

DF

GAMME



**EUROTHERM
AUTOMATION**

**Communication numérique
pour gradateurs de puissance à thyristors
de la gamme TU**

**Manuel de
communication**

Sommaire

	page
Chapitre 1	PRÉSENTATION GÉNÉRALE
	Fonctions de la communication numérique 1-2
	Protocoles de communication 1-2
	Spécification de la communication 1-3
	Organisation de la transmission 1-4
Chapitre 2	PROTOCOLE DE COMMUNICATION EURO THERM
	Description générale 2-2
	Vocabulaire 2-2
	Format de données 2-2
	Principes de lecture et d'écriture 2-3
	Lecture d'un paramètre 2-4
	Écriture d'un paramètre 2-11
	Contrôle des messages 2-16
	Réaction sur une erreur du message 2-16
Chapitre 3	PROTOCOLES DE COMMUNICATION MODBUS® ET JBUS®
	Description générale 3-2
	Vocabulaire 3-2
	Format de données 3-2
	Principes de lecture et d'écriture 3-3
	Lecture d'une information 3-5
	Écriture d'une information 3-9
	Fonction de diagnostic 3-11
	Contrôle des messages 3-12
	Codes d'erreurs du message 3-14
Chapitre 4	APPLICATION DES PROTOCOLES AUX GRADATEURS TU
	Caractéristiques générales de la gamme TU 4-2
	Paramètres de fonctionnement 4-5
	Adressage des voies à thyristors 4-8
	Mot d'état 4-10
	Codes de commande 4-12
	Temps de réponse 4-14

Chapitre 5

UTILISATION DES GRADATEURS TU AVEC COMMUNICATION NUMÉRIQUE

Complément sur les cartes électroniques	5-2
Configuration de la tension de l'électronique	5-3
Configuration de la carte CCC	5-5
Vérification ou changement du protocole	5-8
Configuration de la mémoire permanente	5-8
Branchement du bus de communication	5-9
Fonctionnement	5-10
Version spéciale	5-17
Calibration et diagnostic du gradateur	5-18
Vérification en cas de fonctionnement anormal	5-21

Chapitre 6

ALARMES

Généralités	6-2
Alarmes générales	6-2
Alarmes locales	6-3
Relais des alarmes	6-7
Acquittement des alarmes	6-8
Gestion des alarmes	6-9

Annexes

Annexe A

CARACTÈRES ASCII

Tableau des caractères ASCII utilisés dans la Gamme TU	Ann.2
--	-------

Annexe B

GLOSSAIRE

Termes utilisés dans Manuel	Ann.3
-----------------------------------	-------

Annexe C

INDEX

Index des matières	Ann.7
--------------------------	-------

Chapitre 1

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Sommaire	page
Fonctions de la communication numérique	1-2
Protocoles de communication	1-2
Spécification de communication	1-3
Organisation de transmission	1-4

Chapitre 1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE

FONCTIONS DE LA COMMUNICATION NUMÉRIQUE

Les gradateurs de puissance de la gamme TU à communication numérique sont équipés d'une **carte microprocesseur**. La carte microprocesseur, aussi appelée la Carte de Contrôle et de Communication numérique (carte **CCC**) permet de dialoguer par l'intermédiaire d'une liaison numérique avec un Superviseur ou un Régulateur.

La carte **CCC** prend en charge la régulation de puissance locale du gradateur et envoie des ordres de commande aux systèmes de déclenchement des thyristors.

La communication numérique effectue **3** fonctions principales pour les gradateurs à thyristors de la gamme **TU** :

- communication avec un système de supervision, avec un régulateur ou un automate programmable industriel
- contrôle, changement et surveillance des paramètres de fonctionnement et de réglage
- gestion des alarmes transmissibles par le bus de communication.

Par l'intermédiaire de la communication numérique il est possible d'effectuer :

- la modification du paramètre de régulation du process contrôlé,
- le contrôle et la régulation des cartes de déclenchement des thyristors qui lui sont associées,
- la modification de la limitation de consigne et de la limitation de courant,
- le changement de configuration et la vérification de la configuration du gradateur,
- la surveillance à distance de la charge, de la tension du réseau et des courants,
- la surveillance de fonctionnement du gradateur, lors de contrôle par un signal numérique ou analogique
- le bilan énergétique par mesure.

Dans la gamme TU des gradateurs à thyristors d'EUROTHERM il existe deux références de microprocesseurs suivant le protocole de communication utilisé.

PROTOCOLES DE COMMUNICATION

Un gradateur à thyristors de la gamme **TU**, doté de la communication numérique, peut dialoguer avec un superviseur ou un régulateur au moyen des trois protocoles industriels standards :

- **EUROTHERM**
- **MODBUS® RTU**
- **JBUS® RTU**

La sélection d'un de ces trois protocoles se fait par **changement** du microprocesseur (protocole **EUROTHERM** ou protocoles **MODBUS®/JBUS®**) et par un **cavalier** sur la carte **CCC** (entre **MODBUS®** et **JBUS®**).

Le protocole **EUROTHERM** suivant **ANSI X3.28** travaille en chaîne de caractères **ASCII**.

Les protocoles **MODBUS®** et **JBUS®** utilisent une chaîne des caractères **binaires** comme mode du codage.

SPÉCIFICATIONS DE COMMUNICATION

La transmission (le dialogue) entre un superviseur ou un régulateur et un gradateur est effectuée par l'intermédiaire d'une liaison numérique.

Le support physique des protocoles est de type «**full duplex circuit**» mais pour la communication numérique des gradateurs de la gamme **TU** on n'utilise que le mode de transmission **alterné**.

L'absence de simultanéité des échanges «**aller**» et «**retour**» donne alors la possibilité d'utiliser le bus de communication aussi bien en **4 fils** qu'en **2 fils**.

Le support physique de la communication numérique se fait sur un bus standard **RS485** (ou **RS422**) avec **2 paires différentielles**, l'une pour l'émission, l'autre pour la réception de l'information (bus à **4 fils**).

Toutefois, il est possible d'utiliser la même paire pour l'émission et la réception (bus à **2 fils**).

La transmission des données utilisant ce mode est **moins sensible** aux perturbations électriques.

Le nombre maximal de cartes **CCC** sur une sortie d'un Coupleur de communication est de:

- en **RS422** : **16** cartes **CCC**, soit
 - **64** voies pour les gradateurs série **TU** qui ont **quatre** voies indépendantes chacun,
 - **32** systèmes triphasés indépendants pour les gradateurs série **TU** qui contrôlent **deux** phases de **deux** systèmes triphasés,
 - **32** voies pour les gradateurs série **TU** qui contrôlent **deux** voies indépendantes chacun
 - **16** voies ou systèmes indépendants pour les gradateurs **monovoies** ou contrôlant **deux** phases d'**un** système triphasé;
- en **RS485** les nombres de Cartes **CCC**, des voies contrôlant ou des systèmes triphasés sont multipliés par **2**.

Longueur maximale de la ligne de transmission : **1,2 km**.

Il existe la possibilité d'**augmenter** la longueur de la ligne de transmission entre des Cartes **CCC** et un Superviseur ou un Coupleur de communication en utilisant la liaison par un répéteur - unité **EUROTHERM, type 261**.

Sur la ligne de réception l'impédance d'adaptation a été fixée arbitrairement à **4,7 kΩ**.

Il appartient à l'utilisateur de la réduire éventuellement.

Les borniers de la carte **CCC** de branchement du bus de transmission sont donnés en paragraphe «Branchement du bus de communication» (voir page 5-9).

ORGANISATION DE LA TRANSMISSION

La transmission est **asynchrone** : caractère par caractère.

Deux vitesses de transmission sont disponibles : **9600** et **19200 bauds**.

Pour les gradateurs contrôlant deux phases des systèmes triphasés (série TU2000), on n'utilise qu'**une vitesse** à 9600 bauds.

L'adressage de la communication comporte de **252** adresses (gradateurs à 4 voies de puissance) à **255** adresses (gradateurs monovoies) des **unités physiques** adressables et **une** adresse de **diffusion**.

Les échanges sont de type «**Maître / Esclave**» (un seul Maître par réseau de communication).

Pendant l'échange des messages entre un **Superviseur**, un **Coupleur** de communication ou un **Automate** et un **Gradateur TU**, ce dernier travaille toujours en régime «**Esclave**», ayant le système de supervision ou l'ordinateur comme «**Maître**».

Dans les chapitres suivants les gradateurs TU, les voies de puissance indépendantes ou les Cartes CCC sont considérées comme des «**Esclaves**».

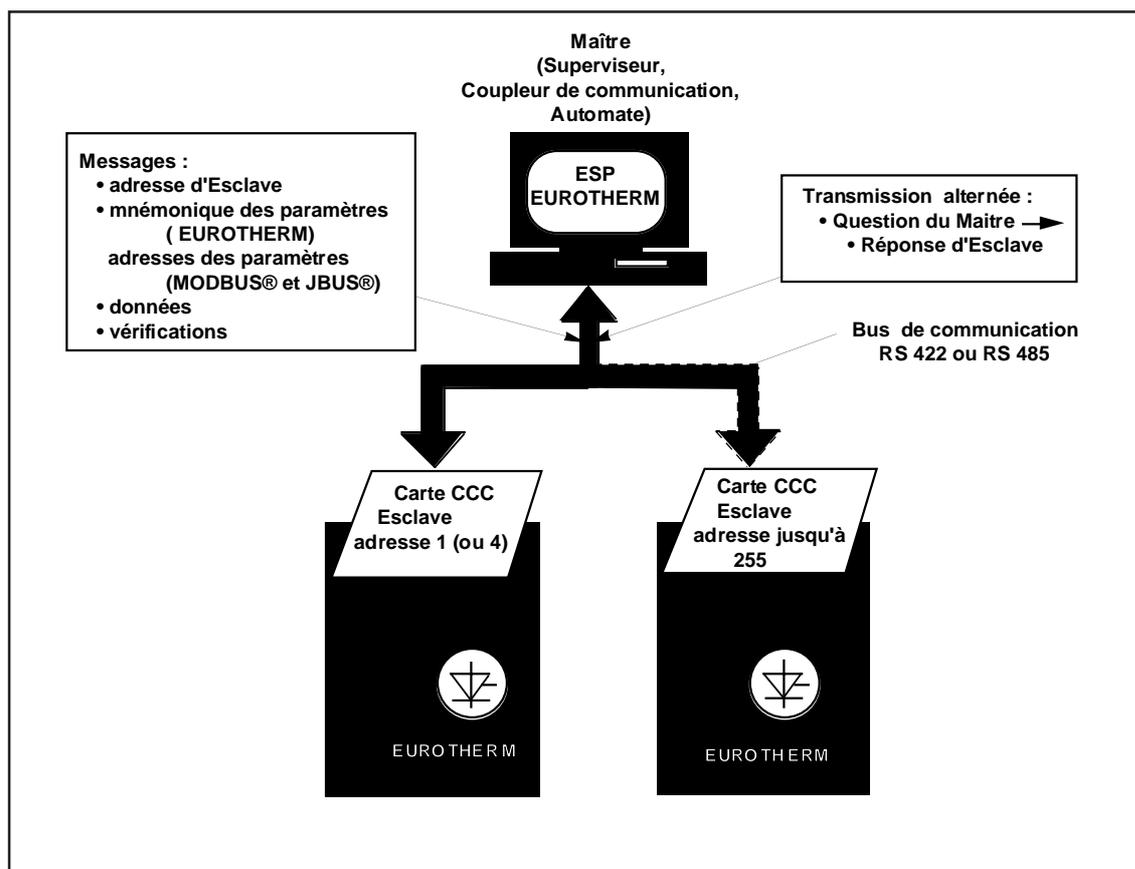


Figure 1-1 Organisation des échanges des transmissions

Communication numérique pour gradateurs de puissance à thyristors de la gamme TU

Manuel de Communication

© Copyright Eurotherm Automation S.A. 1991

Tous droits réservés. Toute reproduction ou transmission sous quelque forme ou quelque procédé que ce soit (électronique ou mécanique, photocopie et enregistrement compris) sans l'autorisation écrite d'EUROTHERM AUTOMATION S.A. est strictement interdite. Un effort particulier a été porté par EUROTHERM AUTOMATION S.A. pour assurer l'exactitude de cette spécification. Cependant, pour conserver notre avance technologique, nous nous consacrons en permanence à l'amélioration de nos produits, ce qui peut occasionner des modifications ou des omissions en ce qui concerne cette spécification. Nous ne serons pas tenus responsables pour les dommages matériels ou corporels, les pertes ou les frais éventuels y afférents.

Pour tout renseignement complémentaire veuillez prendre contact avec votre agence EUROTHERM où des techniciens sont à votre disposition pour vous conseiller et éventuellement vous assister lors de la mise en route de votre installation.

Chapitre 2

PROTOCOLE DE COMMUNICATION EUROTHERM

Sommaire	page
Description générale	2-2
Vocabulaire	2-2
Format de données	2-2
Principes de lecture et d'écriture	2-3
Lecture d'un paramètre	2-4
Etablissement de la transmission	2-4
Transfert du message	2-4
Fin de la séquence	2-8
Exemples de lecture	2-8
Ecriture d'un paramètre	2-11
Etablissement de la transmission	2-11
Transfert du message	2-13
Fin de la séquence	2-14
Exemples d'écriture	2-14
Contrôle des messages	2-16
Réaction sur une erreur du message	2-16

CHAPITRE 2 PROTOCOLE DE COMMUNICATION EUROTHERM

DESCRIPTION GÉNÉRALE

Le protocole de communication **EUROTHERM** est conforme aux normes **ANSI X3.28** (révision 1979 sous catégorie **2.5 A4**).

- | | |
|--|--|
| • Standard de transmission | RS485 ou RS422 - bidirectionnel |
| • Mode de transmission | Chaîne de caractères ASCII |
| • Format d'un caractère | 1 bit de start - 7 bits de données - 1 bit de parité - 1 bit de stop |
| • Parité | Paire |
| • Vitesse de transmission
utilisée pour la gamme TU | 9600 et 19200 bauds (série TU2000 : 9600 bauds) |

Les paramètres relatifs à la communication peuvent être sélectionnés par la communication numérique et par les **cavaliers** appropriés sur la Carte **CCC** (page 5-5).

L'échange d'information selon le protocole **EUROTHERM** s'effectue au moyen des **mnémoniques** des paramètres.

VOCABULAIRE

Adresse	Nombre à deux chiffres hexadécimaux indiquant l'Esclave : le gradateur, la voie indépendante monophasée ou le système triphasé du gradateur. Le premier chiffre est le numéro du groupe de l'adresse, le second - celui de l'unité.
Mnémonique	Nom en ASCII indiquant le paramètre (la variable) dont on veut lire ou modifier la valeur. Les mnémoniques donnent le sens à tous les messages lors de l'échange d'information avec l'Esclave.
Caractères de contrôle	Nombres en ASCII utilisés pour le contrôle de différentes phases de transmission. Les caractères de contrôle effectuent les procédures de début et de fin de texte, de transmission et d'accusé de réception.
Mot d'état	Paramètre en deux octets dont les bits indiquent l'état du gradateur et l'état d'alarmes.

FORMAT DES DONNÉES

A chaque mnémonique est associée une valeur qui s'écrit suivant un format défini pour la donnée.
L'octet de donnée dont le dernier bit indique la parité, est précédé d'un bit «start» et suivi par un bit «stop».

Dans le **format** des données et d'adresses les nombres **négatifs ne sont pas acceptés**.
Le signe « + » est accepté devant les nombres positifs.

Le point décimal « . » est accepté mais **n'est pas pris** en compte.
Le nombre **50** , par exemple, peut être envoyé de façons suivantes : **+50; 5.0; 050; 50**

Attention

Pour éviter une erreur éventuelle de données (surtout lors de l'écriture de la consigne) il est recommandé de **ne pas utiliser un point décimal** .

Les données du protocole **EUROTHERM** sont présentées en format **0 -100%** à **1%** près.

Les données en provenance des **Mots d'état** sont envoyées en **deux octets hexadécimaux** en code **ASCII** précédés du signe : «plus grand que» : « > » .

PRINCIPES DE LECTURE ET D'ÉCRITURE

Le protocole **EUROTHERM** définit une procédure standard de transmission d'informations qui se décompose en trois étapes :

- établissement de la transmission
- procédure de transfert du message
- fin de la transmission.

L'établissement de la transmission comporte l'effacement du message précédent (fin de transmission), l'adresse de l'Esclave, et, si une donnée est demandée, - la mnémonique.

La procédure de transfert du message comporte la lecture de la donnée venant du Gradateur ou l'écriture de la donnée allant au Gradateur. La fin de la séquence consiste à l'effacement de la ligne de transmission.

Deux types de transmission sont associés au protocole **EUROTHERM** :

- la lecture quand le Superviseur (Maître) demande une information du Gradateur (Esclave)
- l'écriture quand le Superviseur envoie une nouvelle donnée au Gradateur.

Le tableau 2-1 donne tous les caractères des messages utilisés dans les séquences de la lecture/écriture.

Destination	Symbole	Codes			Nom	Description
		Déci-mal	HEX	Binaire		
Caractères des messages	STX	2	02	000 0010	Start of TeXt	Début du texte du message
	ETX	3	03	000 0011	End of TeXt	Fin du texte du message
	EOT	4	04	0000100	End Of Transmission	Fin de transmission et remise à zéro de la liaison
	ENQ	5	05	000 0101	ENQuiry	Fin d'établissement de liaison et demande de réponse
	ACK	6	06	000 0110	ACKnowledgement	Accusé de réception positif
	NAK	21	15	001 0101	Non AcKnowledgeMENT	Accusé de réception négatif
Trans-mission du message	GID	-			Group address IDentifier	Adresse de l'Esclave (divisée en groupe et unité)
	UID	-			Unit address IDentifier	
	D	-			Data	Valeur du paramètre
	C	(Voir tableau 4-2; page 4-6)			Character specify the mnemonic	Nom de mnémonique
Vérification du message	BCC	-			Block Check Character	Nombre dépendant de l'adresse, des paramètres et des caractères
Mot d'état	>	62	3E	011 1110	Signe «plus grand que»	Indication des données du Mot d'état

Tableau 2-1 Caractères des messages du protocole EUROTHERM

LECTURE D'UN PARAMÈTRE

La séquence de lecture d'une information (d'un paramètre) est constituée de trois étapes :

- établissement de la transmission,
- transfert du message,
- fin de la séquence.

