

PRESENTATION DU BUS DMX

Oserez-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 est un protocole venant des Etats-Unis et défini par l'**USITT** (United States Institute of Theater Technology). Il fut introduit en 1986 et mis à jour en 1990, il définit un standard de transmission de données pour les techniques d'éclairage. Sa fiabilité et sa compatibilité entre émetteurs et récepteurs simplifient notamment le pilotage d'un système d'éclairage complexe. Nous allons passer en revue les possibilités offertes par ce protocole et étudier les choix techniques adoptés pour le multiplexage numérique des données.

Un système de télécommande

Les premières installations :

Initialement dans les théâtres, des rhéostats manuels placés sur le côté de la scène faisaient varier l'intensité du courant qui alimentait les projecteurs. Par la suite l'adjonction de moteurs a permis de déporter les commandes. Les gradateurs électroniques ont remplacé les rhéostats et les jeux d'orgue permettaient la préparation d'un ou plusieurs état(s) lumineux. Une liaison filaire laissait transiter des tensions ou courants de commande vers les cellules de puissance ou gradateurs. Ces dernières alimentent entre 0 et 100% les ampoules des projecteurs qui leur sont affectées. Une cellule accepte couramment 2, 3, 5 ou même 10 kW de charge utile.

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, projecteurs asservis, etc.

Des réseaux simplifiés :

Les besoins évoluant il devient 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. 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 multi-conducteurs avec leurs connecteurs multi-broches. Pour sa part, l'**USITT** proposa en 1986, un protocole entièrement numérique, inspiré d'une technique éprouvée, les bus de liaison RS 485, utilisés en informatique et dans l'industrie. Il devient possible de cette façon de s'affranchir des imprécisions de commande dues aux chutes de tension non négligeables sur de longues distances, et induisant des distorsions de commande. Piloté électroniquement, le bus DMX apporte une grande souplesse dans la gestion des éclairages de spectacle, de part ses capacités et de par sa normalisation généralisée.

Exemple de liaison DMX



Mise en œuvre et règles d'usages :

Le protocole DMX 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 tout le long 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. Nous ne mentionneront que les données normalisées bien que le nombre de récepteurs peut être étendu grâce à l'utilisation d'une terminaison adaptée par une personne spécialisée.

Terminaison :

A partir d'une certaine longueur toutes les lignes peuvent être le siège de réflexions du signal en bout de ligne. Le signal réfléchi revient à la source et peut perturber la transmission. En chargeant l'extrémité de la ligne avec une résistance de valeur particulière, les réflexions sont annulées. La valeur dépend du type de ligne et caractérise la ligne ($120\ \Omega$ pour une ligne DMX). On conseille donc de charger l'extrémité la plus éloignée de la ligne DMX par une résistance de $120\ \Omega$. On parle alors de terminaison de fin de ligne (vulgairement appelée bouchon DMX).



Longueur d'une ligne :

Avec un câble adapté et dans des conditions optimum (un environnement électromagnétique sain, loin des passages de courants forts) il est possible d'atteindre 1000 m.

Connectique :

La norme prévoit l'usage de connecteurs XLR à 3 broches ou 5 broches.

Le connecteur doit être câblé comme précisé ci-contre :

broche 1 commun

broche 2 donnée de complément D- (data-)

broche 3 donnée vraie D+ (data+) (logique ordinateur)

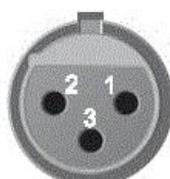
broche 4 libre*

broche 5 libre*

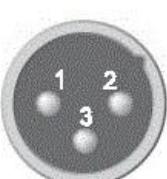
Female



Male



1 = masse / blindage
2 = froid (-)
3 = chaud (+)



* Certains constructeurs utilisent les broches 4 et 5 pour piloter les paramètres de leurs blocs de puissance depuis un maître, d'autres y font transiter des tensions continues.

