

Dossier ressource  
du  
TP Réseau  
DMX512



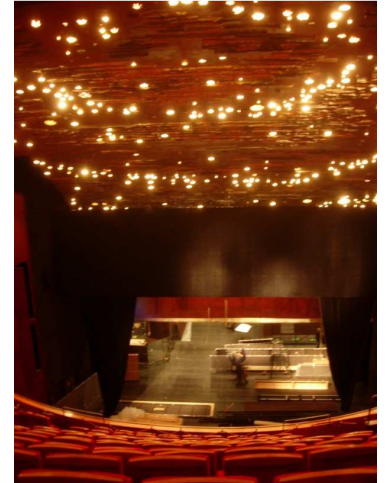
# LE DMX 512

## Présentation

« Osez-vous dire à un directeur de théâtre que tous ses spectacles ne tiennent qu'à un fil ? Un seul fil, oui, mais qui a fait ses preuves et mis beaucoup de gens d'accord ».

Le **DMX 512** définit un **standard de transmission de données** pour les **techniques d'éclairage**. Sa fiabilité et sa compatibilité entre émetteurs et récepteurs simplifient notablement le pilotage d'un système d'éclairage complexe. Cette norme est libre de droits et sa mise en œuvre reste économique.

Nous allons passer en revue les possibilités offertes par ce protocole et étudier les choix techniques adoptés pour le multiplexage numérique des données.



## Bref historique de l'éclairage scénique

### Les premières installations



Rhéostat

Initialement, dans les théâtres, des **rhéostats** à commande manuel, (fig1) placés sur le côté de la scène, permettaient de faire varier l'intensité du courant qui alimentait les projecteurs. Par la suite le couplage d'un **moteur** à l'axe du rhéostat permet de régler, « à distance », la luminosité des projecteurs.

Plus tard, les **gradateurs électroniques** (appelés aussi **blocs de puissance**) (fig2) ont remplacé les rhéostats.

La rotation de l'axe permet de régler la luminosité de la lampe (voir fig 1)

Montage Rhéostatique (fig1)	Montage à gradateur électronique (fig2)
<p>L'opérateur (ou un moteur) <b>agit sur l'axe du rhéostat</b> pour faire varier la luminosité de la lampe.</p>	<p>L'opérateur n'agit plus directement sur le circuit de puissance. Le <b>gradateur fait varier la luminosité de la lampe</b> du projecteur en fonction de la valeur de la grandeur analogique (intensité ou tension) de commande. Le gradateur est relié à un <b>pupitre de télécommande</b> par une liaison filaire. Un gradateur accepte couramment 2, 3, 5 ou même 10 kW de charge utile.</p>

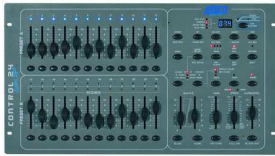
## Evolution du matériel

L'histoire ne s'est pas arrêtée là. Au début des années 80 les appareils télécommandés se généralisent avec l'apparition des **changeurs de couleurs**, **volets pour découpes**, **lyres motorisées** (fig3), **projecteurs asservis**, etc...

L'informatique s'imposa, les **pupitres (consoles) de télécommande** (fig4) intégrèrent de nouvelles fonctions.



Fig3 Lyre motorisée



Pupitre de commande (fig4)

Les **patches** électroniques virent leurs premiers jours. Tels de véritables matrices, ils permettent d'aiguiller et d'associer individuellement chacun des circuits de la console vers un ou plusieurs circuit(s) à télécommander. Sur les pupitres haut de gamme interviennent des notions de proportions (patches proportionnels) et des courbes de transfert non linéaires peuvent être éditées.

Certains gradateurs, à **gestion numérique**, intègrent aussi un système de patch embarqué capable de gérer des fonctions semblables. (ex: seuil min. pour le préchauffage des lampes ou commutation tout ou rien au zéro secteur).

De puissantes **fonctions logicielles** permettent la mémorisation, l'archivage, l'édition conditionnelle de ces nombreux paramètres, ainsi que des transferts temporisés, séquences automatisées ou synchronisation avec des codes SMPTE et **MIDI**...