La procédure de la lecture d'une information est présentée sur la figure 2-1.

Etablissement de la transmission

Au départ, le Superviseur se trouve en position de l'émetteur (voir figure 2-1) et envoie un message de **8** caractères, qui identifie :

- l'adresse du Gradateur (qui correspond à l'adresse de la première voie du gradateur) ou celle de la Voie indépendante,
- l'information,
- la terminaison du message.

Le message d'établissement de la transmission a le format suivant :

(EOT) (GID) (GID) (UID) (UID) (C1) (C2) (ENQ)

Définition des caractères du message :

EOT - caractère de **contrôle** qui remet à **zéro** l'interface de réceptin de chaque Esclave.

Les quatre caractères suivants désignent l'adresse.

Chaque Gradateur examine alors ces 4 caractères pour voir s'ils correspondent à son adresse.

L'adresse de l'Esclave à deux chiffres est constituée par les numéros de **groupe** et d'**unité**.

GID - numéro du **groupe** de l'adresse (comportant 16 unités) répété **deux** fois par sécurité.

UID - numéro de l'**unité** de l'adresse (numéro de l'unité à l'intérieur du groupe) répété **deux** fois par sécurité.

Les numéros des unités et des groupes d'adresses sont transmis en code Hexadécimal **ASCII** et varient de **0** à **0F_{HEX}**. Il existe donc **16** numéros de groupes et **16** numéros d'unités ce qui permet d'avoir **256** adresses.

C1 C2 - deux caractères correspondant aux **mnémoniques**; ils spécifient le **paramètre** du Gradateur que le Superviseur veut lire.

ENQ - caractère de **fin** d'établissement de la transmission.

Transfert du message

Après que le Superviseur ait transmis le caractère **ENQ**, le protocole décrit la procédure de transfert du message, qui se décompose en trois phases (voir figure 2-1) :

- le Gradateur est en **émission**, le Superviseur est en réception
- le Superviseur est l'**Emetteur**, le Gradateur est en état Récepteur
- le Gradateur **émet** les paramètres à lire (si la réponse est validée).

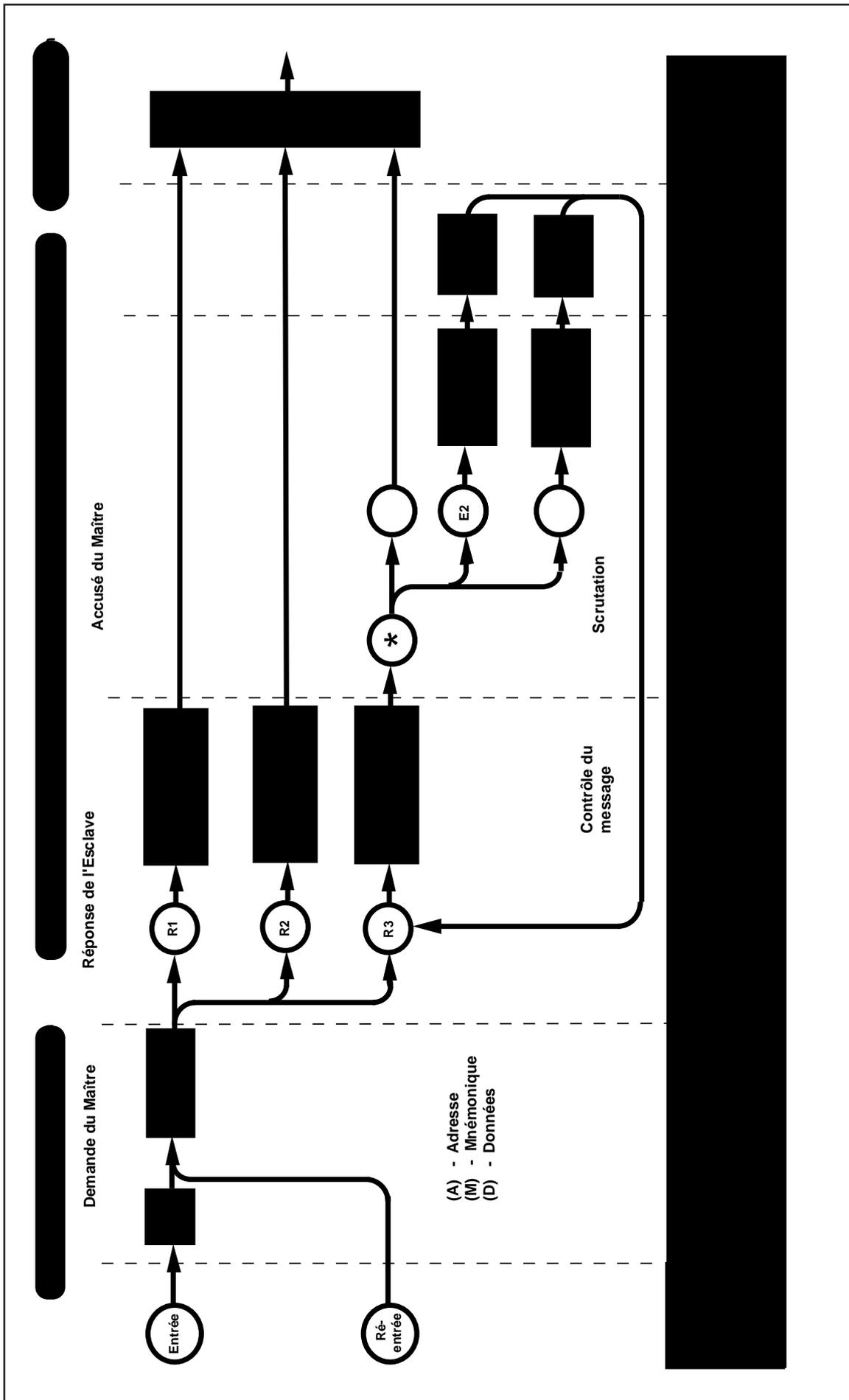


Figure 2-1 Procédure de lecture d'une information

Emission du Gradateur

Après la procédure d'établissement de la liaison, la **réponse** du Gradateur peut prendre trois formes différentes (marquées de **R1** à **R3** sur la figure 2-1) :

- pas de réponse (réponse R1),
- réponse invalidée (réponse R2),
- réponse validée (réponse R3).

R1 - Pas de réponse

Dans certains cas, le Superviseur peut ne recevoir aucun message en réponse à la séquence de lecture. Ceci peut être dû à l'une des raisons suivantes :

- l'adresse du groupe et (ou) de l'unité n'a pas été reconnue;
- une erreur a été introduite dans la série de caractères d'établissement de la liaison allant jusqu'à **ENQ** (inclus);
- la Carte **CCC** du gradateur adressé n'est pas configurée avec la vitesse de transmission correcte;
- un défaut de matériel existe sur la Carte **CCC** adressée.

Le Superviseur passe alors en position d'émetteur et entre dans la procédure de terminaison de la transmission.

R2 - Réponse invalidée

Le Gradateur adressé peut reconnaître l'adresse envoyée par le Superviseur, mais il trouve que les deux caractères de paramètre (**C1** et **C2**) transmis ne correspondent pas aux mnémoniques autorisées.

Dans ce cas, le Gradateur envoie un caractère **EOT** pour terminer la liaison (voir figure 2-1). Le Superviseur revient à l'état d'émission et peut alors recommencer une séquence de lecture ou sélectionner un autre Gradateur.

R3 - Réponse validée

Une fois que le message est accepté, c'est à dire que les adresses de groupe et d'unité et les mnémoniques sont **reconnues**, l'interface du Gradateur concerné passe à l'état d'émetteur et initialise la procédure de transfert du message.

Le Superviseur passe en réception durant cette procédure.

La réponse du Gradateur est la succession des caractères suivants :

(STX) (C1) (C2) (D1) (D2) (D3) (D4) (D5) (D6) (ETX) (BCC)

Ces caractères ont les fonctions suivantes (voir ainsi le tableau 2-1) :

- STX** - début de réponse, le Gradateur est passé à l'état émetteur et il est prêt à envoyer les données.
- C1 C2** - nom de mnémonique d'un paramètre, précisé lors de la phase d'établissement de la transmission.
- D1 à D6** - valeur du paramètre transmise en unités physiques sans signe (format des données voir page 2-13).
- EXT** - caractère de contrôle terminant la transmission de la réponse.
- BCC** - mot de vérification à deux octets; ce caractère est envoyé par le Gradateur à la fin du message pour que le Superviseur puisse vérifier que les données ont été reçues correctement (voir paragraphe «Contrôle des messages», page 2-16).

Emission du Superviseur

Après que le Superviseur ait reçu correctement le message lors de la procédure du transfert, il passe en position d'émetteur.

Au point marqué d'une **astérisque** (*) sur la figure 2-1, le Superviseur va ignorer tous les caractères transmis sur le bus. Le Gradateur reste à ce point tant qu'il n'a pas reçu du Superviseur une des trois émissions suivantes (marquées sur la figure 2-1 par **E1** à **E3**) :

- la fin de transmission (émission E1),
- la scrutation (émission E2),
- la répétition du paramètre (émission E3).

E1 - Fin de la transmission (émission EOT)

Après la procédure de transfert du message, l'interface du Gradateur peut terminer la séquence directement et interrompre la liaison numérique (voir figure 2-1).

E2 - Accusé positif - Scrutation (émission ACK)

Après avoir vérifié le message et l'avoir considéré conforme aux critères de vérification, le **Maître** (Superviseur) accepte le message et émet le caractère **ACK**.

Le Gradateur reste dans la procédure de transfert du message, reprend la position d'émetteur et transmet la valeur de la **prochaine** mnémonique, c'est à dire, - le paramètre suivant dans l'ordre **préétabli** de la liste des paramètres (voir tableau 4-2).

Lorsque le Superviseur doit scruter **plusieurs paramètres** sur le **même** Gradateur, il n'est pas nécessaire d'établir à nouveau la procédure de liaison à chaque scrutation grâce à l'émission de **ACK**.

E3 - Accusé négatif - Répétition de paramètre (émission NAK)

Lorsque le Maître (Superviseur) n'accuse pas le message, c'est-à-dire :

- qu'il ne reconnaît pas les caractères ou les données transmis, ou
- les données sont hors des plages de tolérance, ou
- le caractère BCC ne correspond pas aux données, -

il émet le caractère **NAK**.

Le Gradateur reste dans la procédure de transfert du message, reprend la position d'émetteur et retransmet la valeur de la **dernière** mnémonique reçue et accusée.

Vu la réaction du Gradateur sur l'accusé négatif, il n'est pas nécessaire d'effectuer la procédure d'établissement de la transmission pour la lecture de **chaque** paramètre.

La réponse **NAK** est émise lorsque le Superviseur doit **scruter** en permanence un paramètre sur le Gradateur **adressé**.

Fin de la séquence

La procédure de fin de la séquence de lecture est effectuée chaque fois que le Maître-Superviseur veut arrêter la séquence de lecture sur l'Esclave-Gradateur et établir une nouvelle liaison avec un autre Gradateur. Cela peut arriver si :

- le Gradateur ne répond pas à la lecture (**R1** sur la figure 2-1),
- le Gradateur répond par un **EOT** (fin de transmission, réponse **R2** sur la figure 2-1) durant la phase de transfert du message.

Le Superviseur passe à l'état d'émetteur et envoie un caractère de fin de transmission (**EOT**) pour remettre à zéro les adresses **GID-UID** et ré-initialiser les «buffers» des entrées (espace de mémoire réservée dans chaque Esclave). Le Superviseur est prêt alors à scruter un autre Gradateur.

L'interface peut terminer la séquence elle-même par **EOT** (émission **E1** sur la figure 2-1).

Exemples de lecture

Exemple 1. Lire la valeur de la Consigne numérique de la première voie du gradateur TU1471 numéro 4.

- La consigne numérique est indiquée par la mnémonique **SL**
- L'adresse N°4 est présentée par **UID = 4** et **GID = 0** (parce que UID < 15)
- Le Superviseur établit la transmission à l'adresse **GID=0, UID=4** et demande la valeur de **SL** :

(code ASCII Hexadécimal)	04	30	30	34	34	53	4C	05
(caractères ASCII)	EOT	0	0	4	4	S	L	ENQ

- Le gradateur TU1471 adressé répond :

(code ASCII Hexadécimal)	02	53	4C	35	30	03	19
(caractères ASCII)	STX	S	L	5	0	ETX	(BCC)

Réponse : la Consigne numérique (**SL**) est à **50%**.

Le caractère de contrôle (**BCC**) est égal à **19** (voir «Contrôle des messages», page 2- 16).

Exemple 2. Lire la valeur du signal analogique de la 3-ème voie du gradateur TU1450 qui est à l'adresse N°4.

- La consigne analogique est indiquée par la mnémonique **RI**
- L'adresse de la 3-ème voie qui est le numéro de l'unité **UID = AG + (NV-1) = 4 + (3-1) = 6**
 où : **AG** - adresse du gradateur (adresse de la première voie)
NV - numéro de la voie demandée (le gradateur TU1450 se compose de 4 voies).

GID = 0 (parce que UID = 6 < 15)

- Le Superviseur établit la transmission à l'adresse **GID = 0 ; UID = 6** et demande la valeur de **RI**

(code ASCII Hexadécimal)	04	30	30	36	36	52	49	05
(caractères ASCII)	EOT	0	0	6	6	R	I	ENQ

- Le Gradateur adressé répond :

(code ASCII Hexadécimal)	02	52	49	30	30	03	18
(caractères ASCII)	STX	R	I	0	0	ETX	(BCC)

Réponse : la consigne analogique (**RI**) de la voie demandée est à **0%**.

Exemple 3 . Lire la valeur de la Demande de puissance de la voie qui se trouve à l'adresse N°4

- La Demande de puissance est présentée par la mnémonique **OP**.
- Le Superviseur établit la liaison avec l'adresse N°4 (**UID = 4, GID = 0**) et demande la valeur de **OP** :

(code ASCII Hexadécimal)	04	30	30	34	34	4F	50	05
(caractères ASCII)	EOT	0	0	4	4	O	P	ENQ

- La voie adressée répond :

(code ASCII Hexadécimal)	02	4F	50	36	31	03	1B
(caractères ASCII)	STX	O	P	6	1	ETX	(BCC)

Réponse : la Demande de puissance est à **61%**

Exemple 4 . Lire la valeur de la Tension ligne du gradateur TU1470 dont l'adresse est 8.

- La Tension ligne set indiquée par la mnémonique **LV**.
- Le Superviseur établit la liaison avec l'adresse **GID=0, UID=8** et demande la valeur de **LV** :

(code ASCII Hexadécimal)	04	30	30	38	38	4C	56	05
(caractères ASCII)	EOT	0	0	8	8	L	V	ENQ

- Le Gradateur adressé répond :

(code ASCII Hexadécimal)	02	4C	56	31	30	30	03	28
(caractères ASCII)	STX	L	V	1	0	0	ETX	(BCC)

Réponse : la Tension ligne du gradateur TU1470 N°8 égale à **100%**.

Exemple 5. Lire l'état de la voie 2 du gradateur TU1471 dont l'adresse est 4

- L'adresse de la voie 2 est égale à **UID = 4 + (2 - 1) = 5**
- Le Superviseur établit la liaison et demande la valeur du Mot d'état (**mnémonique SW**) :

(code ASCII Hexadécimal)	04	30	30	35	35	53	57	05
(caractères ASCII)	EOT	0	0	5	5	S	W	ENQ

- La Voie adressée répond :

(code ASCII Hexadécimal)	02	53	57	3E	43	30	34	32	03	3F
(caractères ASCII)	STX	S	W	>	C	0	4	2	ETX	(BCC)

L'état du **gradateur** : mode de conduction des thyristors, alarmes générales, types de charge et de consigne, - est indiqué par les deux codes hexadécimaux de poids faible :

34_{HEX} **32_{HEX}** , ou en caractères ASCII : **4 2** (la description du Mot d'état voir pages 4-10, 4-11).

L'état de la voie dont l'adresse est **5** (voie 2 du gradateur N°4) : alarmes particulières à la voie, validation / inhibition , - est indiqué par les deux nombres de poids fort en code hexadécimal :

43_{HEX} **30_{HEX}** , ou en caractères ASCII : **C 0**.

Le message peut être traité après avoir **converti** la valeur du **SW** du hexadécimal en **binaire** (structure des bits du **SW** voir tableau 4-5).

