

Le DMX 512

Olivier Gloton

Le standard DMX (ou DMX 512) définit **un protocole de communication** qui permet de contrôler jusqu'à 512 canaux avec un seul câble. Cette norme est utilisée par tous les fabricants de matériel d'éclairage dans le milieu du spectacle, du théâtre, de l'événementiel, de la télévision et aussi de la discothèque...

Les équipements lumière tels que des blocs de puissance, des projecteurs asservis, des changeurs de couleur, des machines à fumée, des moteurs, ..., possèdent une entrée DMX.

Le DMX 512 est un protocole venant des Etats-Unis et défini par l'USITT (United 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 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.

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... L'informatique s'imposa, les pupitres de télécommande intégrèrent de nouvelles fonctions. Les patchs électroniques virent leurs premiers jours : telles de véritables matrices, ils permettent d'aiguiller et d'associer individuellement chacun des circuits de la console vers un ou plusieurs circuit(s) de la télécommande. Sur les pupitres haut de gamme interviennent des notions de proportions (patchs 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...

Des réseaux simplifiés :

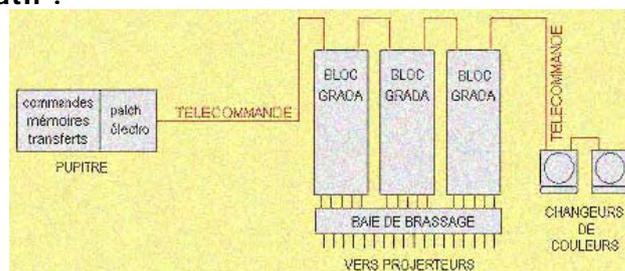
Les besoins évoluant il devient vite fastidieux de mettre en œuvre un réseau analogique, d'une centaine de circuits, répartis sur un lieu de spectacle, où chacun des circuits de puissance et autres accessoires nécessitent un fil de liaison venant de la console. Afin de simplifier la tâche les fabricants 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, aux Etats-Unis tout d'abord, 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 par sa normalisation généralisée.

Les baies de brassage :

Aussi, les installations fixes sont équipées de baies de brassage qui permettent de router les sorties des gradateurs vers le départ des lignes réparties en salle. Cette technique nécessite un nombre restreint de cellules de puissance sur lesquelles ne seront branchées les seules lignes utilisées pour la représentation. Les groupements de projecteurs sur une même cellule sont bien sûr limités par la charge admissible des blocs de puissance.

Schéma récapitulatif :



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 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. Nous ne mentionnerons que les données normalisées bien que le nombre de récepteur peut être étendu grâce à l'utilisation d'une terminaison adaptée par une personne spécialisée.

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 250 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 les 500 voir les 1000 m. Des solutions vous seront 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 XLR 3 ou des bornes à visser, plusieurs brochages existent mais restent en marge de la norme établie).

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*

* 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. Attention donc aux risques de mauvaises surprises entre appareils de générations différentes.

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 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... l'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 copie. 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 modèles 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 mise en lumière.

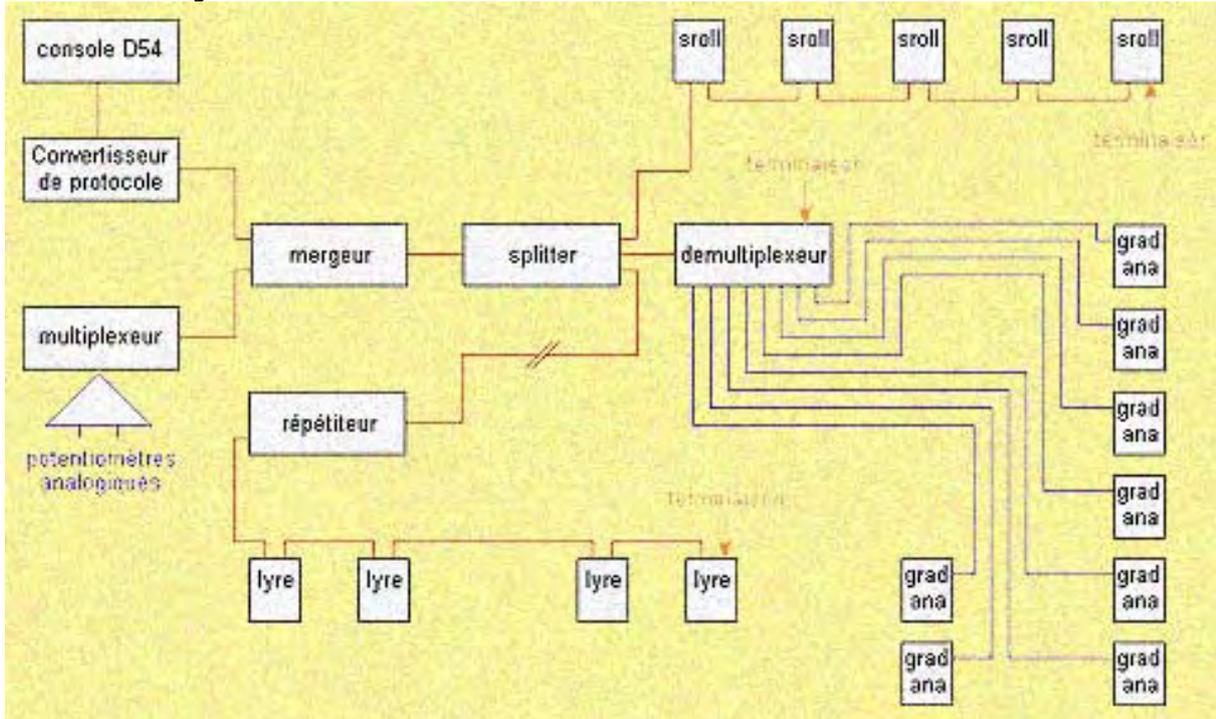
Le testeur DMX :