## Un système de télécommande pour des réseaux simplifiés !

Les besoins évoluant, il devint vite fastidieux de mettre en œuvre un **réseau analogique**, d'une centaine de circuits, répartis sur un lieu de spectacle, où chacun des circuits de puissance et autres accessoires **nécessitent un fil de liaison venant de la console** (plus un fil de retour).

Afin de simplifier la tâche, les fabricants imaginèrent alors des télécommandes où les **informations analogiques étaient multiplexées**, il fut possible de remplacer les coûteux câbles multiconducteurs avec leurs connecteurs multibroches (fig5).

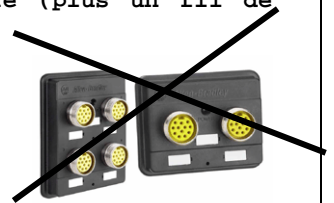


Fig5 Connecteurs multibroches

Il restait à adopter une norme...pour la commande des éclairages scéniques.

## Le bus DMX 512

L'USITT proposa en **1986** un **protocole entièrement numérique** inspiré d'une technique éprouvée, utilisés en informatique et dans l'industrie : les bus de liaison RS485. Il devint alors possible de s'affranchir des **imprécisions de commande** dues aux chutes de tension non négligeables sur de longues distances, et induisant des distorsions de commande.

La commande à distance des équipements d'éclairage s'effectua alors grâce à un bus, le **DMX512**.

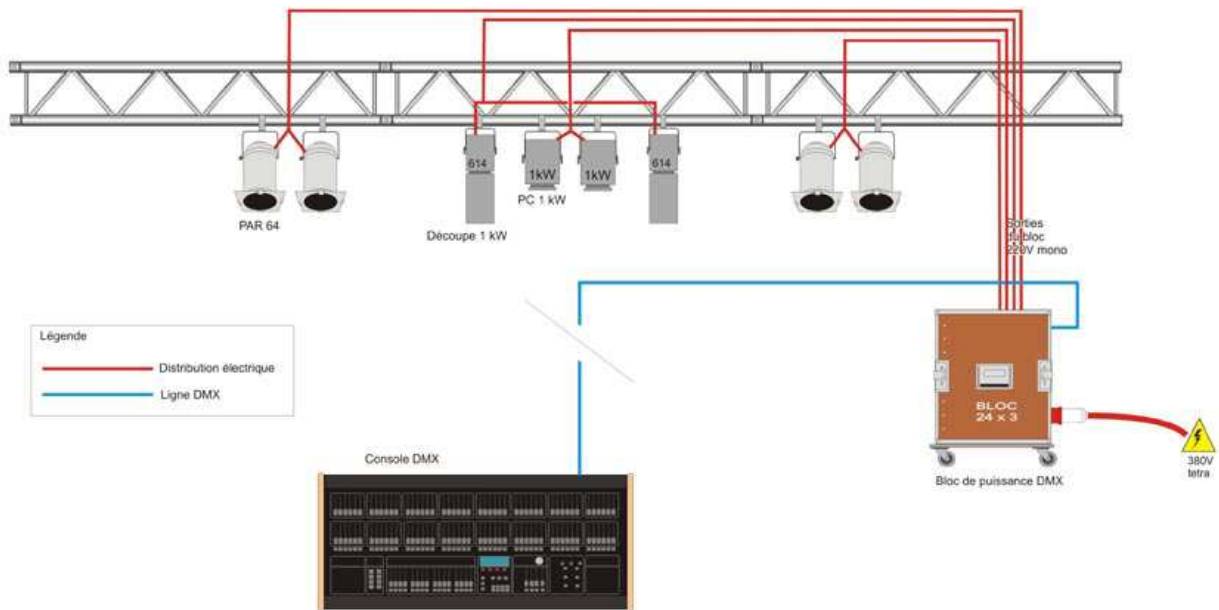
Piloté électroniquement, le bus DMX512 apporte une grande souplesse dans la gestion des éclairages de spectacle, de part ses capacités et par sa normalisation généralisée.