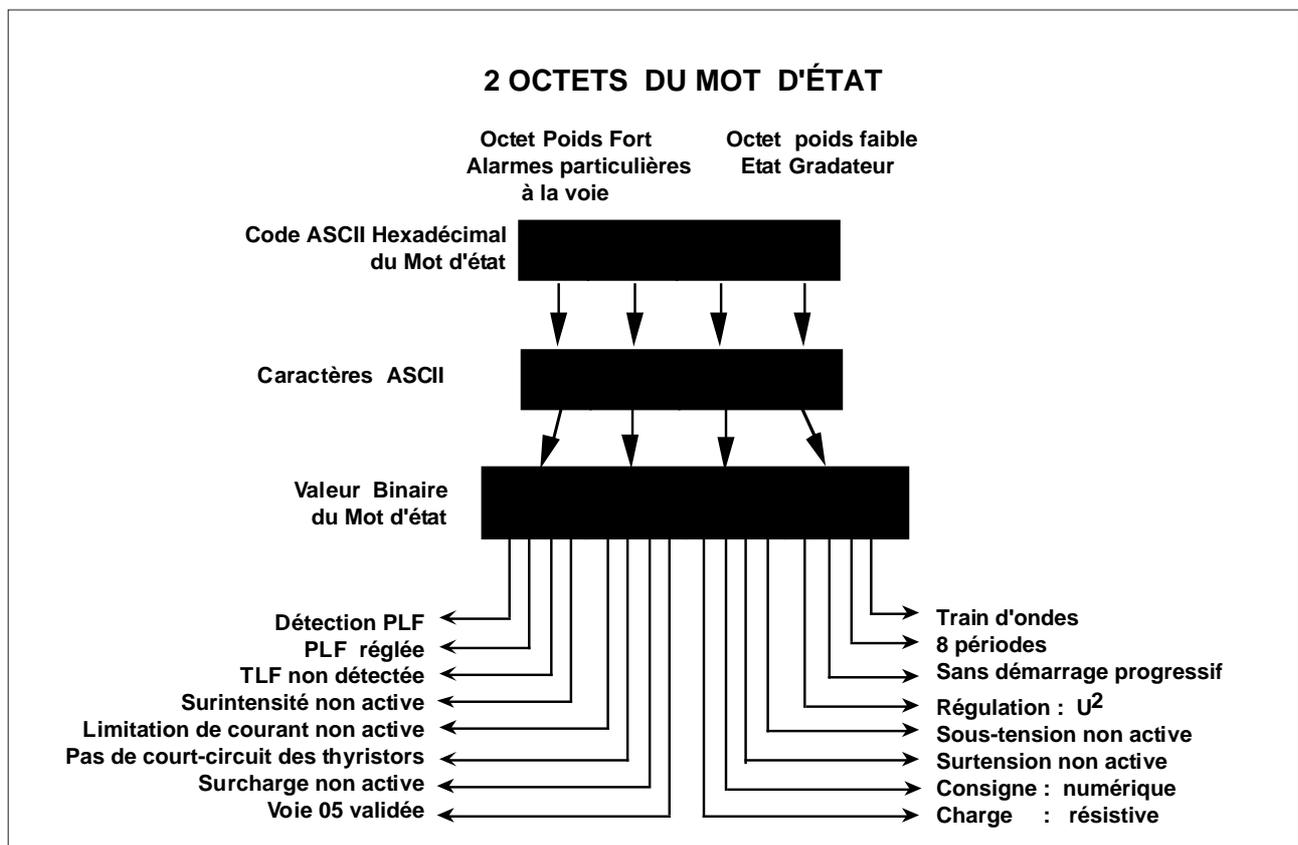


Figure 2-2 Exemple de la lecture du Mot d'état de la voie 2 du gradateur TU1471

ECRITURE D'UN PARAMÈTRE

Pour modifier certains paramètres ou leurs valeurs, le Superviseur envoie une donnée (écriture d'un paramètre) au Gradateur. La trame d'écriture est décomposée en 3 phases suivantes :

- établissement de la transmission
- transfert du message
- fin de séquence.

La procédure d'écriture est présentée sur la figure 2-3.

Etablissement de la transmission

Le Superviseur prend la position d'émetteur (voir figure 2-3) et envoie au Gradateur le message suivant de 5 caractères pour initialiser la séquence et indiquer l'adresse:

(EOT) (GID (GID) (UID) (UID)

Les caractères de ce message ont la même définition que les caractères d'établissement de la transmission durant la lecture d'un paramètre (voir page 2-4 et tableau 2-1) :

EOT - le caractère de **contrôle** après lequel chaque Gradateur examine les caractères suivants (qui représentent l'adresse).

GID - numéro du **groupe** de l'adresse répété **deux** fois par sécurité.

UID - numéro de l'**unité** de l'adresse répété **deux** fois par sécurité.

Le calcul des numéros des groupes et des unités s'effectue comme est expliqué à la page 2-4.

Les numéros du groupe et d'unité d'une adresse sont transmis en code Hexadécimal **ASCII** et varient de **0** à **0F_{HEX}**. De même qu'en procédure de lecture, il existe **16** numéros de groupes et **16** numéros d'unités.

La séquence de sélection d'adresse démarre avec un caractère **EOT**.

Elle peut être réentrée après la fin de la transmission pourvu qu'un caractère **EOT** ait été envoyé lors de la procédure de la terminaison (voir figure 2-3).

Attention

Lorsque l'adresse de diffusion est utilisée, seul le gradateur dont la première voie est à l'adresse **N° 4**, répond.

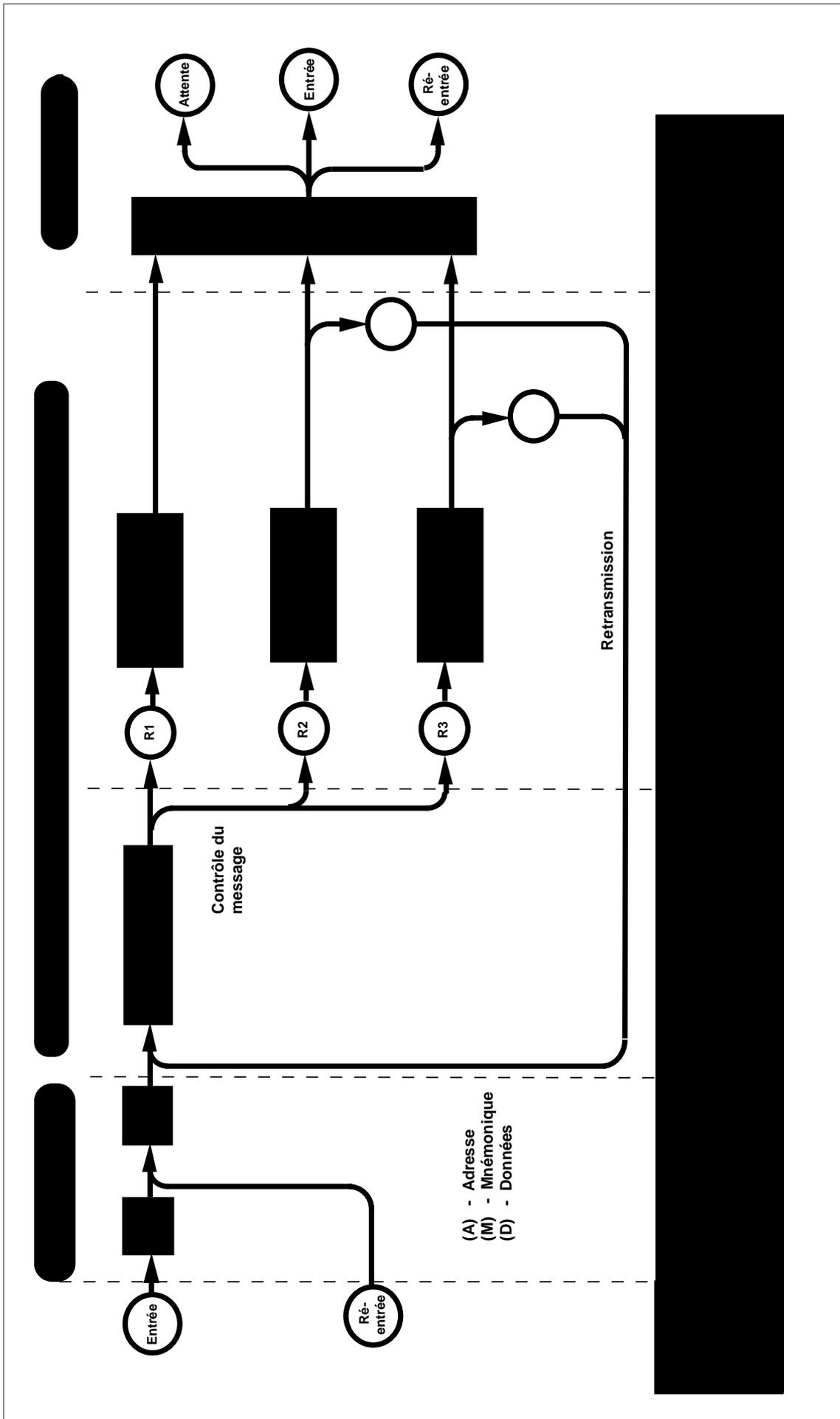


Figure 2-3 Séquence d'écriture d'un paramètre

Transfert du message

Après avoir établi la transmission, le Superviseur passe dans la phase de transfert du message tout en restant en position d'émetteur. La séquence de transfert du message se décompose en deux phases suivant l'état (**émetteur** ou **récepteur**) du Maître et de l'Esclave (voir figure 2-3).

Le Maître est l'émetteur

Le Superviseur envoie le message suivant :

(STX) (C1) (C2) (D1) (D2) (D3) (D4) (D5) (D6) (EXT) (BCC)

STX - Début du texte à écrire.

C1 C2 - Nom de la mnémonique à modifier.

D1 à D6 - Valeur du paramètre transmis, en unités physique.

EXT - Fin du texte du message d'écriture, information que le Gradateur sélectionné va passer à l'état récepteur.

Le format des caractères **D1** à **D6** qui donnent la nouvelle valeur du paramètre, est à 7 bits non négatifs.

L'Esclave en position d'émetteur

Après avoir reçu le message, le Gradateur adressé effectue les opérations suivantes :

- vérifie que le caractère de vérification **BCC** correspond au modèle de données effectivement reçues
- vérifie que les caractères **C1** et **C2** correspondent à une mnémonique autorisée
- vérifie que les caractères **D1** à **D6** contiennent des données validées.

Après que le Gradateur ait vérifié le message transmis par le Superviseur, il passe à la position d'émetteur. Le Gradateur peut répondre de trois manières différentes marquées **R1** à **R3** sur la figure 2-3.

R1 - Pas de réponse

Le Superviseur peut ne recevoir aucune réponse du Gradateur pour différentes raisons :

- le numéro d'unité d'adresse ou celui de groupe d'adresse n'est pas reconnu
- une erreur a été trouvée dans les caractères transmis jusqu'au **BCC** inclus
- la Carte CCC du gradateur adressé est configurée à une vitesse de transmission incorrecte
- un défaut de matériel existe sur la Carte CCC sélectionnée.

Dans ce cas, le Superviseur va entrer dans la phase de terminaison (voir figure 2-3).

R2 - Accusé réception positif (réponse ACK)

Après vérification de la mnémonique, des données et du caractère **BCC**, le Gradateur **modifie** le paramètre sélectionné avec la nouvelle valeur contenue dans le message.

Ensuite le Gradateur envoie un caractère d'accusé réception - **ACK**. Après réception de cette réponse, le Maître peut entrer dans la phase de terminaison (**EOT**).

Sinon, le Maître peut envoyer un autre message au **même** Gradateur (émission **E1** sur la figure 2-3) sans être obligé de ré-établir une liaison. Ceci peut être une méthode rapide qui permet de **gagner du temps** dans la mise à jour des paramètres.

R3 - Accusé réception négatif (réponse NAK)

Si l'Esclave détecte une erreur dans le message qu'il a reçu, il enverra au Maître un accusé de réception négatif (**NAK**). Après avoir reçu le caractère **NAK**, le Maître peut entrer dans la phase de terminaison et finir la séquence d'écriture ou bien retourner à la phase de transfert (émission **E2** sur la figure 2-3) pour retransmettre le même message.

Fin de la séquence

Cette procédure est établie chaque fois que le Superviseur veut arrêter la séquence d'écriture sur la Carte CCC du gradateur sélectionné et établir une nouvelle liaison logique.

La terminaison de la liaison est établie après la rupture logique (émissions **ACK** et **NAK**) ou en vu d'absence de réponse (voir figure 2-3).

Le Superviseur prend la position d'émetteur et transmet un caractère **EOT** pour remettre à zéro toutes les Gradateur.

Le Superviseur peut alors sélectionner un autre gradateur, réaliser une séquence de lecture ou bien se mettre en position d'attente.

On peut envoyer à nouveau le même message (**ré-entrer**) sans l'établissement de la procédure **EOT** (le caractère EOT étant émis à la fin de la trame précédente).

Ci - dessous sont présentés les exemples d'écriture d'une nouvelle valeur de Consigne numérique (mnémorique **SL**), d'un nouveau mode de fonctionnement et d'une demande incorrecte .

Exemples d'écriture d'un paramètre

Exemple 1. Ecrire la valeur de 50% à la Consigne numérique du gradateur N° 8.

- Le Superviseur établit la transmission et transfert le message d'écriture de la consigne **SL** à **50%**:

(code ASCII Hexadécimal)	04	30	30	38	38	02	53	4C	35	30	03	19
(caractères ASCII)	EOT	0	0	8	8	STX	S	L	5	0	ETX	(BCC)

RAPPEL

le Superviseur émet les trames **d'établissement** de la transmission et du **transfert** du message **consécutivement**

- Le gradateur TU dont l'adresse physique est **8** répond :

(code ASCII Hexadécimal)	06
(caractères ASCII)	ACK

Le gradateur adressé accuse que l'écriture à l'adresse **8** est bien terminée.

Exemple 2. Envoyer la Consigne numérique dont la valeur est 80% en diffusion à tous les gradateurs

- Le Superviseur établit la transmission avec toutes les voies (adresse **0**) et transfert le message **SL=80%** :

(code ASCII Hexadécimal)	04	30	30	30	30	02	53	4C	38	30	03	14
(caractères ASCII)	EOT	0	0	0	0	STX	S	L	8	0	ETX	(BCC)

- Seul le Gradateur** dont l'adresse est **4** répond que l'écriture, sur tous les gradateurs, s'est déroulée normalement :

(code ASCII Hexadécimal)	06
(caractères ASCII)	ACK

Exemple 3. Envoyer au gradateur TU1271 N°6 la demande de fonctionnement en Angle de phase

Le Code de commande pour fonctionnement en mode **Angle de phase** est **08** (voir tableau 4-9, page 4-13).

- Le Superviseur établit la transmission avec le gradateur qui se trouve à l'adresse **6** :

(code ASCII **Hexadécimal**) **04 30 30 36 36**

(caractères ASCII) **EOT 0 0 6 6**

- Le Superviseur transfère le message d'écriture du code de commande **08** en Mot d'état **SW** :

(code ASCII **Hexadécimal**) **02 53 57 3E 30 38 03 31**

(caractères ASCII) **STX S W > 0 8 ETX (BCC)**

- Le Gradateur TU1271 (à deux voies indépendantes) dont l'adresse est **6** répond :

(code ASCII **Hexadécimal**) **06**

(caractères ASCII) **ACK**

La demande de changement du mode de conduction des thyristors est bien terminée.

Exemple 4. Envoi d'une demande incorrecte :

écrire en diffusion la Demande de puissance (mnémonique OP) à la valeur de 50%

- Le Superviseur établit la transmission : à l'adresse de diffusion

(code ASCII **Hexadécimal**) **04 30 30 30 30**

(caractères ASCII) **EOT 0 0 0 0**

et transfère le message :

(code ASCII **Hexadécimal**) **02 4F 50 35 30 03 00**

(caractères ASCII) **STX O P 5 0 ETX (BCC)**

- Le Gradateur dont l'adresse est **4** répond pour tous les autres:

(code ASCII **Hexadécimal**) **15**

(caractères ASCII) **NAK**

L'accusé de réception est **négatif** car le statut du paramètre Demande de puissance est «Lecture Seulement» («**RO**»), l'écriture est impossible (tableau 4-2).

CONTRÔLE DES MESSAGES

La vérification ainsi que le contrôle des mnémoniques et des données envoyées sont effectués par le caractère **BCC** (**B**lock **C**heck **C**haracter).

La valeur de **BCC** est le résultat d'une opération «**OU exclusif**» («**XOR**») de tous les caractères transmis après **STX** allant jusqu'au **ETX** (inclus). Les caractères doivent être exprimés en **binaire**.

<i>Mnémonique</i>	<i>Données</i>	<i>Caractère de contrôle</i>
$(\mathbf{BCC}) = (\mathbf{C1}) \oplus (\mathbf{C2}) \oplus (\mathbf{D1}) \oplus (\mathbf{D2}) \oplus (\mathbf{D3}) \oplus (\mathbf{D4}) \oplus (\mathbf{D5}) \oplus (\mathbf{D6}) \oplus (\mathbf{ETX})$		

où \oplus - symbole de «**OU exclusif**».

Les codes décimal, binaire et hexadécimal des mnémoniques, des caractères et des données sont récapitulés en **Annexe A**.

Après le calcul par le Gradateur de la valeur du BCC, le Superviseur va **comparer** le BCC **envoyé** pendant le transfert du message, et le BCC **calculé**.

Exemple . Vérifier le BCC de la réponse de l'Exemple 1 (page 2-8) **de la lecture de la valeur de consigne :**

(code ASCII Hexadécimal)	02	53	4C	35	30	03	19
(caractères ASCII)	STX	S	L	5	0	ETX	(BCC)

Le Gradateur adressé calcule le résultat d'un «**OU exclusif**» des caractères suivants **STX** :

$$\mathbf{BCC} = (\mathbf{S}) \oplus (\mathbf{L}) \oplus (\mathbf{5}) \oplus (\mathbf{0}) \oplus (\mathbf{ETX})$$

En codes **ASCII**:

(S)	=	1010011 \oplus
(L)	=	1001100 \oplus
(5)	=	0110101 \oplus
(0)	=	0110000 \oplus
(ETX)	=	0000011

$$\mathbf{BCC} = \mathbf{0011001} = \mathbf{19}_{\text{HEX}} \quad \text{ce qui correspond au BCC de l'Exemple 1.}$$

RÉACTION SUR UNE ERREUR DU MESSAGE

Le Gradateur sélectionné peut détecter les erreurs suivantes dans le message émis par le Superviseur :

- les caractères **C1** et **C2** ne correspondent pas à une combinaison de mnémoniques validées
- les caractères **C1** et **C2** décrivent des paramètres de Superviseur seulement
- les données définies par **D1** à **D6** sont invalidées ou hors gamme
- le caractère **BCC** ne correspond pas à la donnée réellement reçue par le Gradateur
- une erreur de parité due à des parasites sur la ligne.

Si une de ces conditions est détectée, le Gradateur enverra un caractère **NAK** pour signaler au Superviseur que le message reçu contient une erreur.

La réaction du Maître au caractère **NAK** est décrit en page 2-7 (séquence lecture) et en page 2-13 (séquence écriture).

