuits, auxquels il faut ajouter le break, le mark after break et le start-code. Le signal étant rafraîchi

44.03 fois par seconde, la fréquence observée sur une ligne DMX est donc d' environ 250 kHz ($[2+1+512] \times 44.03 \times 11$).

Deux fils véhiculent les signaux en opposition de phase et l'étage d'entrée du récepteur détecte les différences d'amplitude entre ces deux conducteurs. De cette façon un parasite induit sur les deux fils sera ramené à un potentiel nul. La tension entre les deux conducteurs actifs doit être au minimum de 200 mV . Les valeurs limites sont fixées de - 7 V min. à + 12 V max. par rapport à la masse. Il est nécessaire de brancher une résistance de terminaison en fin de ligne (vulgairement appelée bouchon DMX). Son rôle est d'assurer la bonne circulation du courant entre les conducteurs actifs. Elle empêche que des échos de trames déjà transmises ne remontent à la source, ce qui, passé un certain seuil, perturberait la validité des signaux. La norme ne mentionne pas directement la longueur maximale des liaisons, les fabricants d'appareils d'éclairages les plus sévères préconisent de ne pas dépasser les 250 mètres. L'impédance de la ligne doit être supérieure à 60 Ω .

Comme pour tous courants faibles les conducteurs ne doivent pas cheminer à proximité des conducteurs de puissance dont les rayonnements risqueraient de perturber la validité des informations transmises.

Les branchements en Y et autres bricolages sont défendus, ils endommagent fortement la qualité du signal transmis. Un nouvel appareil sera obligatoirement inséré dans la liaison série existante.

Le brochage DMX est clairement normé :

Emetteur	châssis femelle (console)
Récepteur	châssis mâle (gradateur)
Recopie en sortie du récepteur	châssis femelle (gradateur)
Terminaison	fiche mâle (dernier récepteur)
broche 1	masse
broche 2	data -
broche 3	data +
broche 4	optionnel
broche 5	optionnel

Les broches 4 et 5 étaient initialement prévues pour une évolution éventuelle de la norme : elles auraient notamment pu servir à un retour d'information si des recherches avaient été menées en ce sens.

Un autre espoir de développement du protocole DMX résidait dans le start-code : en effet, cet octet placé en début de cycle indique à quel type d'appareillage s'adressent les données qui vont suivre et peut lui aussi traduire 256 indications différentes. Le start-code 0 est affecté aux gradateurs et aux données à variation linéaire, donc un cycle qui passe avec un start-code différent de 0 ne doit pas être pris en compte par les gradateurs. Ainsi un start-code différent permettrait de télécommander d'autres types d'équipements, mais à défaut d'une normalisation officielle, les fabricants craignent d'utiliser cette possibilité pour être sûrs de conserver la compatibilité entre eux.

Dans le cas où l'on envisage de parcourir des distances importantes, de partir dans plusieurs directions, de mélanger deux sources, de convertir les protocoles entre eux, etc... on aura recours à toute une ribambelle d'appareils...

Le répéteur rafraîchit ou remet en forme les impulsions d'un signal DMX . Il est intercalé sur la liaison, pour fractionner les longues distances. Les terminaisons sont toujours nécessaires sur les fins de lignes. Sur de grandes installations en particulier, tous les appareils n'ont pas forcément leurs masses au même potentiel, ce peut être la cause de perturbations dans la transmission des données. Un répéteur, dit opto-isolé, supprimera la continuité de masse entre l'émetteur et les récepteurs.

Le splitter est un répéteur possédants plusieurs départs. Chaque sortie est indépendante, les terminaisons sont là encore nécessaires, y compris sur les sorties inutilisées.

Le mergeur permet le mélange de deux signaux DMX issus de 2 sources distinctes. Pour chacun des circuits de destination la valeur la plus haute l'emporte. Cet appareil permet de garder en permanence deux sources dirigées vers une ligne commune de récepteurs (ex: une console pour les automatisés et une seconde pour les gradateurs vers un seul départ).

L'unité de back-up surveille la ligne data et, en cas d'absence de signal (durée typique 1 s), maintient alors le dernier état ou selon ses performances génère une mémoire de restitution ou donne même accès à quelques paramètres de contrôle.

Le démultiplexeur permet de convertir les valeurs d'une série de circuits DMX en autant de tensions ou courants analogiques. Plusieurs protocoles existent : 0 à +10 V ; 0 à -10V ; 0 à 370 mA ; 0 à -10 mA ... (Il est ainsi facile d'y adjoindre des gradateurs à télécommande analogique).

Le multiplexeur convertit un ensemble de valeurs analogiques en un signal numérique multiplexé, dans notre cas le DMX.

Le convertisseur de protocole est un appareil qui permet de transcoder les différents standards des fabricants tel que l'Avab 256 ou le S20 ADB (numérique multiplexé), le D54 ou AMX 192 (analogique multiplexé) ...

La télécommande HF ou filaire permet de générer un signal data et de prendre la main à distance de façon autonome en remplacement du pupitre afin de gérer quelques fonctions élémentaires pour une mise en lumière.

Le testeur DMX (espion) se comporte en générateur ou en récepteur, à l'instar d'un appareil dédié. Il peut générer et lire les valeurs des 512 canaux, afficher les codes de synchronisation des trames et leurs durées, tester les câbles ...

c) Et à suivre...

On a évoqué plus haut de façon succincte les limites du DMX 512. Le problème de manque de résolution n'en est pas une : en effet les constructeurs proposent dorénavant de travailler en 2 x 8 bits, un premier octet indiquant une valeur approchée et un second une valeur plus précise. En réalité, le DMX a deux véritables limites : tout d'abord, on l'a vu, il n'inclut, dans l'état actuel des choses, aucune possibilité de retour d'informations. Ensuite, le signal est généré en permanence, même si l'état lumineux n'est pas modifié, ce qui prend du temps de calcul et interdit la transmission d'autres informations.

Même si le DMX 512 a encore de beaux jours devant lui, les constructeurs mettent en place de nouveaux protocoles de plus en plus puissants, eux aussi inspirés des systèmes de réseaux informatiques. On peut prendre l'exemple concret de Compulite qui a récupéré l'Ethernet et l'a adapté pour transmettre des données de conduite lumière. L'avantage de l'Ethernet sur le DMX est vite vu : il permet un retour d'information.