## Câblage d'une installation d'éclairages scéniques

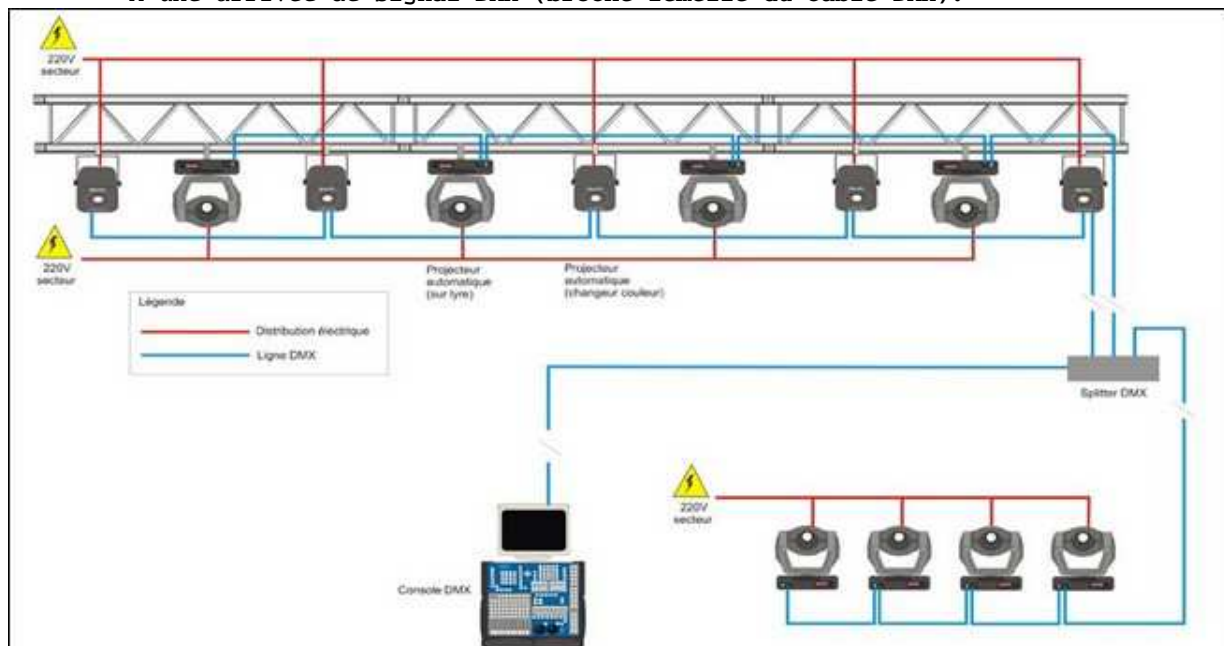
1. Pour contrôler les **projecteurs traditionnels**, il est nécessaire d'utiliser un **bloc de puissance** (sauf pour la poursuite).

Un bloc de puissance est relié :