Communication numérique pour gradateurs de puissance à thyristors de la gamme TU

Manuel de Communication

© Copyright Eurotherm Automation S.A. 1991

Tous droits réservés. Toute reproduction ou transmission sous quelque forme ou quelque procédé que ce soit (électronique ou mécanique, photocopie et enregistrement compris) sans l'autorisation écrite d'EUROTHERM AUTOMATION S.A. est strictement interdite. Un effort particulier a été porté par EUROTHERM AUTOMATION S.A. pour assurer l'exactitude de cette spécification. Cependant, pour conserver notre avance technologique, nous nous consacrons en permanence à l'amélioration de nos produits, ce qui peut occasionner des modifications ou des omissions en ce qui concerne cette spécification. Nous ne serons pas tenus responsables pour les dommages matériels ou corporels, les pertes ou les frais éventuels y afférents.

Pour tout renseignement complémentaire veuillez prendre contact avec votre agence EUROTHERM où des techniciens sont à votre disposition pour vous conseiller et éventuellement vous assister lors de la mise en route de votre installation.

Chapitre 3

PROTOCOLES DE COMMUNICATION MODBUS® ET JBUS®

Sommaire	page
Description générale	3-2
Vocabulaire	3-2
Format de données	3-3
Principes de lecture et d'écriture	3-3
Disposition des bits dans un octet	3-4
Fonctions de lecture et d'écriture	3-4
Lecture d'une information	3-5
Lecture de n bits	3-5
Lecture rapide d'un octet	3-6
Lecture de n mots	3-6
Exemples de lecture	3-7
Ecriture d'une information	3-9
Ecriture d'un mot	3-9
Ecriture de n mots	3-10
Exemples d'écriture	3-10
Fonction de diagnostic	3-11
Contrôle des messages	3-12
Exemple de développement du mot de contrôle	3-13
Codes d'erreurs du message	3-14

CHAPITRE 3 PROTOCOLES MODBUS® ET JBUS®

DESCRIPTION GÉNÉRALE

Les protocoles **MODBUS®** (développé par la société **GOULD**) et **JBUS®** (développé par la société **APRIL**) permettent d'échanger des informations par bits et par mots entre un système de supervision, un automate industriel et des gradateurs de la gamme **TU**.

Il existe deux types de protocoles **JBUS®/MODBUS®** :

- le protocole **ASCII** et
- le protocole **binaire** (ou **RTU**).

C'est le **protocole binaire (RTU)** qui est utilisé par les gradateurs de la gamme **TU**.

Les protocoles **MODBUS®** et **JBUS®** ont **la même structure** de trames d'informations.

La différence entre ces deux protocoles se situe au niveau des adresses : les valeurs des adresses **JBUS®** sont **décalées** d'un offset « **+1** » par rapport aux adresses **MODBUS®**.

Ainsi un réseau **JBUS®** peut, moyennant un simple **transcodage** d'adresses, dialoguer avec n'importe quel matériel compatible **MODBUS®**.

- | | |
|--|---|
| • Standard de transmission | RS485 ou RS422 - bidirectionnel |
| • Mode de transmission | Trame de caractères binaires |
| • Vitesse de transmission utilisée pour la gamme TU | 9600 ou 19200 bauds (série TU2000 : 9600 bauds). |

Les paramètres relatifs à la communication numérique (adresse physique du gradateur, vitesse de la transmission, protocole) doivent être sélectionnés par les cavaliers appropriés sur la Carte **CCC** (page 5-5).

VOCABULAIRE

Adresse	<p>Nombre binaire indiquant toutes les informations.</p> <p>Les adresses utilisées en protocoles MODBUS® / JBUS® sont</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'adresse physique de l'Esclave (gradateur ou une voie de gradateur); l'adresse de diffusion pour toutes les voies du même bus de communication • l'adresse des paramètres • l'adresse des bits de l'octet adressable.
Fonction	<p>Désignation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • du mode de liaison (lecture ou écriture), • de l'unité d'information (bit ou mot), • de la quantité des paramètres demandés : un ou plusieurs.
Mot de contrôle	<p>Nombre binaire utilisé pour détecter les erreurs de transmission.</p> <p>Il est envoyé à la fin de chaque message et comparé au résultat d'une opération logique sur les paramètres des messages.</p>
Mot d'état	<p>Paramètre de communication à deux octets dont les bits indiquent l'état du gradateur et l'état des alarmes.</p>

FORMAT DES DONNÉES

Les données des protocoles MODBUS® / JBUS® sont exprimées en binaire et présentées en format **0 - 1000** (pour **100%**) à **0,5%** près. Ainsi, pour charger, par exemple, la consigne des signaux d'entrée avec la valeur **75,3%** on envoie **753**. Mais le nombre restitué est **755** soit **75,5%**.

Le format d'un caractère est de **10 bits** ; l'octet des données (**8 bits** des données) est précédé d'un bit «start» et suivi par un bit «stop».

Dans le **format** des données et d'adresses il **n'y a pas** de nombres **négatifs** (pas de signification en binaire).

PRINCIPE DE LECTURE ET D'ÉCRITURE

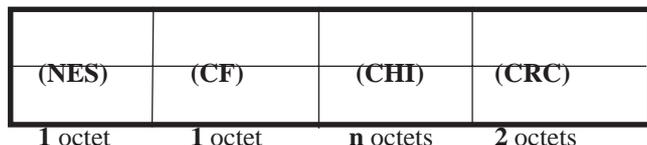
Les échanges des informations (**lecture** et **écriture**) se font à l'**initiative du Maître**.

Tout échange comporte **deux** messages : une **demande** du Maître et une **réponse** de l'Esclave.

Chaque message (trame des caractères) du Superviseur ou du Gradateur contient **quatre** types d'informations :

- le numéro d'Esclave - **NES**
- le **code** de fonction - **CF**
- le champ d'**information** - **CHI**
- le Mot de **contrôle** - **CRC**.

Les messages de demande et de réponse, adressés dans le premier octet de la trame, ont le **même format** :



Le numéro **NES** (adresse du Gradateur ou de la voie indépendante) est compris entre:

- 01_{HEX}** et **FF_{HEX}** (**1 à 255**) pour les gradateurs à 1 voie monophasée ou triphasée (contrôle 2 phases);
- 02_{HEX}** et **FF_{HEX}** (**2 à 255**) pour les gradateurs contrôlant 2 phases des 2 systèmes triphasés;
- 04_{HEX}** et **FF_{HEX}** (**4 à 255**) pour les gradateurs monophasés à 4 voies.

Si **NES = 0** le message du Superviseur sera traité par **tous** les gradateurs du même bus de communication (**diffusion**).

Le code de fonction **CF** (tableau 3-1, page suivante) permet de sélectionner une commande :

- lecture par bit, par mot, par groupe de mots
- écriture par mot.

Le champ d'information **CHI** du message de **demande** contient les données liées à la fonction (adresse du paramètre de communication, bit, adresse de mot, valeur de bit, valeur de mot, nombre de bits, nombre de mots).

Le champ d'information **CHI** du message de **réponse** contient les données : valeur des bits ou des mots **lus**, valeur des bits ou des mots **écrits**, nombre de mots ou nombre de bits.

Deux octets de vérification sont transmis à la fin de chaque message de communication.

Le Mot de contrôle (**CRC**) est utilisé pour détecter les erreurs de transmission. Lorsque le message est reçu par le gradateur, celui-ci calcule le Mot de contrôle de la trame reçue afin de valider ou de refuser le message (page 3-12).

Disposition des bits dans un octet

Dans l'octet d'adresse (**NES**), du code de fonction (**CF**) et du champ d'information (**CHI**) le **premier** octet lu est celui de **Poids Fort**. L'information dans un octet est disposée **de droite à gauche**.

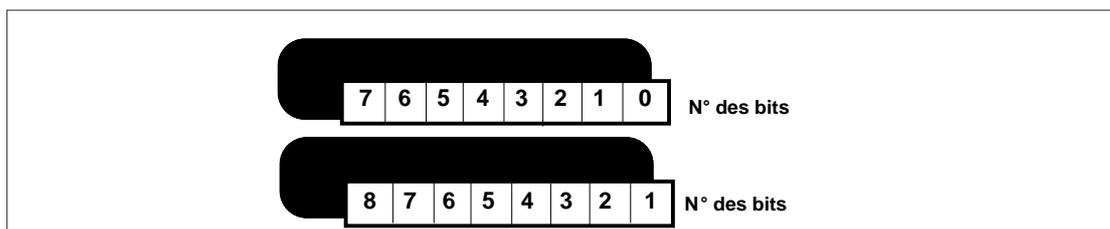


Figure 3-1 Disposition des bits dans un octet des informations

Dans le mot de contrôle (**CRC**) deux octets de l'information sont présentées **autrement** que pour les autres paramètres : les octets sont disposés **de gauche à droite** (voir figure 3-2).

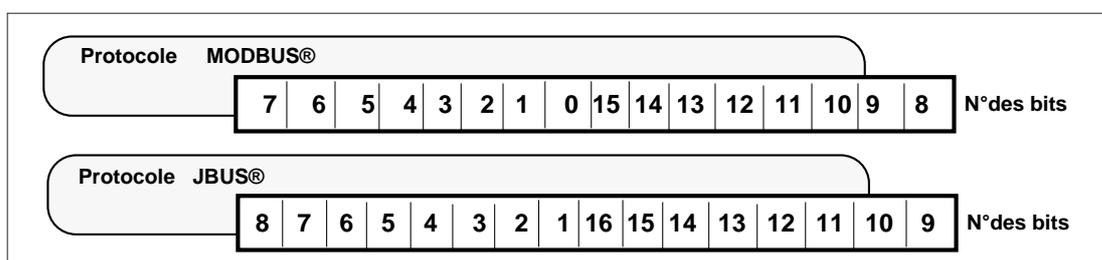


Figure 3-2 Disposition des bits dans des octets du Mot de contrôle

Fonctions de lecture et d'écriture

Les protocoles MODBUS® et JBUS® pour la gamme TU permettent de lire l'information par bits ou par mots, mais ils assurent **l'écriture par mots** seulement.

Les gradateurs de la gamme TU possèdent les **8** fonctions de lecture ou d'écriture regroupées dans le tableau 3-1.

Destination	Fonction		Nombre de bits ou de mots	Type de données
	Numéro	Code (HEX)		
Lecture	1	01	n bits	Sortie ou internes Entrée (alarme ou indication)
	2	02		
	3	03	n mots	Sortie ou internes Entrée
	4	04		
7	07	8 bits (un octet)	Lecture rapide de 8 bits prédéfinis (Alarmes)	
Ecriture	6	06	1 mot	Statut «Ecrire» ou «Lire et Ecrire»
	16	10	n mots Limité à n = 1 pour gamme TU	
Diagnostic	8	08	Raccordement à certains systèmes	

Tableau 3-1 Fonctions de lecture et d'écriture

La communication numérique pour la gamme TU ne fait pas de distinction au niveau du type de bit ou de mot. Voilà pourquoi on peut utiliser les fonctions **1** et **2** pour lire des bits de sortie ou internes et des bits d'entrée. Il est possible ainsi d'utiliser les fonctions **3** et **4** pour lire des mots de sortie ou internes ou des mots d'entrée.

La modification du code de la fonction par un Esclave indique une erreur de transmission.

LECTURE D'UNE INFORMATION

Pour lire une information par bits ou par mots il faut utiliser les codes des fonctions **01** à **04** et **07** (voir tableau 3-1).

Lecture de n bits

Pour les gradateurs de la gamme **TU** ce sont les bits des deux octets du Mot d'état qui sont lus.
 Les **adresses** des bits du Mot d'état pour les protocoles MODBUS® et JBUS® sont présentées sur la page 4-11.

La lecture de **n** bits d'information est effectuée par les fonctions **1** et **2** qui sont strictement **équivalentes**.

La trame de **demande** est composée de **8 octets** et a le format suivant :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Adresse du 1-er bit à lire	Nombre n de bits à lire	Mot de contrôle
(NES)	(01 ou 02)	(CHI)		(CRC)
1 octet	1 octet	2 octets	2 octets	2 octets

Le nombre **n** des bits à lire est contenu dans un intervalle $1 \leq n \leq 16$.

Pour le protocole MODBUS® les adresses de bits à lire doivent être :

supérieures ou égales à **00 HEX** et inférieures ou égales à **0F HEX**

Pour le protocole JBUS® les adresses des bits à lire doivent être :

supérieures ou égales à **01 HEX** et inférieures ou égales à **10 HEX**

L'arrangement des octets dans une adresse ou dans nombre de bits :

Octet de Poids Fort (PF)	Octet de poids faible (pf)
-----------------------------------	-------------------------------------

La **réponse** d'Esclave est constituée par la trame de **N** octets.

$$N = 5 + NO$$

où : **NO** - Nombre d'Octets lus.
NO = 1 quand **n ≤ 8**
NO = 2 quand **n ≥ 8**

Le format de la trame de **réponse** :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Nombre d'octets lus	1-er octet lu	Deuxième octet lu	Mot de contrôle
(NES)	(01 ou 02)	(CHI)			(CRC)
1 octet	1 octet	1 octet	1 octet	1 octet	2 octets

Le **premier** bit transmis est à **droite** de l'octet lu et les bits **non utilisés** dans l'octet sont mis à **zéro**.

Lecture rapide d'un octet

La lecture **rapide** est utilisée pour recevoir les informations sur l'état des **alarmes** d'une voie. La lecture rapide est effectuée par la fonction **7**.

Les adresses des **8** bits concernés (octet de Poids Fort du Mot d'état) accessibles en lecture rapide par la fonction **7**, sont fixées dans le coupleur d'Esclave.

Dans la communication numérique de la gamme **TU**, les bits d'alarmes de la voie concernée sont regroupés de **8 à 15** (de **08_{HEX}** à **0F_{HEX}** pour le protocole MODBUS® et de **09_{HEX}** à **10_{HEX}** pour le protocole JBUS®) comme il est expliqué dans le tableau 4-6, page 4-11.

La trame de **demande** est composée de **4** octets et a le format suivant :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Mot de contrôle
(NES)	(07)	(CRC)
1 octet	1 octet	2 octets

La trame de **réponse** est composée de **5** octets dans le format suivant :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Octet de Poids Fort du Mot d'état	Mot de contrôle
(NES)	(07)	(CHI)	(CRC)
1 octet	1 octet	1 octet	2 octets

Lecture de n mots

La lecture d'information de **n** mots (lecture par **paquet** de **n** paramètres) est effectuée par les fonctions **3** et **4**. Dans la gamme **TU** les fonctions **3** et **4** sont rigoureusement **équivalentes**.

Le nombre **n** de mots (des paramètres de fonctionnement) à lire doit être $1 \leq n \leq 12$ (**01_{HEX}** à **0C_{HEX}**). Les adresses des mots de la gamme TU d'après les protocoles MODBUS® /JBUS® sont présentées dans le tableau 4-3 (page 4-7).

Toutes les données dans le champs d'information des fonctions **3** ou **4** sont transmises en **2 octets**.

Le format de la trame de **demande** qui est composé de **8** octets, est représenté ci-dessous :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Adresse du 1-er mot	Nombre de mots (n)	Mot de contrôle
(NES)	(03 ou 04)	(CHI)		(CRC)
1 octet	1 octet	2 octets	2 octets	2 octets

La trame de **réponse** a **N** octets. $N = 5 + 2n$, où **n** - nombre de mots lus.

Le format de trame est le suivant :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Nombre d'octets lus (2n)	Valeur du 1-er mot lu	...	Valeur du dernier mot lu	Mot de contrôle
(NES)	(03 ou 04)	(CHI)				(CRC)
1 octet	1 octet	1 octet	2 octets	...	2 octets	2 octets

EXEMPLES DE LECTURE

Exemple 1. Lecture de n bits

Lire les bits de 04_{HEX} à 0F_{HEX} du Mot d'état d'une voie 2 du gradateur TU1470, dont la voie 1 est à l'adresse 4; fonction de lecture code 01, protocole JBUS®

Adresse physique d'une voie indiquée : 05_{HEX}
 Adresse (à 2 octets) du premier bit à lire : 00 04
 Nombre de bits à lire : 0F_{HEX} - 04_{HEX} = 0C_{HEX} (ou 00 0C à 2 octets)
 Nombre d'octets lus : 02 (parce que 0C_{HEX} > 8)

Trame de demande (en Hexadécimal) : 05 01 00 04 00 0C (CRC)

Trame de réponse (en Hexadécimal) : 05 01 02 0 E A 9 (CRC)

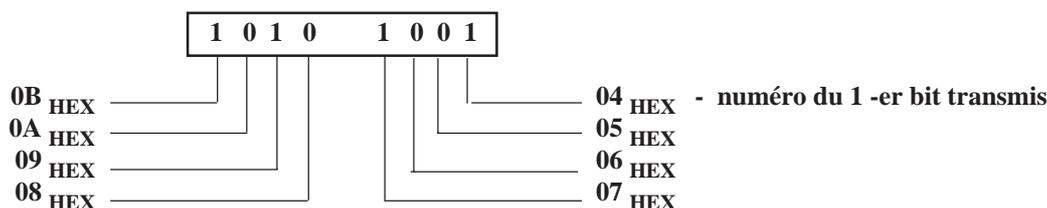
Rappel

L'information est transmise en Binaire, sa représentation est donnée en Hexadécimal

Réponse contenue dans le champ d'information (CHI) : Mot d'état 0 E A 9

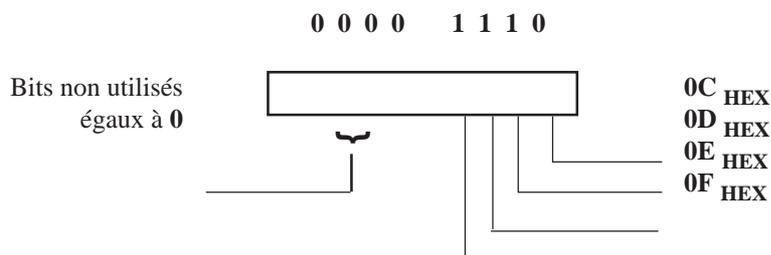
La valeur de l'octet de poids faible est : A_{HEX} 9_{HEX} soit en binaire : 1010 1001

Les numéros de bits du Mot d'état sont transmis à partir du 1-er bit demandé par le Superviseur (soit bit N° 04_{HEX}).