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 :

513 canaux peuvent être transmis dans un même paquet. Hormis le canal 0, tous les canaux (de 1 à 512) peuvent être affectés à des récepteurs. Le canal 0, appelé « Start-code » est un canal réservé. Il est à zéro dans la plupart des applications.

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 complémentés (lorsque l'un est au niveau haut l'autre est au niveau bas et vice-versa) 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. 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 chapitre suivant).

Vitesse de transmission :

La vitesse de transmission est fixée à 250000 bauds. A noter que de par leur forme les signaux occupent une bande passante atteignant les 1,25 MHz.

Quantification des données :

Le codage des informations se fait sur 8 bits par canal soit 256 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 (position angulaire d'une lyre motorisée par exemple).

Impédances des appareils:

Celle d'un récepteur doit être supérieure à 12 kΩ.

Caractéristiques des liaisons :

Pour les liaisons, deux paires torsadées en $2 \times 2 \times 0,22$ mm min. et protégées contre les rayonnements extérieurs (feuille en aluminium + blindage) sont préconisées. La capacité linéaire entre les conducteurs actifs est de 80 pF/m et entre conducteur et feuille de masse de 150 pF/m.

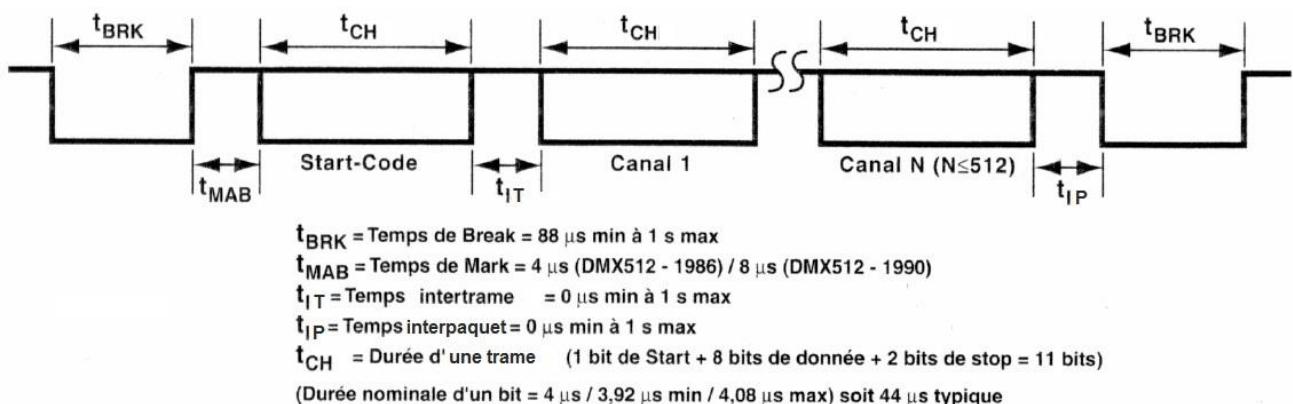
L'impédance caractéristique de la ligne doit être de 120 Ω.

Le multiplexage numérique des données

Les données d'un bus DMX 512 sont transmises sous la forme d'une succession de trames ou canaux. Les données sont codées sur un octet et peuvent avoir 256 états pour représenter une valeur d'intensité, de couleur, de position, etc.

Principe :

Le DMX utilise un codage temporel où les informations sont transmises dans l'ordre croissant des numéros de canaux. Un cycle commence par une initialisation (break + mark after break), puis suit le « start-code » généralement à 0, puis les données successives des 512 canaux restants (start-bit + octet de donnée + stop-bits). 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 24 et 512).