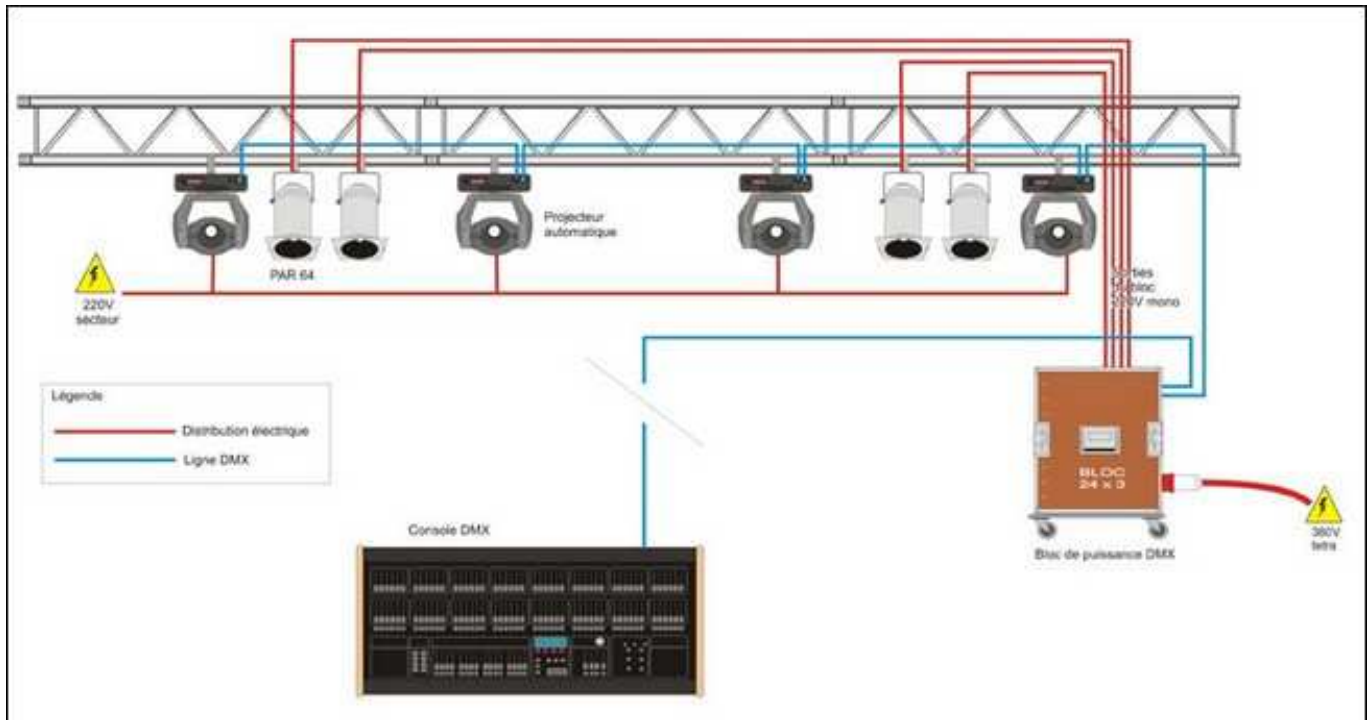
- Au secteur par un **prise d'alimentation électrique** (appelée la "force"), souvent en 380V tétra (3 phases, 1 neutre, 1 terre). Il distribue la puissance dans ses différentes voies (prises) en fonction des commandes de la console. Il convient donc de raccorder la "force" à partir d'une arrivée spécifique disposant d'une puissance suffisante pour le bloc de puissance et les différents projecteurs qu'il doit alimenter.
- A une arrivée de **signal DMX** (broche femelle du câble DMX).



2. Pour contrôler les **projecteurs automatiques**, il suffit de les relier :
  - Au secteur par un **prise d'alimentation électrique** ("directement", surtout pas une voie de bloc de puissance !). C'est cette alimentation secteur qui va fournir l'électricité aux appareils, que ce soit pour la lampe autant que pour les moteurs, la ventilation, etc.
  - A une arrivée de **signal DMX** (broche femelle du câble DMX).



3. Dans le cas d'une utilisation conjointe de projecteurs automatiques et de projecteurs traditionnels, le ou les blocs de puissances sont intégrés à la chaîne DMX.



## Mise en œuvre et règles d'usage

Le protocole DMX512 fixe un **standard pour la transmission d'informations** entre une commande et des récepteurs déportés. Tout repose sur des **trains d'impulsions** numériques composés de signaux rectangulaires transmis de façon cyclique à une **fréquence de 250 kHz**. Le contenu des trames quand à lui, reste identique sur tout le cheminement du bus.

### Émetteur

La liaison est un **bus de transmission unidirectionnel**. Il y a un **émetteur exclusif** et pas de retour d'information. Les données sont recopiées par chaque récepteur, la plupart du temps de façon passive.

### Récepteurs

**1 à 32 récepteurs** peuvent être connectés derrière un émetteur. Le nombre de récepteurs dépend de l'ensemble des caractéristiques électriques que présente un réseau.

### Terminaison

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 réflexions **de trames** déjà transmises ne remontent à la source, ce qui, passé un certain seuil perturberait la validité des signaux.



### Longueur d'une ligne

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 200 mètres**. Avec un câble adapté et dans des conditions optimum (un environnement électromagnétique sain, loin des passages de courants forts) il est possible d'atteindre des distances plus importantes. Des solutions sont proposées ci-après pour le parcours de grandes distances.

### Connectique

La norme prévoit l'usage de connecteurs à 5 points de type NC5MX et NC5FX de chez NEUTRICK (certains fabricants prennent la liberté d'utiliser d'autres connecteurs comme une **XLR3** ou des bornes à visser, plusieurs brochages existent mais restent en marge de la norme établie).



XLR3

### Routage des données

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.

Canaux : **24 à 512 canaux** peuvent être transmis sur une même trame, avec 512 **start codes** (canal 0) possibles.