Dans CHI la valeur de l'octet de Poids Fort est : 0_{HEX} E_{HEX} soit en binaire : 0000 1110

En continuant le calcul des numéros de bits



Selon le tableau 4-5, page 4-11, qui donne la désignation des bits du Mot d'état (voir l'adressage des bits selon le protocole JBUS®), l'information reçue - numéraux des bits et leurs valeurs - signifie :

Octet de poids faible : régulation en U x I; ni surtension ni sous-tension; consigne numérique; charge résistive; la voie 2 du gradateur est inhibée; pas de surcharge; court-circuit des thyristors de la voie adressée.

Octet de Poids Fort : limitation de courant non active; alarme surintensité active; détection de TLF; détection de la rupture partielle de charge réglée.

Exemple 2. Lecture rapide

Lire l'état des alarmes de l'Esclave N° 4.

L'octet concerné est l'octet de Poids Fort du Mot d'état.

La fonction de lecture rapide d'un octet - code **07**.

Trame de demande (en Hexadécimal) : **04 07 42 B2**

Trame de réponse (en Hexadécimal) : **04 07 40 33 C1**

(Les codes **42 B2** et **33 C1** dans les trames de demande et d'écriture sont des Mots de contrôle).

Le champ d'information **CHI** = 4_{HEX} 0_{HEX} ou en binaire : **0100 0000**

Suivant la désignation des bits de Mot d'état (voir tableau 4-5) l'octet de Poids Fort reçu signifie :

détection de la rupture partielle de charge ajustée ; aucune alarme active.

Exemple 3. Lecture de n mots

Lire 2 mots (valeur des 2 paramètres) : Tension de charge et le suivant. Esclave N°12, fonction de lecture code 03, protocole MODBUS®

Le numéro de l'Esclave adressé en Hexadécimal : $0C_{\text{HEX}}$

L'adresse du paramètre Tension de charge en protocole MODBUS® en 2 octets est : 0005_{HEX} (tableau 4-3, page 4-7).

Sous l'adresse suivante (selon la demande de lecture) dans le tableau 4-3 se trouve le paramètre Courant de charge.

Nombre de mots à lire : **0002** (en 2 octets);
nombre d'octets lus : $0002 \times 2 = 0004$

La trame de demande (en Hexadécimal) : **0C 03 0005 0002** (CRC)

La trame de réponse (en Hexadécimal) : **0C 03 0004 0 3 E 0 0 2 A C** (CRC)

La valeur du 1-er mot lu : 0_{HEX} 3_{HEX} E_{HEX} 0_{HEX}
En binaire : **0000 0011 1110 0000** ou en décimal - **992**

La valeur du 2-ème mot lu : 0_{HEX} 2_{HEX} A_{HEX} C_{HEX}
En binaire : **0000 0010 1010 1100** ou en décimal - **684**

Alors, l'Esclave N°12 répond : la Tension de charge (adresse 05) est **99%** (à 0,5% près)

le Courant de charge (adresse 06) est **68,5%** (à 0,5% près).

ECRITURE D'UNE INFORMATION

L'écriture des valeurs des paramètres est effectuée par les fonctions **6** et **16**.

Pour la communication numérique de la gamme TU, la fonction **6** et la fonction **16** sont fonctionnellement **équivalentes**.

Il est cependant préférable d'utiliser la fonction **6** (lorsque le coupleur le permet) la trame étant moins longue, la transaction est plus rapide.

Ecriture d'un mot

Par la fonction **6**, on peut écrire la valeur d'un de ces quatre paramètres des gradateurs de la gamme TU :

- la Consigne numérique
- la Consigne en attente (pour changement rapide de la consigne en cours)
- la Consigne de limitation de courant
- les Codes de commande.

La trame de **demande** d'écriture d'un mot est composée de **8** octets dans le format suivant :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Adresse du mot	Valeur du mot	Mot de contrôle
(NES)	(06)	(CHI)		(CRC)
1 octet	1 octet	2 octets	2 octets	2 octets

La disposition des bits dans un octet est présentée dans les figures 3-1 et 3-2 (page 3-4).

La **réponse** est un **écho** de la demande indiquant la prise en compte par le Gradateur de la valeur contenue dans la demande et le format de trame de réponse est le même que celui de la demande .

La réponse ne sera pas émise si les paramètres diffusables (Consigne numérique et Codes de commande) sont envoyés à l'adresse de diffusion.

Ecriture de n mots

C'est par la fonction numéro **16** qu'on peut écrire n mots.

Pour la communication numérique de la gamme TU l'interface n'autorise l'utilisation de la fonction **16** que pour l'écriture d'**un seul mot**. Ce qui la rend **identique** fonctionnellement à la fonction **6**. Tout ce qui a été écrit pour la fonction **6** dans la page 3-9 est valable pour la fonction **16**.

Seule l'architecture des trames est différente. La trame de **demande** comporte **11** octets.

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Adresse du mot	Nombre de mots (n = 1)	Nombre d'octets (2)	Valeur du mot	Mot de contrôle
(NES)	(10 _{HEX})	(CHI)				(CRC)
1 octet	1 octet	2 octets	2 octets	1 octet	2 octets	2 octets

La **réponse** n'est pas un simple écho, elle est constituée par **8** octets de la manière suivante :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Adresse du mot	Nombre de mots écrits (00 01)	Mot de contrôle
(NES)	(10 _{HEX})		(CHI)	(CRC)
1 octet	1 octet	2 octets	2 octets	2 octets

Comme pour la fonction **6**, cette réponse n'est pas envoyée si le numéro de l'Esclave est l'adresse de diffusion : (NES = 00).

Exemples d'écriture d'une information

Exemple 1. Ecriture d'un mot (fonction 6)

Mettre le paramètre Limitation de courant à 74% pour l'Esclave N°5
Utiliser la fonction 6. Protocole MODBUS®

La consigne de Limitation de courant est à l'adresse : **0002_{HEX}** (tableau 4-3, en 2 octets).

La valeur de 74% en format utilisé est : **0740**
 ou en binaire en 2 octets : **0000 0010 1110 0100**

Cela correspond au code Hexadécimal : **0 2 E 4**

Alors, la demande du Maître : **05 06 0002 0 2 E 4 (CRC)**

Réponse : **05 06 0002 0 2 E 4 (CRC)**

La réponse-écho indique que la transmission est **correcte** et que l'Esclave **N°5** travaille depuis la réception de la trame d'écriture avec le seuil de la limitation de courant **envoyé**.

Exemple 2. Ecriture d'un mot (fonction 16)

**Mettre la Consigne numérique de l'Esclave N°4 à 98%.
Utiliser la fonction 16. Protocole MODBUS®**

Le code de fonction **16** en hexadécimal est : **10_{HEX}**

L'adresse du paramètre Consigne numérique en protocole MODBUS® en 2 octets est : **0000**

Nombre de mots à écrire (en 2 octets) : **0001**

La valeur de **CHI = 98 %** en format de MODBUS® égale : **0980**
 En binaire en 2 octets : **0000 0011 1101 0100**
 Cette valeur correspond au code hexadécimal : **0 3 D 4**

Trame de demande (en Hexadécimal) : **04 10 0000 0001 02 0 3 D 4 (CRC)**

Trame de réponse (en Hexadécimal) : **04 10 0000 0001 (CRC)**

La réponse indique que la valeur demandée (98%) de la Consigne numérique (adresse **0000**) est écrite par la fonction 16 (code **10_{HEX}**) dans l'Esclave N°4.

FONCTION DE DIAGNOSTIC

La fonction **8** (la fonction de diagnostic) est réduite dans la communication de la gamme TU à sa plus simple expression. Elle n'est utilisée que pour permettre le **raccordement** à certains coupleurs qui nécessitent cette fonction.

Le Maître émet la trame suivante de 8 octets :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Mot fixe	Sous-code	Mot de contrôle
(NES)	(08)	(00 00)	(00 00)	(CRC)
1 octet	1 octet	2 octets	2 octets	2 octets

La réponse est un écho de la demande indiquant la prise en compte par le Gradateur de la demande de raccordement émise par le Maître. Le sous-code n'est pas traité.

Le gradateur adressé n'émet sa trame de réponse en écho que si le Mot de contrôle est correct.

CONTRÔLE DE MESSAGE

Les protocoles MODBUS® / JBUS® prévoient le contrôle du message par le Mot de contrôle - «checksum» - **CRC (Cyclic Redundancy Check)** dans les **deux derniers octets** de chaque trame de lecture et d'écriture. On utilise ainsi le nom **CRC16** pour préciser la longueur du Mot de contrôle à **16 bits**.

Dans le CRC , le 1-er octet émis est celui des poids **faibles** (voir figure 3-2, page 3-4).

Le calcul du Mot de contrôle CRC est présenté par le schéma de la figure 3-3.

Sur cette figure le signe \oplus représente l'opération «**OU exclusif**» et le **n** - le nombre de bits d'information.

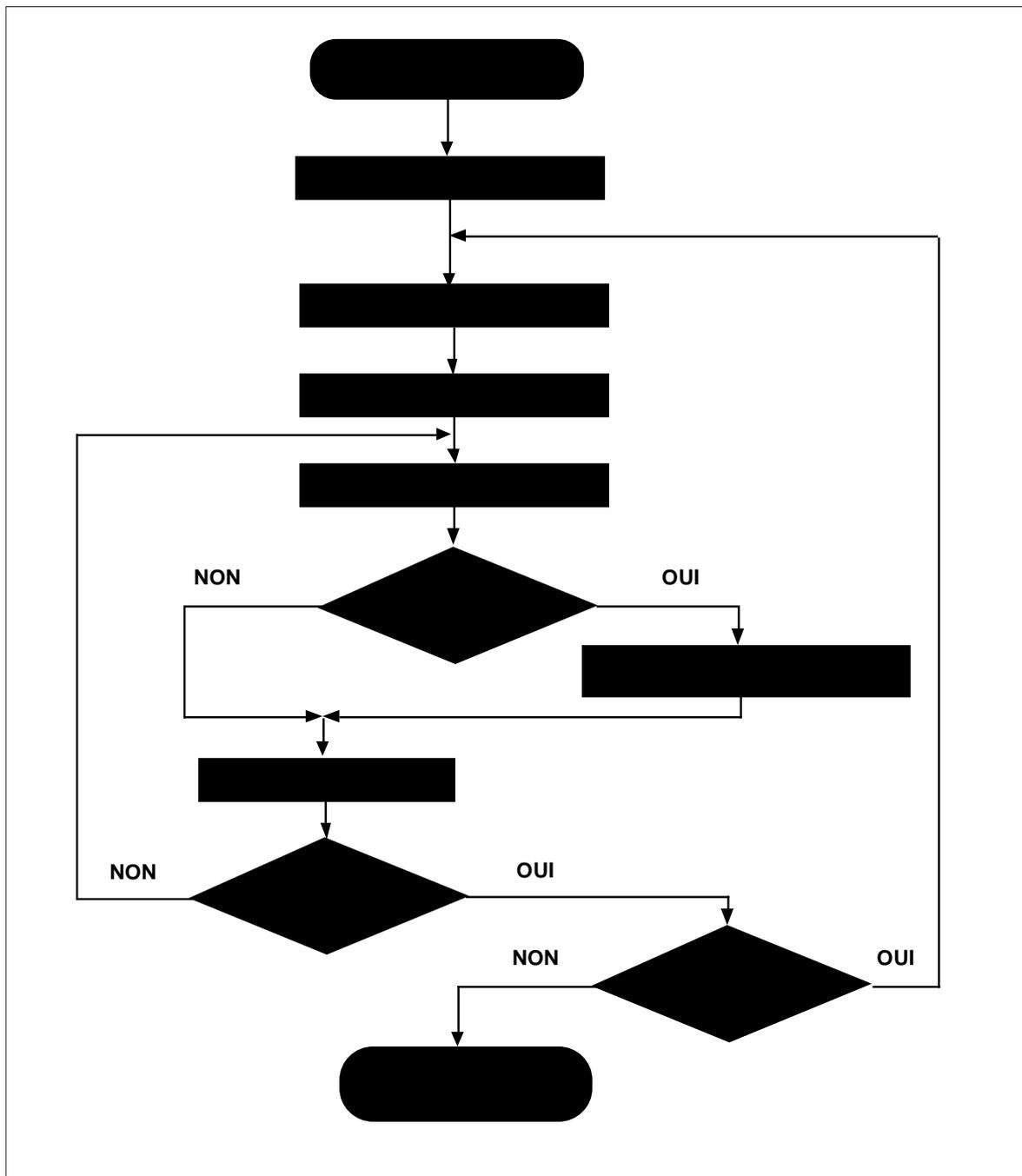


Figure 3-3 Schéma du calcul du Mot de contrôle CRC

Exemple de développement du mot de contrôle CRC

Vérifier le Mot de contrôle pour le message de l'exemple de lecture rapide (page 3-8) : **04 07**

42 B2

Le checksum du message est le résultat de la dernière ligne du calcul, après le 8-ème décalage.

Initialisation registre CRC	1111	1111	1111	1111	FLAG
⊕ du 1-er octet transmis (04)				0100	
Résultat	1111	1111	1111	1011	1
FLAG = 1					
Décalage 1	0111	1111	1111	1101	
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
	1101	1111	1111	1100	0
Décalage 2	0110	1111	1111	1110	0
FLAG = 0					
Décalage 3	0011	0111	1111	1111	1
FLAG = 0					
Décalage 4	0001	1011	1111	1111	
FLAG = 1					
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
	1011	1110	1111	1110	0
FLAG = 0					
Décalage 5	0101	1101	1111	1111	1
FLAG = 0					
Décalage 6	0010	1110	1111	1111	
FLAG = 1					
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
	1000	1110	1111	1110	0
FLAG = 0					
Décalage 7	0100	0111	0111	1111	1
FLAG = 0					
Décalage 8	0010	0011	1011	1111	
FLAG = 1					
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
	1000	0011	1011	1110	(n=8)
⊕ le 2-ème octet transmis (07)				0111	
	1000	0011	1011	1001	1
FLAG = 1					
Décalage 1	0100	0001	1101	1100	
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
	1110	0001	1101	1101	1
FLAG = 1					
Décalage 2	0111	0000	1110	1110	
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
	1101	0000	1110	1111	1
FLAG = 1					
Décalage 3	0110	1000	0111	0111	
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
	1100	1000	0111	0110	0
FLAG = 0					
Décalage 4	0110	0100	0011	1011	1
FLAG = 0					
Décalage 5	0011	0010	0001	1101	
FLAG = 1					
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
	1001	0010	0001	1100	0
FLAG = 0					
Décalage 6	0100	1001	0000	1110	0
FLAG = 0					
Décalage 7	0010	0100	1000	0111	1
FLAG = 0					
Décalage 8	0001	0010	0100	0011	
FLAG = 1					
⊕ A001	1010	0000	0000	0001	
Résultat	:	1011	0010	0100	0010 (n=8)
en Hexadécimal	:	B _{HEX}	2 _{HEX}	4 _{HEX}	2 _{HEX}

Tableau 3-2 Calcul du Mot de contrôle du message **04 07**

L'octet de poids **faible** du CRC apparaît **à gauche** du résultat (rappelons que les octets du CRC sont disposés de gauche à droite) donc, le checksum du message 04 07 est **CRC = 42 B2 ce** qui correspond à l'exemple.

CODES D'ERREURS

Les erreurs de transmission sont indiquées par des codes envoyés par l'Esclave pendant le message-réponse. Dans ce cas-là, il **ajoute** le nombre **128** (**80_{HEX}** ou **1000000** en binaire) au code de fonction.

La trame de message-réponse est constituée par **5** octets et a la structure et le format suivants :

Numéro d'Esclave	Code de fonction	Code erreur	Mot de contrôle
(NES)	(CF+80_{HEX})	(voir tableau 3-3)	(CRC)
1 octet	1 octet	1 octet	2 octets

Les codes d'erreurs pour la communication de la gamme TU sont regroupés dans le tableau 3-3.

Type d'erreurs	Code	Description
Définie	01	Fonction invalidée
	02	Adresse hors gamme
	03	Donnée hors définition
	04	L'Esclave n'est pas prêt (l'EEPROM est occupée)
	08	Paramètre à modifier protégé contre l'écriture
Indéfinie	07	Erreur non définie par les codes 01 à 04, et 08

Tableau 3-3 Codes d'erreurs de la communication

Le code **01** apparaît quand les codes de fonction sont hors des valeurs **01** à **04**, **06** à **08** et **10_{HEX}**.

Le code **02** signifie que les adresses ne sont pas de **00** à **0C_{HEX}** pour les mots ou de **00** à **0F_{HEX}** pour les bits en protocole **Modbus®** (rappelons, que pour le protocole **Jbus®** les adresses sont supérieures de + **1** à celles de **Modbus®**).

Le code **03** indique que les données ne correspondent pas à leur format, par exemple, la demande de la Consigne numérique est supérieur à 1000 (voir le tableau 4-3).

Le code **04** indique une tentative d'écriture en mémoire permanente (**EEPROM**) alors que celle-ci est déjà occupée ou en cours d'écriture.

Le code **07** correspond à un caractère **NAK** (réception négative). Il indique les demandes incorrectes, par exemple :

- demande de mode de conduction des thyristors **Angle de phase** pour les gradateurs de la série **TU1000** qui ne fonctionnent qu'en mode Train d'ondes ou en Syncopé,

ou bien l'ignorance de certaines alarmes, par exemple :

- demande du régime **Train d'ondes** avec limitation du courant **active** tandis qu'en Train d'ondes le dépassement du seuil d'intensité inhibe le fonctionnement du gradateur (voir page 5-13, action de la limitation de courant).

Le code **08** apparaît quand on envoie la demande d'écriture d'une variable ayant le statut **RO** (lecture seulement).