A 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...

Schéma de synthèse :



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 chapitre suivant).

Vitesse de transmission :

Sa vitesse de transmission est fixée à 250 000 Bauds. A noter que de par leur forme les signaux occupent une bande passante atteignant les 2.5 MHz.

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 12 KR et celle de la ligne supérieure à 60 R.

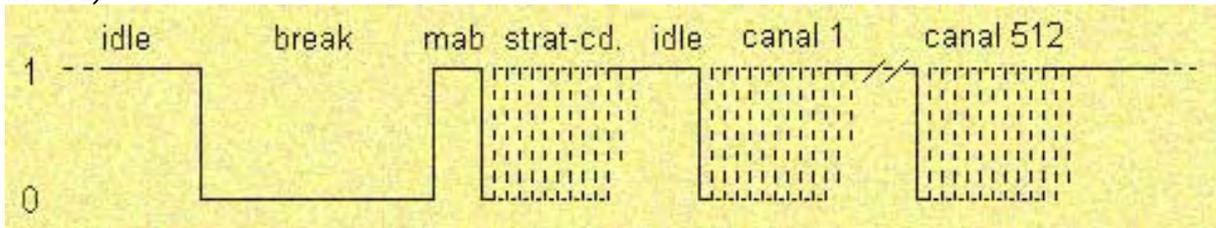
Caractéristiques des liaisons :

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...)

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... 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 bloc de données :

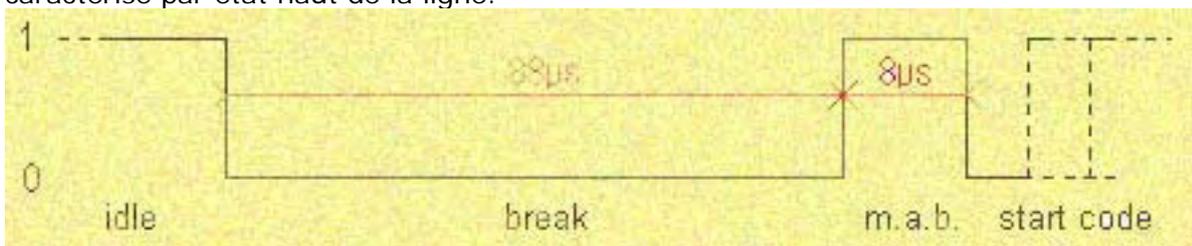
Un break (r.a.z.) de 88 ms minimum (durée de deux trames). Il n'y a pas de maximum fixé par la norme mais certains équipements tolèrent mal les durée trop importantes (au delà de 200 ms).

Une impulsion Mark After Break (état de travail) de 8 ms minimum (durée deux bits). Élément mis à jour révision août 1990 pour remplacer m.a.b. 4 ms (1996).

Le start-code 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 4ms avec une tolérance de 2%.

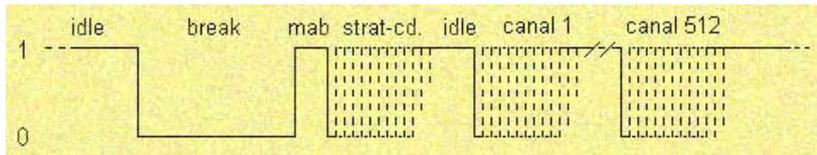
Des temps de repos (idle) peuvent être intercalés entre les paquets de données, caractérisé par état haut de la ligne.



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...)