Le **start code 0** est affecté aux **gradateurs** et aux données à variation linéaires, à défaut d'une normalisation officielle, les fabricants utilisent ou non cette possibilité indépendamment d'une gestion indépendante de plusieurs sorties.

### Précautions

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 trames 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.**

Pour router des trames une solution électronique est préconisée car les commutations par interrupteurs mécanique perturbent bien évidemment les trains d'informations acheminés aux récepteurs.

Si l'on envisage de brancher plus de 32 récepteurs derrière sa console, de parcourir des distances importantes, de partir dans plusieurs directions, de mélanger deux sources, d'interfacer des signaux analogiques, de convertir les trames vers un autre protocole, etc... on aura recours aux appareils suivants :

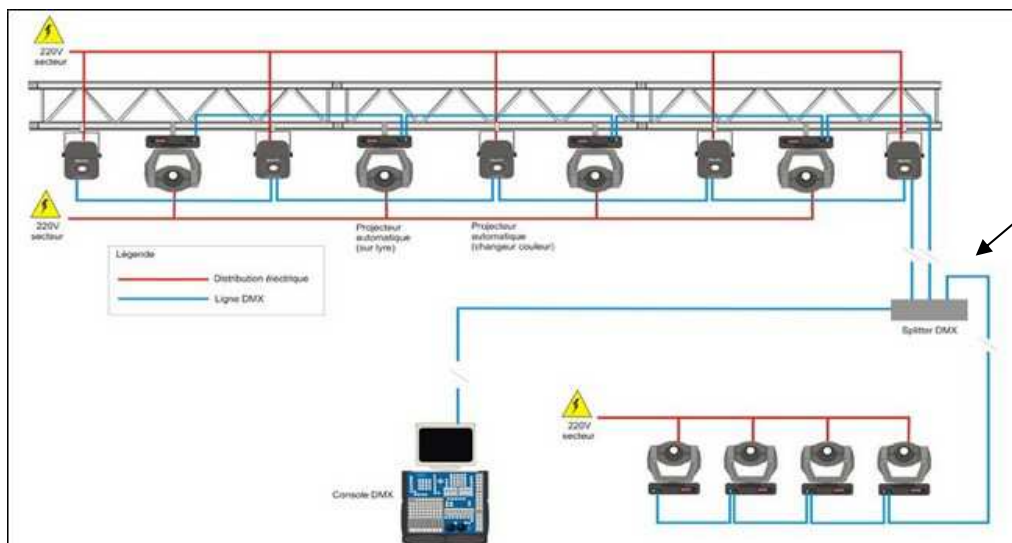
### Le répéteur

Cet appareil rafraîchit ou **remet en forme** les impulsions d'un signal DMX. Il est intercalé sur le bus, pour fractionner les longues distances. Il permet aussi l'ajout de 32 récepteurs supplémentaires. **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 opto-isolé** assure alors une **séparation galvanique** entre l'émetteur et les récepteurs, **supprimant la continuité de masses.**

### Le splitter

Le splitter est un **répéteur possédant plusieurs départs**. Chaque sortie est indépendante, **les terminaisons sont là, encore nécessaires**, y compris sur les sorties inutilisées. Certains gradateurs remettent en forme le signal "data" avant de le diriger vers la **sortie de recopie**. Il est ainsi possible de repartir vers 32 nouveaux récepteurs.



### Le mergeur

Il 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**. Seule une partie des adresses peut être prise en compte. 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 backup

Elle surveille la ligne data et en cas d'absence de signal (durée typique 1 s) et 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

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

Le multiplexeur **convertit un ensemble de valeurs analogiques en un signal numérique multiplexé**, dans notre cas le DMX. (de simples potentiomètres analogiques s'interfacent facilement avec un ensemble DMX).

### Le convertisseur de protocole

Voilà 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

De façon autonome certains modèle permettent de générer un signal data et de prendre la main à distance en remplacement du pupitre afin de gérer quelques fonctions élémentaires pour une mises en lumière.