De plus, il existe une **condition** où l'on peut supposer qu'il y a une erreur de transmission. C'est la condition **Non Réponse**, quand aucun Esclave ne répond, qui apparaît dans les cas suivants:

- CRC du message venant sur l'Esclave **incorrect**;
- transmission à l'adresse **00** : l'absence de réponse en diffusion est alors tout à fait normale ;
- tentative d'écriture en diffusion d'un paramètre autre que les paramètres diffusables (Consigne numérique, Consigne en attente ou Codes de commande), la commande n'est pas validée;
- la capacité du «**buffer**» dépassée (le nombre de caractères reçus par l'Esclave est supérieur à **11**), la trame est invalidée.

Chapitre 4

APPLICATION DES PROTOCOLES AUX GRADATEURS TU

Sommaire	page
Caractéristiques générales de la gamme TU	4-2
Charge monophasée	4-2
Charge triphasée	4-2
Noms des modèles	4-3
Modèles disponibles	4-4
Paramètres de fonctionnement	4-5
Protocole EUROTHERM - mnémonique de paramètres	4-6
Protocoles MODBUS® / JBUS® -adresses des paramètres	4-7
Adressage des voies à thyristors	4-8
Généralités	4-8
Détermination de l'adresse	4-9
Adresse de la diffusion des paramètres	4-9
Mot d'état	4-10
Généralités	4-10
Caractéristiques et adresses des bits	4-10
Codes de commande	4-12
Temps de réponse	4-14

Chapitre 4 APPLICATION DES PROTOCOLES AUX GRADATEURS TU

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA GAMME TU

Les gradateurs de puissance à thyristors de la gamme TU sont des appareils destinés à contrôler la puissance dans des charges résistives à faible ou à fort coefficient de température ou dans des éléments infrarouges courts.

La gamme TU se compose de **trois** séries conçues pour des charges mono et triphasées.

Charge monophasée

Série TU1000

La série de gradateurs TU1000 est destinée aux charges monophasées :

- à faible variation de résistance (par exemple, alliages métalliques, fer-nickel-chrome-aluminium),
- aux émetteurs infrarouges dans les domaines tels que : agroalimentaire, textile, verres ...

Ces applications acceptent la régulation par séquences de **périodes entières** de conduction ou de nonconduction des thyristors.

Série TU1001

La série de gradateurs TU1001 est conçue pour contrôler les charges monophasées complexes :

- à variation importante de résistance (par exemple, carbure de silicium ou graphite),
- à faible résistance à froid (comme le bisulfure de molybdène, platine, molybdène, tungstène ou oxyde de zirconium),
- les émetteurs infrarouges pour le séchage de la peinture d'automobile ou dans la papeterie,
- les primaires de transformateurs.

Ces applications demandent la régulation à l'intervalle de chaque période, c'est à dire, la **variation de l'angle** de conduction des thyristors.

Les séries **TU1000** et **TU1001** se composent des gradateurs ayant :

- une voie à thyristors pour une charge monophasée, ou
- deux voies à thyristors pour deux charges monophasées indépendantes, ou
- quatre voies à thyristors pour quatre charges monophasées indépendantes.

Charge triphasée

Série TU2000

La série **TU2000** est destinée à contrôler **2** phases des charges triphasées, montées en triangle fermé ou en étoile sans neutre. Le type des charges est le même que pour la série TU1000.

La série **TU2000** réunit les gradateurs contrôlant 2 phases d'**une** ou de **deux** charges triphasées indépendantes.

Noms des modèles

Le **nom** du modèle des gradateurs désigne :

- le type de contrôle (monophasé ou contrôle deux phases),
- le nombre de charges indépendantes pouvant être pilotées par unité,
- le type de déclenchement des thyristors
- les gammes de courants et de tensions.

Le nom de chaque modèle se compose de **quatre** chiffres précédés du nom de la gamme **TU**.

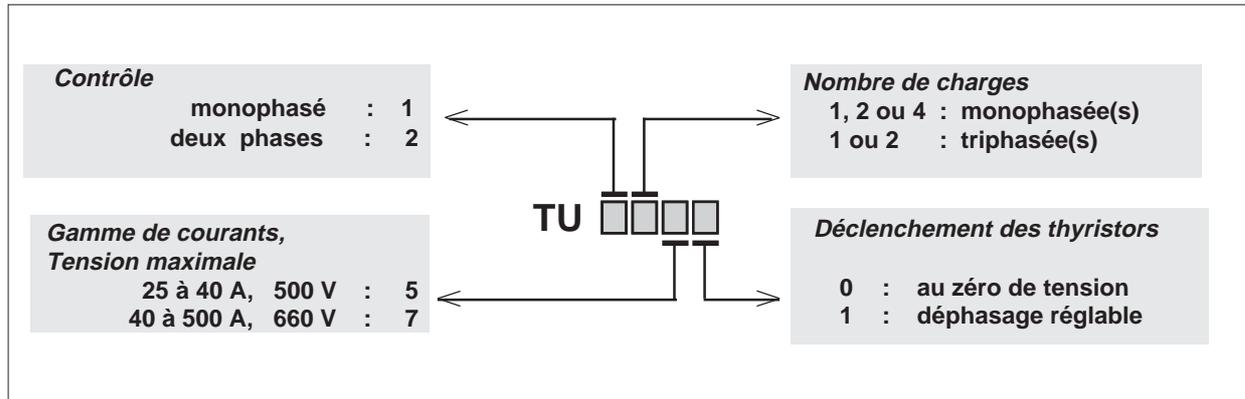


Figure 4-1 Composition du nom du modèle des gradateurs

Les caractéristiques principales des modèles des gradateurs de la gamme TU sont regroupées dans le tableau 4-1, (page suivante). Ce tableau présente les modèles des gradateurs de la gamme TU en précisant :

- la gamme de courants,
- la tension maximale,
- le type de déclenchement,
- les modes de conduction des thyristors
- l'existence d'un refroidissement forcé (présence d'un ventilateur).

Les gradateurs de la gamme TU possèdent, **suivant la série**, deux types de déclenchement des thyristors :

- au **zéro** de tension
- à **déphasage** réglable d'amorçage

et quatre modes de conduction des thyristors :

- variation d'angle de conduction - **Angle de phase**
- modulation du nombre des périodes passantes ou bloquées sur la base de 8 périodes - **Train d'ondes**
- train d'ondes sur la base d'une période - **Syncopé**
- train d'ondes avec la variation d'angle de conduction durant les 4 premières périodes - **Démarrage progressif**.

Les modes de conduction des thyristors sont décrits plus précisément dans le chapitre «Utilisation des gradateurs TU» (pages 5-10 et 5-11).

Modèle disponibles

Série	Déclenchement des thyristors	Nombre de charges	Modèle	Gamme de courants (A)	Tension max (V)	Modèles ventilés (A)	Mode de conduction des thyristors
TU1000	Au zéro de tension	1	TU1170	40 à 125	500 660	125	<ul style="list-style-type: none"> • Train d'ondes 1 période (Syncopé) • Train d'ondes 8 périodes
				200 et 250	500 660	200 à 500	
				315 à 500	660	500	
		2	TU1270	40 à 125	500 660	100 à 125	
				200 et 250	660	200 à 500	
				315 à 500	660		
4	TU1450	25 à 40	500	-			
	TU1470	40 à 125	500 660	60 à 125			
TU1001	A déphasage réglable	1	TU1171	40 à 125	500 660	125	<ul style="list-style-type: none"> • Angle de phase • Train d'ondes 1 période (Syncopé) • Train d'ondes 8 périodes • Démarrage progressif en Angle de phase
				200 et 250	500 660	200 à 500	
				315 à 500	660	500	
		2	TU1271	40 à 125	500 660	75 à 125	
				200 et 250	660	200 à 500	
				315 à 500	660		
4	TU1451	25 à 40	500	25 à 40			
	TU1471	40 à 125	500 660	40 à 125			
TU2000	Au zéro de tension	1	TU2170	40 à 125	500 660	100 et 125	<ul style="list-style-type: none"> • Train d'ondes 1 période (Syncopé) • Train d'ondes 8 périodes
				200 et 250	660	200 à 500	
				315 à 500	660		
		2	TU2250	25 à 40	500	-	
			TU2270	40 à 125	500 660	60 à 125	

Tableau 4-1 Modèles des gradateurs TU

Nota : Pour la tension 660 V consulter votre Agence Eurotherm

Les gradateurs de la gamme **TU** sont équipés d'une carte à microprocesseur (Carte de Contrôle et de Communication - Carte **CCC**). La Carte **CCC** permet d'utiliser la **régulation** de puissance, d'obtenir différents **modes de conduction** des thyristors et de réaliser le **dialogue** avec un système de contrôle et commande (par l'intermédiaire d'un bus de communication). La Carte **CCC** assure une **supervision** de la tension, du courant et de la charge .

Suivant la configuration de la Carte **CCC**, le gradateur peut être utilisé avec des **signaux analogiques** contrôlant séparément les voies à thyristors, ou être piloté par un Superviseur à distance au moyen de **signaux numériques** transmis grâce à la liaison numérique intégrée. Les signaux analogiques d'entrée ont

- quatre niveaux en tension : **0 - 5 V**; **1 - 5 V**; **0 - 10 V** et **2 - 10 V**
- deux niveaux en courant : **0 - 20 mA** et **4 - 20 mA**.

La Carte **CCC** assure deux modes de **régulation** de puissance ayant comme contre-réaction :

- la tension de charge - U^2 ou
- la puissance consommée - $U \times I$.

PARAMÈTRES DE FONCTIONNEMENT

Les **paramètres** de fonctionnement du gradateur déterminent :

les consignes, les courants et la tension de charge, la tension de ligne et la calibration de chaque voie du gradateur *).

Dans la gamme TU les consignes suivantes sont utilisées en standard :

- la **Consigne numérique** qui décrit la demande de puissance envoyée par la communication numérique,
- la **Consigne analogique** venant par l'entrée analogique de la carte microprocesseur,
- la **Consigne en attente** qui constitue la demande de puissance pour transfert rapide (remplacement) en consigne numérique en cours.

Pour déterminer le régime du gradateur, la communication numérique utilise les **valeurs efficaces** :

- du courant dans la charge (**Courant charge**),
- de la tension aux bornes de sortie (**Tension charge**),
- de la tension du réseau utilisée (**Tension ligne**).

Pour la régulation la gamme TU utilise les paramètres présentés ci-dessous :

- la **Grandeur de régulation**, qui présente une contre-réaction $U \times I$ ou U^2 ,
- la valeur de sortie du régulateur interne (**Demande de puissance**) qui correspond :
 - à la demande d'ouverture des thyristors en mode de conduction Angle de phase ou
 - au rapport cyclique en mode de conduction Train d'ondes,
- la fixation de la valeur maximale du courant admissible dans la charge (**Limitation de courant**),
- le courant de calibration de chaque voie à thyristors (**Courant calibré**) qui représente le courant nominal de la charge utilisée, ajusté par les potentiomètres de la face avant du gradateur .

Le paramètre **Mot d'état** décrit le fonctionnement du gradateur et comporte les informations sur les états :

- des alarmes,
- de validation ou d'inhibition d'une voie à thyristors,
- du paramètre de régulation en cours,
- du mode de conduction en cours,
- du type de consigne utilisée.

La **modification** du mode de conduction, de la contre-réaction, de la validation ou inhibition de la voie s'effectue :

- en protocole Eurotherm par l'écriture dans le **Mot d'état** des codes de commandes
- en protocoles Modbus® et Jbus® par l'écriture du paramètre **Codes de commande** (voir page 4-13).

Dans la **version spéciale** de la communication (voir page 5-17) sont utilisés :

- le paramètre **Limitation de consigne** qui limite la puissance demandée par la consigne numérique ou analogique
- le paramètre **Consigne de travail** qui représente la valeur de la consigne résultante après la limitation.

La Consigne numérique et la Consigne en attente sont stockées en **mémoire vive**.

La valeur de la consigne Limitation de courant (et la valeur de la Limitation de consigne en version spéciale) est stockée en **mémoire permanente**.

Les paramètres de fonctionnement sont indiqués :

- par des **mnémoniques** (protocole EURO THERM) ou
- par des **adresses** (protocoles MODBUS® / JBUS®).

Protocole EUROTHERM - mnémoniques des paramètres

*) Le terme utilisé dans les automates pour désigner un paramètre est le mot «registre».

Pour désigner les paramètres de fonctionnement, le protocole de communication EUROTHERM utilise des **mnémoniques** de communication . Les noms des mnémoniques correspondent aux abréviations des noms anglais.

Dans le protocole EUROTHERM les mnémoniques sont transmises en **code ASCII**.

Les mnémoniques utilisées par la communication numérique de la gamme TU sont récapitulées dans le tableau 4-2 . Les mnémoniques sont envoyées pendant la scrutation dans l'ordre **pré-établi** (de **SL** à **SW**) dans lequel elles sont classées dans le tableau présenté ci-dessous.

N°	Paramètre	Mnémonique	Statut	Code ASCII	Format (%)	Stockage en mémoire
1	Consigne numérique	SL (Setpoint Local)	R / W Lire et Écrire	53 4C	0 - 100	Vive
2	Consigne en attente (rapide)	FS (Fast Setpoint)	R / W Lire et Écrire	46 53	0 - 100	Vive
3	Limitation de courant	CL (Current Limit)	R / W Lire et Écrire	43 4C	0 - 100	Permanente
4	Grandeur de régulation	PV (Process Value)	RO - Lire	50 56	0 - 156	-
5	Demande de puissance	OP (Output Power)	RO - Lire	4F 50	0 - 100	-
6	Tension charge	VV (Voltage Value)	RO - Lire	56 56	0 - 125	-
7	Courant charge	CV (Current Value)	RO - Lire	43 56	0 - 125	-
8	Tension de ligne	LV (Line voltage Value)	RO - Lire	4C 56	0 - 125	-
9	Courant calibré	CA (Current Adjust)	RO - Lire	43 41	0 - 100	-
10	Consigne analogique	RI (Remote Input)	RO - Lire	52 49	0 - 100	-
11	Mot d'état	SW (Status Word)	RO - Lire WO - Écrire	53 57 Codes de commande	Binaire Hexa-décimal	-

Tableau 4-2 Mnémoniques des paramètres utilisées par le protocole EUROTHERM

Les mnémoniques **SL**, **FS** et **SW** peuvent être diffusées, c'est à dire, envoyées simultanément à tous les gradateurs branchés sur le même bus de communication.

Protocoles MODBUS® et JBUS® - adresses de paramètres

Selon les protocoles MODBUS® et JBUS® les paramètres de fonctionnement sont déterminés par leur **adresse**. Les adresses des paramètres, envoyées en **binaire**, sont **différentes** pour ces deux protocoles :

- les adresses selon le protocole **JBUS®** sont **supérieures de 1** à celles du protocole **MODBUS®**.

Le tableau 4-3 présente les **adresses des paramètres** (selon les deux protocoles) utilisés en standard, leurs statut et format, ainsi que les fonctions appropriées de Lecture / Ecriture et le stockage en mémoire.

N°	Paramètre	Adresse Hexadécimale		Format	Statut	Fonctions de Lecture / Ecriture	Stockage en mémoire
		Modbus	Jbus				
1	Consigne numérique	00	01	0 - 1000	R / W Lire et Écrire	3, 4, 6, 16	Vive
2	Consigne en attente (rapide)	01	02	0 - 1000	R / W Lire et Écrire	3, 4, 6, 16	Vive
3	Limitation de courant	02	03	0 - 1000	R / W Lire et Écrire	3, 4, 6, 16	Permanente
4	Grandeur de régulation	03	04	0 - 1560	RO - Lire	3, 4	-
5	Demande de puissance	04	05	0 - 1000	RO - Lire	3, 4	-
6	Tension charge	05	06	0 - 1250	RO - Lire	3, 4	-
7	Courant charge	06	07	0 - 1250	RO - Lire	3, 4	-
8	Tension de ligne	07	08	0 - 1250	RO - Lire	3, 4	-
9	Courant calibré	08	09	0 - 1000	RO - Lire	3, 4	-
10	Consigne analogique (externe)	09	0A	0 - 1000	RO - Lire	3, 4	-
11	Mot d'état	0A	0B	Binaire	RO - Lire	1, 2, 3,4,7	-
12	Codes de commande	0B	0C	Hexa-décimale 0 - 0C	WO - Écrire	6, 16	-
					RO - Lire *)	3, 4	

Tableau 4-3 Caractéristiques des paramètres utilisés par les protocoles Modbus® et Jbus®

*) La valeur lue du paramètre Codes de commande n'a pas de signification.

Les paramètres Consigne numérique, Consigne en attente et Codes de commande peuvent être **diffusés** pour tous les gradateurs branchés sur le même bus de communication.

ADRESSAGE DES VOIES A THYRISTORS (ADRESSES PHYSIQUES)

Généralités

Chaque voie a une adresse, l'**adresse physique**, qui identifie l'Esclave dans tous les messages du Maître (vue du Maître, une voie est un Esclave). Une Carte CCC d'un gradateur de la gamme TU peut commander de **une** à **quatre** voies à thyristors .

En protocole Eurotherm, chaque adresse physique d'une voie du gradateur se présente dans les trames de communication par un numéro de **groupe** et un numéro d'**unité**. Un groupe se compose de 16 numéros d'unités. Il existe **16** numéros de groupe; il est donc possible d'adresser **256** voies au total.

En protocoles Modbus® / Jbus® on peut adresser aussi **256** Esclaves.

Mais dans la gamme TU, suivant le modèle, les une, deux ou quatre **premières** adresses ne sont pas utilisées pour l'adressage des voies. Cela signifie que 252 à 255 adresses numérotées sont disponibles comme les adresses physiques des voies de gradateurs.

L'adresse **0** sert à la diffusion (voir page 4-9) et ne peut pas être utilisée comme l'adresse physique d'une voie.