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... 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 bloc de données :

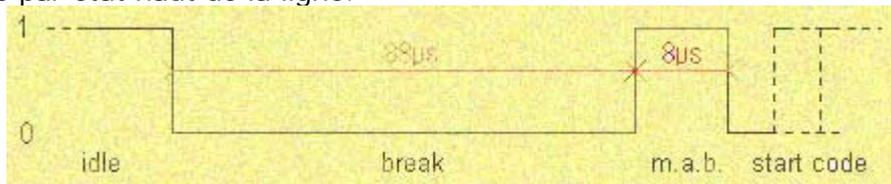
Un break (r.a.z.) de 88 ms minimum (durée de deux trames). Il n'y a pas de maximum fixé par la norme mais certains équipements tolèrent mal les durées trop importantes (au delà de 200 ms).

Une impulsion Mark After Break (état de travail) de 8 ms minimum (durée deux bits). Élément mis à jour révision août 1990 pour remplacer m.a.b. 4 ms (1996).

Le start-code 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.

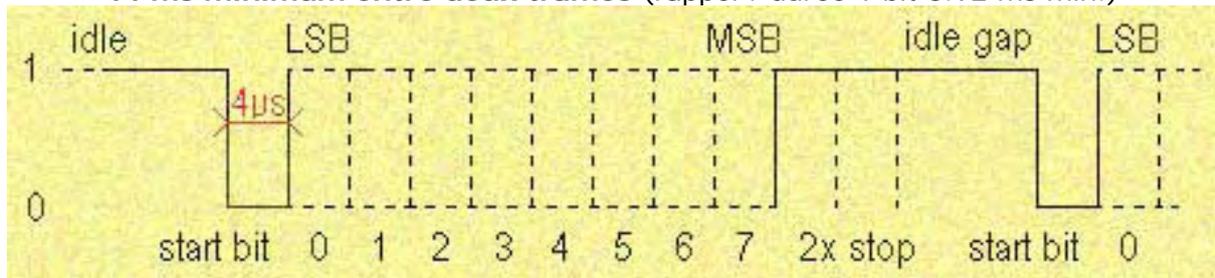
Les données sont présentées sur le bus de façon sérielle. Un bit a une durée de 4ms avec une tolérance de 2%.

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



Composition d'une trame:

- **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 ms min.)



Limites 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.

Calcul des temps de rafraîchissement :

- **Pour 512 circuits** on a un rafraîchissement à 44 Hz

bit = 4 ms > 11 bits = 44 ms break + m.a.b. + start-code + 512 mots = 22.6 ms
 1000 ms / 22.6 ms <=> 44.1 Hz

- **Pour 24 circuits** on a un rafraîchissement de 836 Hz

break + m.a.b. + start-code + 24 mots = 1196 ms 1000 ms / 1.196 ms <=> 836.1 Hz

Tableau des durées :

APPELLATIONS	DUREE TYPE (s)	DUREE MIN. (s)	DUREE MAX. (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

Synoptique du bloc de puissance

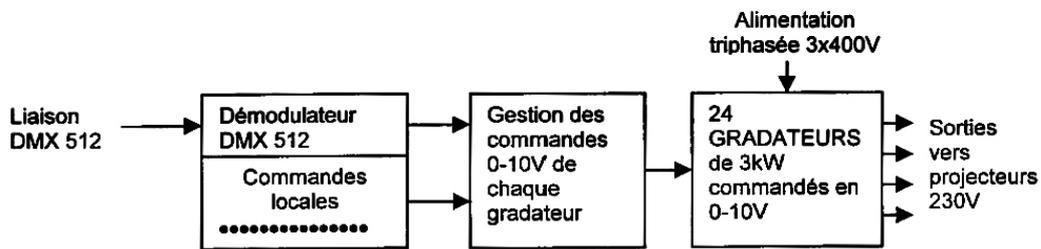
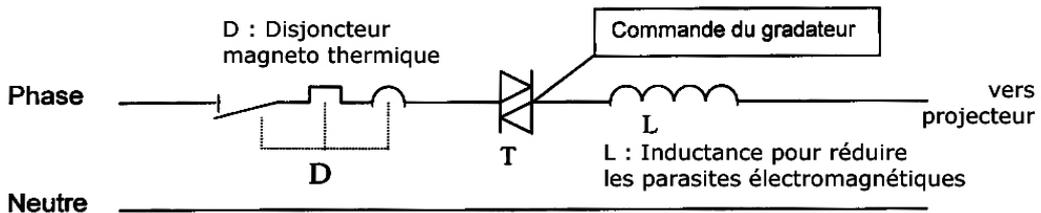


Schéma de puissance simplifié d'un gradateur



Le disjoncteur magnéto-thermique (D) est une protection qui ouvre le circuit en cas de surcharge (déclenchement thermique) et en cas de court-circuit (déclenchement électromagnétique).

Le triac (T) est un composant d'électronique de puissance qui devient passant si une impulsion électrique est appliquée à sa gâchette et se bloque dès que l'intensité le traversant s'annule (à chaque fin d'alternance).

L'inductance (L) limite la variation de courant lors de l'amorçage du triac pour réduire les harmoniques du signal qui rayonne sur tout le matériel environnant (parasites électromagnétiques).