### Le testeur DMX

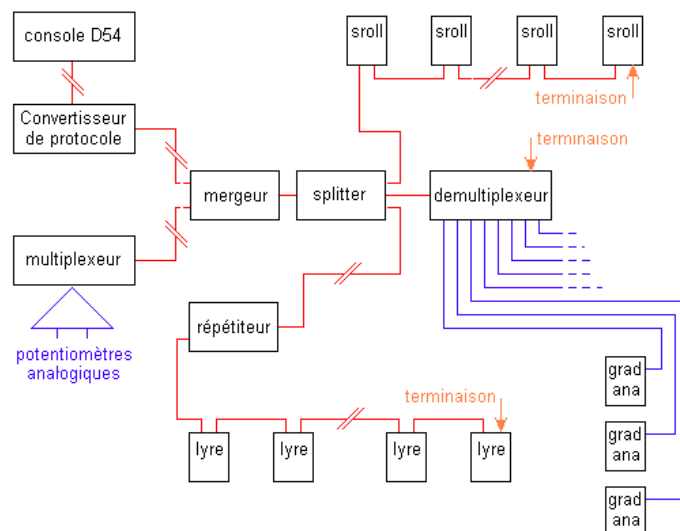
Un l'instar d'un appareil dédié, un **testeur DMX (espion)** se comporte en générateur ou en récepteur. Il peut générer et lire les valeurs des 512 canaux, afficher les codes de synchronisation des trames et leurs durées, tester les câbles, éditer les start codes...



### Divers:

Les fabricants proposent aujourd'hui de nombreux appareils à brancher sur un bus DMX, tel que des relais statiques, mémoires de restitution, contrôleurs dédiés, etc...

### Exemple d'installation :



Dessin : O. Gloton



## Caractéristiques électriques

Une **liaison filaire** permet de véhiculer l'ensemble des informations qui seront traduites en intensité lumineuse, couleur, mouvement, etc. Quelques caractéristiques électriques sont définies afin d'assurer une cohérence entre les différents appareils reliés en réseaux.

### Les liaisons

Les signaux sont transmis au moyen d'une **liaison symétrique**. 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 grâce à l'utilisation d'un amplificateur différentiel.

### Amplitude des signaux

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.

### Liaison série

La **transmission est de type série** : chaque unité d'information est composée de plusieurs bits qui sont transmis les uns après les autres dans un ordre défini.

### Transmission asynchrone

Nous avons vu que la transmission est **unidirectionnelle**, aucun acquittement des récepteurs vers l'émetteur n'est possible : la transmission est **asynchrone**, l'émetteur initialise périodiquement le bus par une condition de départ reconnue par les récepteurs et chaque bit aura ensuite une durée bien précise (voir paragraphe suivant).

### Débit binaire

Le débit binaire est fixé à **250 000 bit/s**.

### Quantification des données

Le codage des informations se fait sur **8 bits** par adresse soit 255 valeurs possibles. Un bit a une **résolution** de  $100 / 255 = 0.39 \%$  de la valeur pleine échelle. Deux canaux permettent la gestion d'un paramètre sur 16 bits.

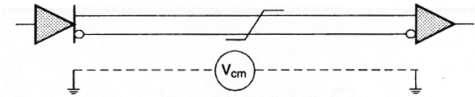
**Impédances des appareils** : Celle d'un récepteur doit être supérieure à **12kΩ** et celle de la ligne supérieure à **60Ω**.

### Caractéristiques des liaisons

Pour les liaisons, deux paires en **2x2x 0.22 mm** min. et protégées contre les rayonnements extérieurs (feuille en aluminium + blindage) sont préconisées. L'impédance caractéristique entre les conducteurs actifs est de 80 pF/m et entre conducteur et feuille de masse de 150 pF/m. Les données d'un bus DMX 512 sont transmises sous la forme d'une **succession d'octets**. Un octet est composé de **huit bits** et peut avoir 256 états pour représenter une valeur d'intensité, de couleur, de position, etc...)

European Mixed Signal & Logic Products

### Balanced Data Transmission



Examples: ITU-T V.11 (RS422); ISO8482 (R485)

Advantages: Low sensitivity against crosstalk from other signal lines.  
Good noise reduction from external noise sources.  
Good common mode noise rejection.  
High data rates (>10 Mbit/s)  
Allows line length up to 1000 m.