Caractéristique d'adresses	Types des gradateurs				
	Monophasés			Triphasés Contrôle 2 phases	
	Nombre des voies			Nombre des systèmes triphasés	
	1	2	4	1	2
Adresses interdites	0	0 et 1	0 à 3	0	0 et 1
Numéros d'adresses disponibles	1 à 255	2 à 255	4 à 255	1 à 255	2 à 255
Nombre des gradateurs pouvant être adressés	255	127	63	255	127
Adresse de la voie 1 doit être divisible par :	1	2	4	1	2

Tableau 4-4 Caractéristiques d'adresses physiques

Suivant les caractéristiques récapitulées dans le tableau 4-4 :

Gradateur monophasé à 1 voie (TU11) ou contrôlant 2 phases d'un système triphasé (TU21**)**

Chaque gradateur possède 1 adresse physique.

Les adresses des gradateurs sont numérotées de 1 à 255.

Gradateur monophasé à 2 voies (TU12) ou contrôlant 2 phases de deux systèmes triphasés (TU22**)**

Chaque gradateur possède 2 adresses.

Les adresses d'une voie monophasée (ou d'un système triphasé) ont les numéros de 2 à 255.

Gradateurs monophasés à quatre voies à thyristors (TU14)**

Chaque gradateur possède 4 adresses.

Les adresses d'une voie sont numérotées de 4 à 255.

Détermination de l'adresse

Pour chaque gradateur il est nécessaire de configurer l'adresse de la **première** voie.
Cette adresse est déterminée par la position des cavaliers sur la Carte CCC (voir page 5-6).

L'adresse de la première voie doit être **divisible** par le nombre de voies du gradateur (comme indiqué dans le tabl.4-4).

Exemple 1 : Gradateur TU1470 (quatre voies à thyristors)

Les adresses possibles de la voie 1 sont : 4, 8, 12... 252.

Les adresses des voies d'une **même** Carte CCC sont **consécutives**.

Pour un gradateur à deux voies l'adresse de la voie 2 est supérieure de 1 à celle de la voie 1.

Pour un gradateur à quatre voies l'adresse de la voie 3, par exemple, est supérieure de 2 à celle de la voie 1, et l'adresse de la voie 4 - de 3.

Exemple 2 : Gradateur TU1451 (quatre voies à thyristors) , l'adresse de la voie 1 est 92

L'adresse de la voie 2 est **93**,
de la voie 3 est **94**
de la voie 4 est **95**.

Adresse de diffusion des paramètres

Quand l'adresse physique **0** est utilisée (**NES = 0**), le message du Superviseur est traité par **tous** les gradateurs du même bus de communication en même temps (**diffusion**). La diffusion est utilisée pour **écrire uniquement** la nouvelle valeur dans certains paramètres.

En protocole Eurotherm la valeur des **3** paramètres suivants peuvent être envoyés en diffusion :

- la Consigne numérique
- la Consigne en attente
- le Mot d'état

En protocoles Modbus® et Jbus® les paramètres suivants sont diffusables :

- la Consigne numérique
- la Consigne en attente
- les Codes de commande .

L'envoi de la Consigne numérique par diffusion est prioritaire sur les autres consignes, mais sera annulé par une nouvelle écriture dans la consigne en cours.

En protocole **EUROTHERM** lorsque l'adresse **0** est utilisée, un **seul** gradateur **répond** pour tous les autres.

C'est le gradateur dont l'adresse est **4** (quelque soit la série du gradateur).

Ceci implique la **présence** d'un gradateur à l'adresse **4** quand la diffusion est utilisée.

En protocoles **MODBUS®** / **JBUS®** en cas de diffusion **il n'y a pas de réponse**.

MOT D'ÉTAT

Généralités

Le **Mot d'état** contient les informations sur le fonctionnement d'un gradateur et sur l'état des alarmes.

En protocole **EUROTHERM** pour modifier les modes de fonctionnement du gradateur on écrit des codes de commande **dans le Mot d'état**.

En protocoles **MODBUS® / JBUS®** le changement des modes de fonctionnement du gradateur est prévu par l'écriture **dans le paramètre Codes de commande**.

Caractéristiques et adresses des bits du Mot d'état

En mode lecture **chaque bit** du Mot d'état représente un **état particulier** du gradateur (ou d'une voie).

Dans le protocole **EUROTHERM** le Mot d'état est déterminé par la mnémonique **SW**.

Le Mot d'état est formé de **2 octets** transmis en hexadécimal, codés ASCII, précédés du signe supérieur - «>».

Dans les protocoles **MODBUS® / JBUS®** le Mot d'état est déterminé par l'adresse.

Le Mot d'état est formé de **2 octets** transmis en hexadécimal.

Les **8 premiers bits** du Mot d'état sont **communs** à toutes les voies du même gradateur (sauf série TU2000 où le bit numéro 0 indique l'état d'un système triphasé). Ces bits sont regroupés dans l'octet de **poids faible**. La désignation d'un octet de poids faible est :

- pour le protocole EUROTHERM - **SW_L**
- pour le protocole Modbus® les adresses des bits sont de **00** à **07_{HEX}**.

Les **8 bits suivants** du Mot d'état sont **particuliers** à chaque voie pour les gradateurs monophasés (séries TU1000 et TU1001) ou à chaque système triphasé pour les gradateurs triphasés (série TU2000).

Ces bits sont regroupés dans l'octet de **Poids Fort**. La désignation d'un octet de Poids Fort est :

- pour le protocole EUROTHERM - **SW_H**
- pour le protocole Modbus® - les adresses des bits sont de **08** à **0F_{HEX}**.

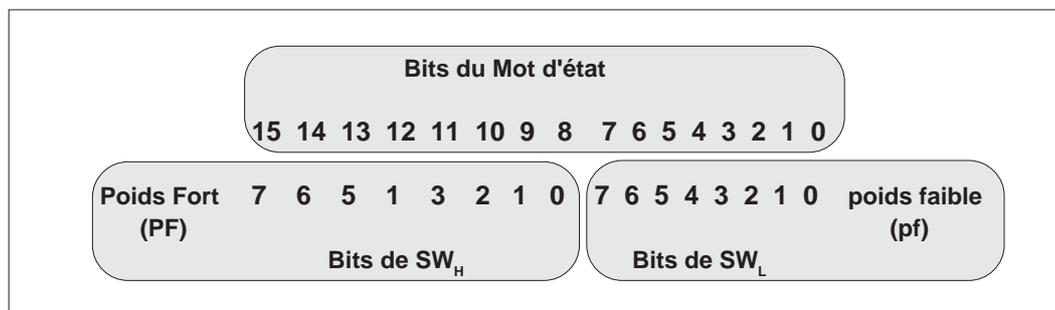


Figure 4-2 Disposition des bits du Mot d'état

En protocoles **MODBUS® / JBUS®** les différents bits du Mot d'état sont accessibles par les fonctions 1 et 2 de lecture. Seuls les bits de l'octet de Poids Fort du Mot d'état sont accessibles par la fonction 7 (lecture rapide).

Les significations de tous les bits du Mot d'état et leurs adresses sont récapitulées dans le tableau 4-5, page suivante.

Destination	Etat des alarmes, des voies à thyristors ou fonctionnement du gradateur		Flag (FG)		Protocole Eurotherm Octet et N° de bit en octet	Adresse (HEX) Protocole	
			Nom	Etat		Modbus	Jbus
Pour une voie ou un système triphasé adressé d'un même gradateur	Détection de rupture partielle de charge		FGPLF	1	SW _H 7	0F	10
	Détection de rupture partielle de charge jamais ajustée		FGNPLF	0	SW _H 6	0E	0F
	TU1000	Détection de rupture totale de charge sur la voie adressée	FGTLF	1	SW _H 5	0D	0E
	TU2000		FGTLF2	1			
	TU1000	Surintensité sur la voie adressée	FGOVC	1	SW _H 4	0C	0D
	TU2000		FGTLF1	1			
	Dépassement du seuil d'intensité sur une voie ou un système adressé		FGLIMI	1	SW _H 3	0B	0C
	TU1000	Court-circuit des thyristors de la voie adressée	FGSCTH	1	SW _H 2	0A	0B
	TU2000		FGSCVT2	1			
	TU1000	Surcharge sur la voie adressée	FGOVL	1	SW _H 1	09	0A
	TU2000		FGSCVT1	1			
	TU1000	Voie adressée validée	FGINH	0	SW _H 0	08	09
	TU1001		Voie adressée inhibée	1			
TU2000	Surcharge d'un système triphasé	FGOVL	1				
Pour toutes les voies ou tous les systèmes triphasés d'un même gradateur	Charge résistive		FGIR	0	SW _L 7	07	08
	Eléments infrarouges courts			1			
	Consigne analogique		FGAN	0	SW _L 6	06	07
	Consigne numérique			1			
	Surtension ligne		FGOVV	1	SW _L 5	05	06
	Sous-tension ligne		FGUNDV	1	SW _L 4	04	05
	Régulation en U ²		FGREGU	0	SW _L 3	03	04
	Régulation en U x I			1			
	Toutes séries	Train d'ondes 8 périodes	FGRAMP	0	SW _L 2	02	03
	TU1001	Train d'ondes avec démarrage progressif	FGRAMP	1			
Train d'ondes 8 périodes		FGLTO	1	SW _L 1	01	02	
Train d'ondes 1 période (Syncopé)			0				
TU1000/1001	Train d'ondes	FGAP	0	SW _L 0	00	01	
TU1001	Angle de phase	FGAP	1				
TU2000	Système triphasé validé	FGINH	0				
	Système triphasé inhibé		1				

Tableau 4-5 Signification des bits du Mot d'état

CODES DE COMMANDE

Les codes de commande assurent les modifications de certains types de fonctionnement des gradateurs.

Suivant la destination des codes de commande ils sont envoyés à une adresse donnée d'une voie ou d'un gradateur, ou à toutes les voies des gradateurs communiqués avec le même bus (à l'aide de l'adresse de diffusion - 0).

Les codes de commande peuvent être diffusés dans **tous** les protocoles.

Les codes de commande de la gamme **TU** définissent :

- pour **toutes les voies** d'un gradateur adressé :

- les modes de conduction des thyristors
- le type de régulation (contre-réaction)
- l'inhibition ou la validation du gradateur
- la demande de réglage de détection de la rupture partielle de charge
- l'acquiescement des alarmes
- le transfert rapide de la Consigne en attente dans la Consigne numérique en cours;

- pour **une voie** adressée :

- l'inhibition ou la validation du fonctionnement.

Bien que la modification du mode de fonctionnement du gradateur dans tous les protocoles est effectuée par le code de commande, l'écriture de celui-ci est différente suivant le protocole.

Dans le protocole **EUROTHERM** le code de commande est écrit dans le Mot d'état et modifie alors le fonctionnement du gradateur.

Dans les protocoles **MODBUS®** et **JBUS®** le code de commande est écrit dans le paramètre Code de commande, présenté par son adresse (voir page 4-7), et modifie le fonctionnement du gradateur.

Cependant, afin d'assurer la compatibilité avec les autres paramètres, le paramètre Codes de commande en protocoles Modbus® et Jbus® répond également aux fonctions de **lecture 3** et **4**. Mais la valeur lue n'a pas de signification, elle est toujours **7FFF_{HEX}** quel que soit le contenu du paramètre.

Dans tous les protocoles (Eurotherm, Modbus® et Jbus®) la **nouvelle configuration**, suite à l'écriture du code de commande, peut être **relue** dans le Mot d'état.

Les codes de commande pour les gradateurs de la gamme **TU** sont présentés dans le tableau 4-6, page suivante. Dans ce tableau le terme «voie» est employé comme la voie à thyristors (nombre de voies : 1, 2 ou 4 - selon le modèle du gradateur). Le terme «système» est employé pour désigner un système triphasé - une partie du gradateur triphasé (série TU2000) composée de 2 voies à thyristors pour un contrôle de 2 phases d'une charge triphasée.

Destination des codes de commande		Valeur des codes			Nombre des voies ou des systèmes *	Remarques
		Décimal	Hexa-décimal	Binaire		
Inhibition		0	00	0000	Toutes les voies / systèmes du gradateur	Pour toutes les séries
		1	01	0001	Voie / système adressé	
Validation		2	02	0010	Toutes les voies / systèmes du gradateur	
		3	03	0011	Voie / système adressé	
Acquittement des alarmes		4	04	0100	Toutes les voies du gradateur	
Demande de réglage du PLF		5	05	0101		
Régulation	U x I	6	06	0110		
	U ²	7	07	0111		
Mode de conduction	Angle de phase	8	08	1000		Seulement pour la série TU1001
	Train d'ondes avec Démarrage progressif	9	09	1001		
	Train d'ondes 1 période (Syncopé) **	10	0A	1010		Pour toutes les séries
	Train d'ondes 8 périodes **	11	0B	1011		
Transfert de la Consigne en attente à la Consigne numérique		12	0C	1100		

Tableau 4-6 Désignation des codes de commande

*) Code envoyé à l'adresse **0** - diffusion pour toutes les voies de tous les gradateurs communiqués au même bus.

) Prise en compte seulement si le courant **ne dépasse pas le seuil d'intensité.

TEMPS DE RÉPONSE

Le temps de transmission de la réponse est le temps d'attente du Maître, le temps pris par un Esclave pour réaliser une transaction complète. C'est à dire, c'est le temps qui peut s'écouler entre le moment à partir duquel un Esclave débute le processus (fin de la question du Maître) jusqu'au moment où il a terminé sa réponse.

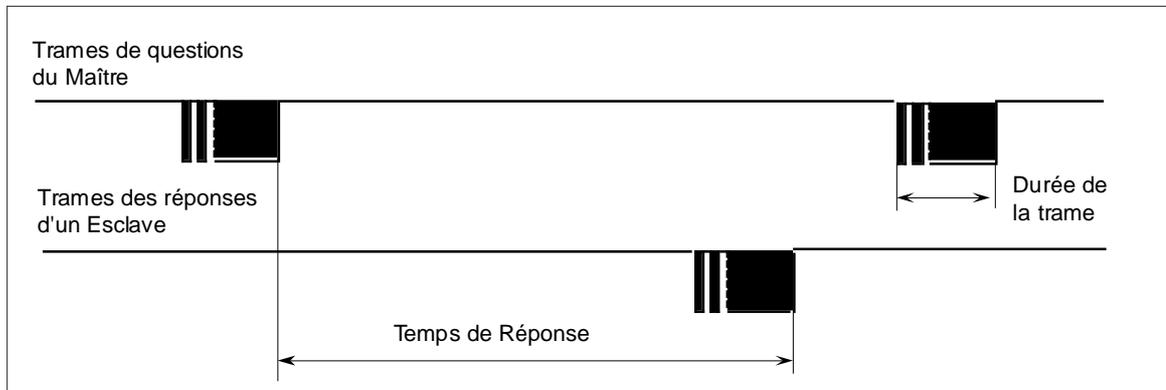


Figure 4-3 Temps de réponse d'un Esclave

Pendant la reconnaissance par L'Esclave si la trame envoyée par le Maître lui est destinée, deux cas peuvent se produire :

- l'Esclave reconnaît son adresse et répond;
- l'Esclave n'est pas concerné; il réinitialise son «buffer» de communication et s'écarte du Maître, ce qui permet de mettre sur le même bus de communication des appareils ayant des temps de Réponse différents.

Le temps mis pour transmettre la Réponse dépend du nombre de données, du format de transmission et de la vitesse de transmission (voir le tableau 4-7).

Type d'échange		Protocole EURO THERM		Protocoles Modbus® / Jbus®	
		Séries TU1000 et TU1001	Série TU2000	Séries TU1000 et TU1001	Série TU2000
Lecture d'un paramètre	9600 bauds 19200 bauds	30 à 40 ms 20 à 30 ms	40 à 60 ms -	30 à 40 ms 20 à 30 ms	40 à 60 ms -
Lecture de n paramètres		Possibilité de scruter les différents paramètres dans un ordre pré-établi		Temps typique de 60 à 80 ms pour 10 paramètres	
Ecriture d'un paramètre	9600 bauds 19200 bauds	Temps typique 10 ms		30 à 40 ms 20 à 30 ms	40 à 60 ms -

Tableau 4-7 Temps de réponse suivant la vitesse de transmission, le protocole et le type de gradateur

Le Maître s'assure que le temps mort entre deux caractères consécutifs d'une trame - Temps Inter Caractères (**TIC**) - soit toujours inférieur à la durée de 3 caractères.

Le TIC égale à **3, 125 ms** max à la vitesse de transmission de 9600 bauds et à **1, 56 ms** max - à 19200 bauds.

Le TIC présente le moyen utilisé par l'Esclave pour se synchroniser. Dès que le TIC devient supérieur à cette limite maximum, la trame en cours est abandonnée et le caractère suivant est considéré comme le début d'une nouvelle trame, c'est à dire comme une adresse. Réciproquement, l'Esclave s'assure que le TIC de la trame de réponse ne dépasse jamais la limite indiquée.

Chapitre 5

UTILISATION DES GRADATEURS TU AVEC COMMUNICATION NUMÉRIQUE

Sommaire	page
Complément sur les cartes électroniques	5-2
Configuration de tension de l'électronique	5-3
Configuration de la Carte CCC	5-5
Cavaliers concernant la communication numérique	5-5
Configuration d'adresse physique du gradateur	5-6
Sélection du mode de conduction des thyristors	5-6
Sélection du type de régulation et du type de charge	5-6
Sélection d'entrée analogique	5-7
Vérification ou changement du protocole	5-8
Configuration de la mémoire permanente (EEPROM)	5-8
Branchement du bus de communication	5-9
Fonctionnement	5-10
Modes de conduction	5-10
Généralités	5-10
Train d'ondes	5-11
Syncopé	5-11
Angle de phase	5-12
Démarrage progressif	5-12
Changement du mode de conduction par communication	5-12
Limitation de courant	5-13
Validation et Inhibition	5-13
Régulation	5-14
Généralités	5-14
Mesure et retransmission des valeurs pour la régulation	5-14
Elaboration de Demande de puissance	5-15
Fonctionnement en cas de rupture de communication	5-16
Version spéciale	5-17
Calibration et diagnostic du gradateur	5-18
Généralités	5-18
Calibration par la communication numérique	5-19
Utilisation de la boîte diagnostique	5-19
Vérification en cas de fonctionnement anormal	5-21

Chapitre 5 UTILISATION DES GRADATEURS TU AVEC COMMUNICATION NUMERIQUE

COMPLÉMENT SUR LES CARTES ÉLECTRONIQUES

Les gradateurs de puissance de la gamme TU à communication numérique sont équipés d'une **Carte microprocesseur**. La Carte microprocesseur, ou la Carte de contrôle et de communication numérique (Carte CCC) permet de dialoguer par l'intermédiaire d'une liaison numérique avec un superviseur ou un régulateur. La Carte CCC assure le type de régulation et le mode de conduction choisis par les cavaliers ou modifiés par la communication numérique.