Structure d'un paquet DMX512 :

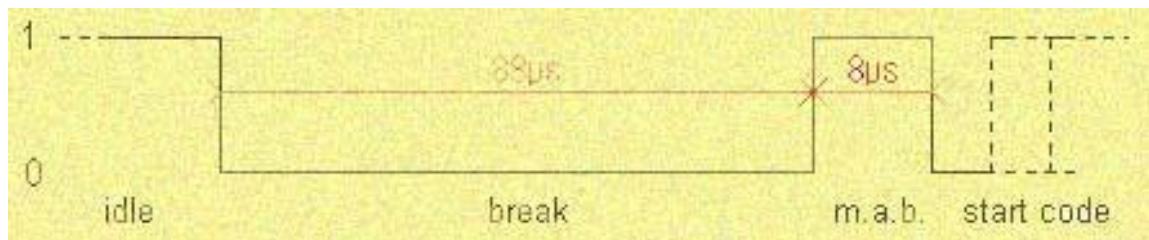
Un break (r.a.z.) de 88 µs minimum. Il n'y a pas de maximum fixé par la norme mais certains équipements tolèrent mal les durées trop importantes (au delà de 200 ms).

Une impulsion Mark After Break (état de travail) de 8 µs minimum (durée deux bits).

Le start-code indique la nature des informations transmises ; de valeur 0 pour les données linéaires sur 8 bits. Les autres valeurs sont réservées pour un usage futur mais aujourd'hui certains fabricants tirent profit de cette possibilité afin d'optimiser leurs systèmes.

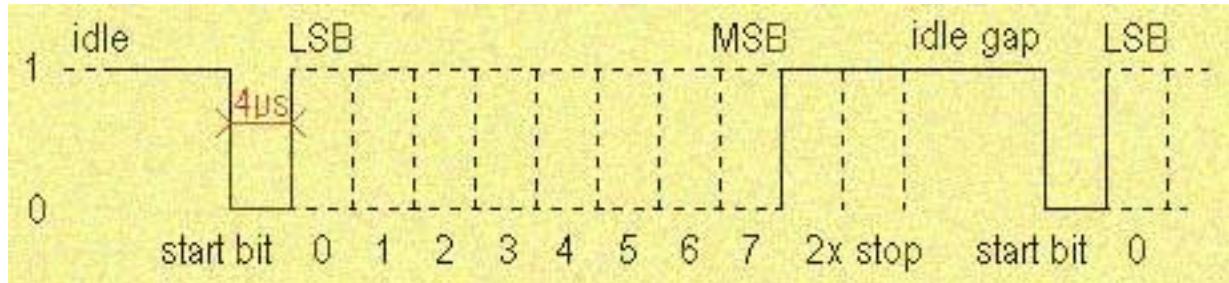
Les données sont présentées sur le bus de façon sérielle. Un bit a une durée de 4 µs avec une tolérance de 2%.

Des temps de repos (idle) peuvent être intercalés entre les paquets de données. Ils sont caractérisés par un état haut de la ligne.



Composition d'un canal :

- **Un bit de start** : état bas, précède la transmission de l'octet
- **LSB → MSB** : le bit de poids le plus faible est transmis en premier
- **Deux bits de stop** : état haut après la fin de l'octet
- **Durée de 44 µs**
- **Un temps de repos** (idle gap)



Limite des temps de transmission :

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

- d'au moins 1,196 ms (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.

Tableau des durées (extrait de la norme)

Designation	Description	Min	Typical	Max	Unit
-	Bit Rate	245	250	255	kbit / s
-	Bit Time	3.92	4	4.08	µs
-	Minimum Update Time for 513 slots	—	22.7	—	ms
-	Maximum Update Rate for 513 slots	—	44	—	/ s
1	"SPACE" for BREAK	88	—	—	µs
2	"MARK" After BREAK (MAB)	8	—	< 1.00	µs s
9	"MARK" Time between slots	0	—	< 1.00	s
10	"MARK" Before BREAK (MBB)	0	—	< 1.00	s
11	BREAK to BREAK Time	1196	—	— 1.00	µs s
13	DMX512 Packet	1196	—	— 1.00	µs s