Disadvantages: More complex circuit technique.  
Twisted pair cables required.  
Higher cost

## Le multiplexage numérique des données

### Principe

Le DMX utilise un codage temporel où les informations sont transmises dans un ordre croissant. Un cycle commence par une initialisation (break + mark after break), puis suit un code indiquant la nature des informations (start-code), le premier octet (start-bit + data + stop-bits), puis les onze bits du circuit 2 etc... Certaines consoles n'ont pas les ressources suffisantes pour transmettre les trames de façon continues et peuvent intercaler un temps de pause précédant les start-bits. Enfin comme il a déjà été dit, il reste tout à fait possible de restreindre le nombre de canaux à transmettre (entre 1 et 512).

### Structure d'un bloc de données

Un break (r.a.z.) de 88  $\mu$ s minimum (durée de deux trames). Il n'y a pas de maximum fixé par la norme mais certains équipements tolèrent mal les durées trop importantes (au delà de 200 ms).

Une impulsion Mark After Break (état de travail) de 8  $\mu$ s minimum (durée égale à deux bits). Élément mis à jour révision août 1990 pour remplacer m.a.b. 4  $\mu$ s (1986).

Le start-code (canal 0) indique la nature des informations transmises, **null-start** pour les données linéaires sur 8 bits : les gradateurs sont donc censés ignorer tout autre start-code parmi les 255 possibles. Les changeurs de couleurs ainsi que de nombreuses consoles et projecteurs automatisés utilisent aussi ce start-code '0', et restent compatibles avec une console dédiée à la commande de gradateurs. Les autres codes sont réservés pour un usage futur mais aujourd'hui certains fabricants tirent profit de cette possibilité afin d'optimiser leurs systèmes.

Les **données** sont présentées sur le bus de façon sérielle. Un bit a une durée de **4 $\mu$ s** avec une **tolérance de 2%**.

Des **temps de repos** (idle) peuvent être intercalés entre les paquets de données, caractérisé par l'état haut de la ligne.

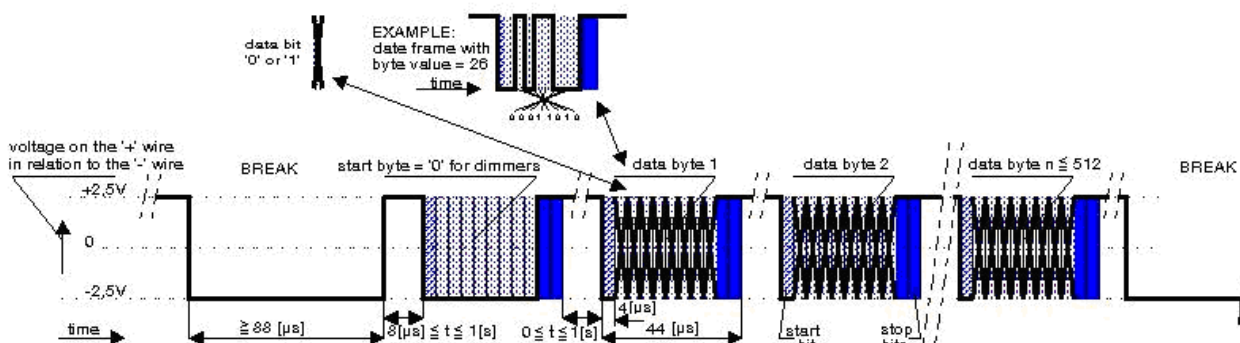
### Composition de la trame d'un canal (data frame)

Un **start-bit**, état bas, précède la transmission de l'octet

**LSB > MSB** : le bit de poids le plus faible jusqu'au bit de poids le plus fort

**Deux bits de stop**, état haut, après la fin de l'octet

**44 ms minimum entre deux trames** (rappel : durée 1 bit 3.92  $\mu$ s min.)



### Limite des temps de transmission

L'intervalle séparant deux impulsions de Mark (remise à zéro) doit être:

- d'au moins 1 196  $\mu$ S (durée de la transmission de 24 circuits)
- au maximum d'une seconde (temps de repos inclus). En cas d'absence de signal, le récepteur doit maintenir son dernier état au minimum pendant cette durée d'une seconde.

### Calcul des temps de rafraîchissement théoriques

**Pour 512 circuits** on a un rafraîchissement à 44 Hz ; 1 bit = 4  $\mu$ s ; 11 bits = 44  $\mu$ s  
 (break + m.a.b. + start-code + 512 mots) = 22 668  $\mu$ s ; 1s / 22 668  $\mu$ s  $\Leftrightarrow$  44.1 Hz

**Pour 24 circuits** on a un rafraîchissement à 836 Hz  
 (break + m.a.b. + start-code + 24 mots) = 1196  $\mu$ s ; 1s / 1196  $\mu$ s  $\Leftrightarrow$  836.1 Hz

### Tableau des durées :

APPELLATIONS	DUREE TYPE ( $\mu$ s)	DUREE MIN. ( $\mu$ s)	DUREE MAX. ( $\mu$ s)
break / r.a.s.	88	88	200 *
m.a.b / mark after break	8	8	$10^6$
1 bit	4	3.92	4.08
Entre deux r.a.s.	22 668	1 196	$10^6$

### Vocabulaire

**Bloc de puissance / Gradateur** : Appareil chargé de distribuer le courant électrique dans les projecteurs traditionnels via un certain nombre de circuits. Le gradateur permet de faire varier de 0 à 100% le niveau de chaque circuit individuellement. Il est contrôlé à partir de la console lumière qui permet à l'éclairagiste de choisir, programmer, envoyer les circuits souhaités en fonction du spectacle. Concrètement, on peut dire qu'il va transformer le signal DMX en intensité de courant électrique.

**Dip-Switch** : C'est un des moyens de donner une adresse à un appareil DMX qui en est pourvu. Il est en "concurrence" avec l'écran digital à menus déroulants.

**DMX 512** : Le DMX 512 est un signal de commande numérique qui permet de faire passer dans un seul câble, à trois conducteurs, 512 canaux d'informations. Ces informations comportent chacune 256 niveaux (de 0 à 255 => de 0 à 100%). Chaque équipement utilise un certain nombre de ces canaux. Chaque canal correspond à une fonction ou à un paramètre spécifique.

**Filtre** : Il sert à coloriser le faisceau d'un projecteur en filtrant certaines longueurs d'ondes et en laissant passer les autres. Les types de filtres les plus courants sont :

- La "**gélatine**", un film souple et coloré utilisé généralement sur les projecteurs traditionnels par simple positionnement.
- Les filtres **dichroïques** : des filtres de verres teintés par un procédé spécial qui permet d'obtenir des couleurs particulièrement pures et peu altérables.

**Lampe / ampoule** : La lampe est la source de lumière de tout projecteur. Il existe 2 grandes familles de lampes utilisées dans le spectacle, les lampes halogène, et les lampes à décharge :

- La **lampe halogène** ne nécessite pas d'amorçage. Elle est économique (à l'achat) et coûteuse (sur le long terme), c'est pourquoi on la retrouve dans de nombreux projecteurs abordables (pas forcément bas de gamme). Ses inconvénients sont sa couleur, légèrement jaune, sa durée de vie plus courte que celle de la lampe à décharge (c'est pourquoi elle est coûteuse, il faut souvent la changer (au bout de 50, 100 ou 300 heures d'utilisation suivant les modèles). Son rendement lumière est moindre (environ 25 lumens par Watt).
- Par rapport à une lampe halogène, la **lampe à décharge** produit une couleur plus blanche (lumière du jour) et plus lumineuse, à puissance égale (environ 85 lumens par Watt). Elle nécessite un système d'alimentation avec ballast et amorceur. La lampe à décharge est plus économique que la lampe halogène sur le long terme, grâce à sa durée de vie supérieure et un rapport lumière / prix plus avantageux. De nombreux types de lampes à décharge sont couramment utilisés en éclairage scénique : HMI, MSR, MSD, HTI, etc...

**PAR** : Parabolic Aluminized Reflector. Projecteur constitué d'un cylindre d'aluminium dont le système optique tient uniquement dans la constitution de son ampoule, à laquelle sont intégrés un réflecteur et une lentille qui donne ses propriétés au faisceau

**Scène** : Dans une programmation, une scène est une position et un réglage précis de l'ensemble des projecteurs. On l'appelle également "état lumineux". Une scène peut simplement être une mémoire unique ou faire partie d'un chaser (elle est à ce moment à considérer comme un "pas").

**XLR** : Connecteur généralement utilisé en éclairage pour le raccordement du signal DMX512. Il en existe différents types, les plus courants étant les 5 points et les 3 points.

### Liens

<http://www.audiofanzine.com>