Chaque gradateur possède une «**Carte alimentation**» pour alimenter l'électronique du gradateur par des signaux de différents niveaux. Sur la Carte alimentation se trouvent le Relais d'alarmes ainsi que le connecteur diagnostique pour le branchement de la boîte diagnostique EURO THERM.

Les gradateurs de la série TU1001 comportent une «**Carte Puissance**» et une «**Carte Déclenchement**» pour chaque voie.

Les gradateurs des séries TU1000 et TU2000 comportent une «**Carte logique de base**» pour toutes les voies (gamme de courants 25 à 40 A, tension maximale 500 V, comme TU1450 et TU2250) ou une «**Carte puissance**» (qui s'appelle également «**Carte logique**») pour chacune des voies à thyristors (gamme de courants 40 à 500 A, tension maximale 660 V, comme les modèles TU1470 et TU2170, par exemple).

Sur la figure suivante est présentée la disposition des cartes électroniques pour les différents modèles des gradateurs.

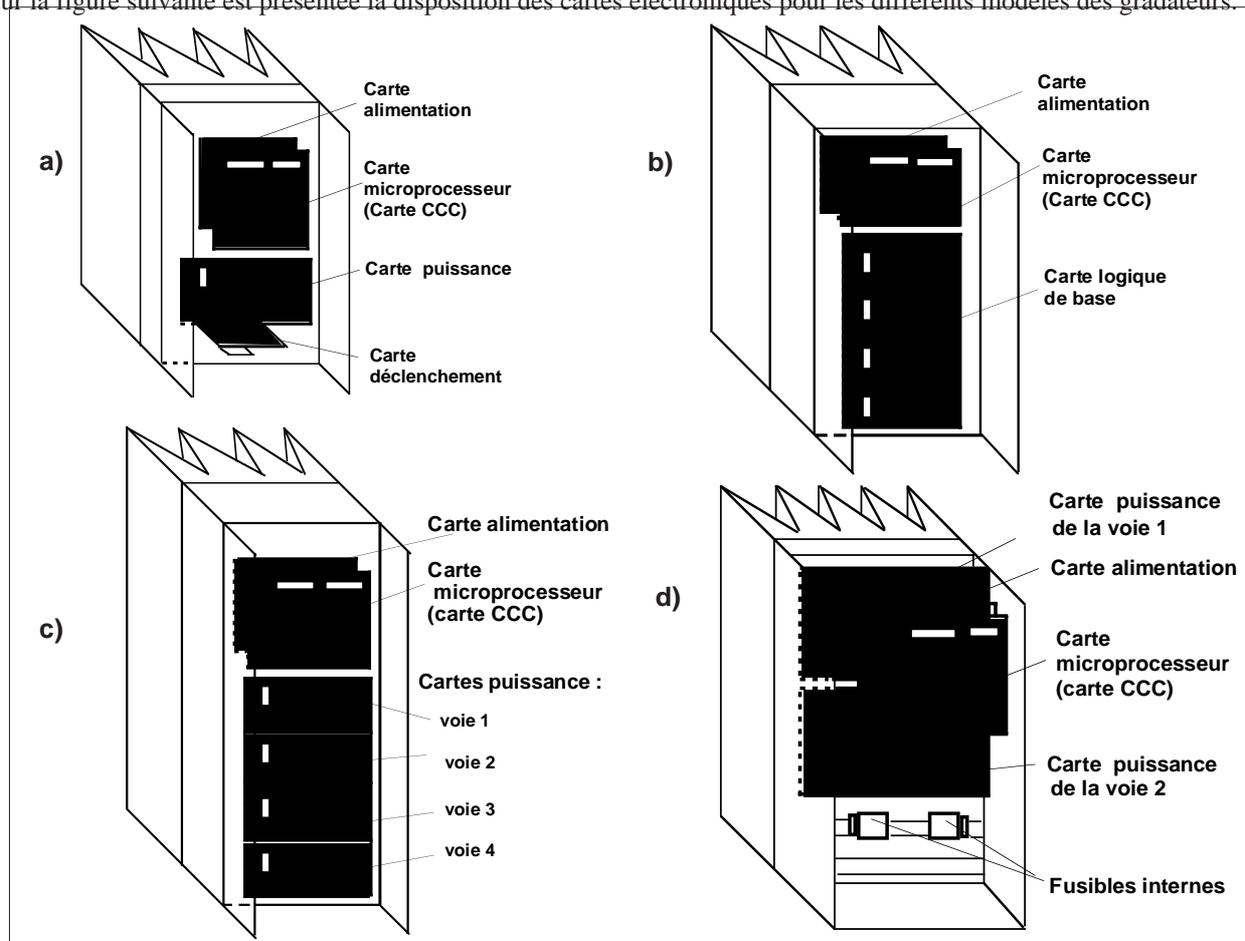


Figure 5-1 Disposition des Cartes électroniques

- a. - Série TU1001, 1 voie (l'ensemble «Carte puissance - Carte déclenchement» est ajouté suivant le nombre des voies)
- b. - Séries TU1000 et TU2000, 4 voies, gamme de courants 25 à 40 A
- c. - Séries TU1000 et TU2000, 4 voies, gamme de courants 40 à 125 A
- d. - Séries TU1000 et TU2000, 2 voies, gamme de courants 250 et 500 A
(Pour c. et d. le nombre des Cartes puissance correspond au nombre des voies).

CONFIGURATION DE TENSION DE L'ÉLECTRONIQUE

La tension d'alimentation de l'électronique de commande doit correspondre à l'alimentation disponible. La sélection de la tension est faite en usine, d'après le code de commande. A l'aide d'un cavalier sur la Carte alimentation il est possible d'alimenter l'électronique sous **220 - 240 V** ou sous une autre tension.

La tension d'alimentation du réseau est adaptée par un transformateur ayant deux enroulements primaires (correspondant à la tension d'utilisation du gradateur).

5 types de transformateurs sont utilisés; leurs références et les tensions primaires sont les suivantes :

CO 173356	100 et 200 V	18 V.A
CO 173047	115 et 230 V	18 V.A
CO 173394	230 et 400 V	18 V.A
CO 173563	230 et 440 V	18 V.A
CO 173395	230 et 480 V	18 V.A

Le choix de la tension d'alimentation de l'électronique se fait au moyen du cavalier **ST1** sur la Carte alimentation (figure 5-2) au niveau du primaire du transformateur d'alimentation.

La position « **220V** » du cavalier **ST1** (voir tableau 5-1, page suivante) permet d'alimenter en **220-240 V** un gradateur équipé d'un transformateur quelconque (200 V pour le CO 173356).

La position « **OTHERS** » du cavalier **ST1** permet d'alimenter un gradateur en **100, 115, 400, 440** ou **480 V** suivant le transformateur.

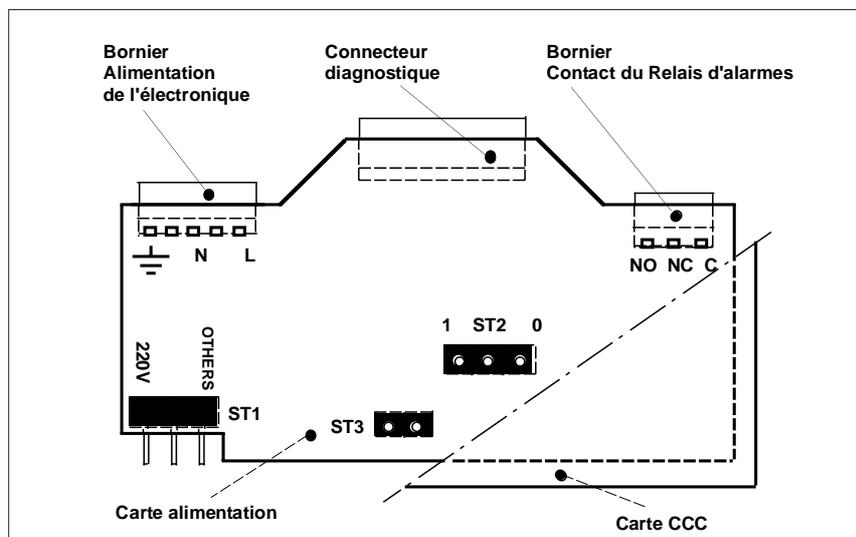


Figure 5-2 Emplacement des cavaliers sur la Carte alimentation (vue de l'utilisateur)

La sélection de la tension utilisée pour la **régulation** sur la Carte **CCC** (pour indiquer au microprocesseur la tension ligne) est réalisée par le cavalier **ST2** sur la Carte alimentation. Cette tension peut être une image de la tension d'alimentation de l'électronique ou une image de la tension ligne.

Quand la tension pour la régulation est prise sur la tension ligne (série TU1001) il est nécessaire, afin d'éviter un défaut de sous-tension, de

- connecter toujours la première voie des gradateurs multivoies;
- effectuer la connexion de la puissance avant ou en même temps que la connexion de l'alimentation de l'électronique.

Quand la tension utilisée pour la régulation est celle d'alimentation de l'électronique (séries TU1000 et TU2000), afin d'obtenir un fonctionnement correct de la régulation du gradateur, il est nécessaire :

- de connecter toutes les voies de puissance et l'alimentation de l'électronique sur la même phase (ou les mêmes phases) ; pour la série TU2000 ce sera la tension entre deux phases contrôlées.

La désignation et les positions des cavaliers sur la Carte alimentation sont récupérées dans le tableau suivant.

Options		Position des cavaliers (carte alimentation)			Picots THSW (carte puissance)
		ST1	ST2	ST3	
Tension d'alimentation primaire	220 (240) V	220V			
	110 (120) V	OTHERS			
	380 (415) V	OTHERS			
	480 (500) V	OTHERS			
Retour de tension pour la régulation	Séries TU1000 et TU2000		0		
	Série TU1001		1		
Raccordement des contacts de sécurité température	Séries TU1000 et TU2000 Gradateurs ventilés			Cavalier	Toron
	Série TU1001 Gradateurs ventilés			Toron	-
	Tous les gradateurs non ventilés			Cavalier	Pont

Pour les gradateurs ventilés de la série TU1001 le raccordement des contacts de sécurité température («**contacts thermiques**»), situés sur le radiateur des thyristors, est effectué par un toron avec le picot **ST3** sur la Carte alimentation. Pour les gradateurs série TU1001 l'ouverture d'un contact thermique (en cas d'échauffement anormal ou d'un arrêt du ventilateur) ou du cavalier **ST3** coupe le circuit de surveillance de la tension de la Carte déclenchement et entraîne une alarme Sous-tension avec une inhibition des thyristors.

Pour les gradateurs ventilés des séries TU1000 et TU2000 les contacts thermiques sont connectés par des **torons** individuels directement sur les picots **THSW** de la Carte puissance de chaque voie. L'ouverture d'un contact thermique ou du cavalier **ST3** coupe le circuit de commande des thyristors et entraîne une alarme Rupture totale de charge .

Pour tous les gradateurs non ventilés les picots **THSW** de la Carte puissance doivent être **court-circuités** par des ponts.

CONFIGURATION DE LA CARTE CCC

La configuration de l'utilisation de la communication numérique et de ses paramètres, de l'entrée analogique, du mode initial de conduction (après la mise sous tension), du type de régulation, de l'adresse du gradateur et du type de charge est effectuée par des cavaliers de la Carte microprocesseur. La plupart de ces paramètres peut être modifiée par les codes de commande de la communication numérique (voir page 4-13).

Pour accéder aux cavaliers sur la Carte CCC il faut ouvrir la face avant.

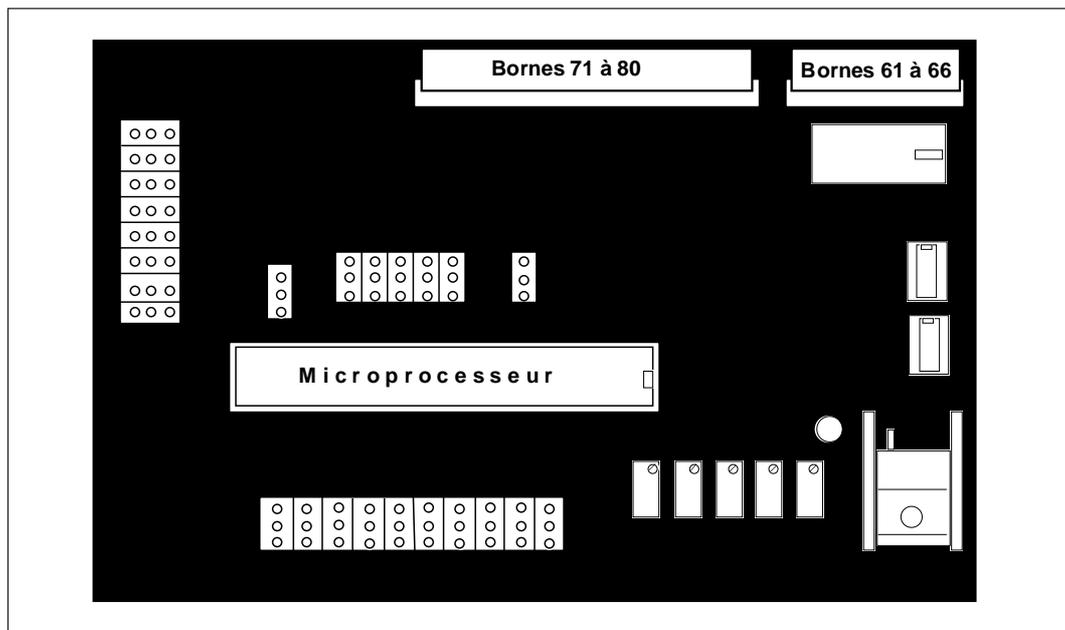


Figure 5-3 Emplacement des cavaliers sur la Carte microprocesseur

Cavaliers concernant la communication numérique

Le cavalier «Chien de garde» (**LK1** sur la figure 5-3) doit être impérativement en position **1** pour le fonctionnement correct du gradateur. La position **0** est utilisée dans le cadre d'intervention de maintenance.

Le cavalier **ST9** détermine l'utilisation de la communication numérique :

- pour l'utilisation **avec** communication numérique le cavalier **ST9** doit être en position **1**.
- le cavalier **ST9** est en position **0** pour l'utilisation **sans** communication numérique.

La configuration de la vitesse de transmission et du type du protocole est donnée dans le tableau suivant.

Paramètre de communication		Rappel : la communication numérique est validée (ST9 = 1)	
		Position des cavaliers	
		ST10	ST21
Vitesse de transmission (Bauds)	9600	0	-
	19200 (sauf TU2000)	1	-
Protocole chargé dans microprocesseur	Eurotherm	-	0
	Modbus®	-	0
	Jbus®	-	1

Tableau 5-2 Configuration des cavaliers concernant la communication numérique

Configuration d'adresse du gradateur

L'adresse physique du gradateur est déterminée par la position des 8 cavaliers **ST11** à **ST16**, **ST22** et **ST23** sur la Carte CCC. Les positions de ces cavaliers (1 ou 0) sont liées à l'adresse exprimée en binaire sur 8 bits.

Exemple. Définir la position des cavaliers de l'adresse pour un gradateur numéro 92.

L'adresse 92 en binaire sur 8 bits est :

←
←

Bit N°7
Bit N°0

Cette adresse en binaire correspond à la configuration suivante des cavaliers sur la Carte CCC .

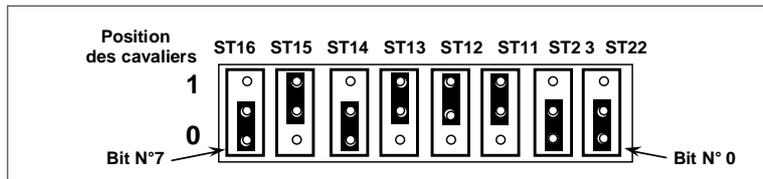


Figure 5-4 Exemple de configuration des cavaliers pour l'adresse 92

L'adresse **0** (diffusion) ne peut pas être configurée par les cavaliers, elle est envoyée par la communication.

Sélection du mode initial de conduction des thyristors

Le cavalier **ST18** définit le mode de conduction après la mise sous tension de l'alimentation de l'électronique. Ce mode peut être modifié par les codes de commande de communication numérique (voir page 4-13).

Charge	Série	Mode initial de conduction des thyristors	Position du cavalier ST18
Monophasée	TU1000	Syncopé (1 période)	0
Monophasée	TU1001	Angle de phase	1
Triphasée	TU2000	Syncopé (1 période)	0
		Train d'ondes (8 périodes)	1

Tableau 5-3 Configuration du mode initial de conduction des thyristors

Sélection du type de régulation et du type de charge

Le cavalier **ST17** de la Carte CCC définit le type initial de la régulation (contre-réaction choisie après la mise sous tension de l'alimentation de l'électronique). Deux cavaliers **ST20** et **ST24** définissent le type de charge.

Avec option «Charge résistive» (position **0** du **ST20**) la détection de la rupture partielle de charge utilise la courbe linéaire de résistance. L'option «Infrarouge» (position **1** du **ST20**) indique au microprocesseur d'utiliser la courbe typique des éléments infrarouges courts mémorisée pour le circuit de détection de la rupture partielle de charge.

La position du cavalier **ST24** dépend de la charge mono- ou triphasée.

Option		Position des cavaliers		
		ST17	ST20	ST24
Régulation	U2	0	-	-
	U x I	1	-	-
Charge	Résistive	-	0	-
	Infrarouge court	-	1	-
	Monophasée (séries TU1000 et TU1001)	-	-	0
	Triphasée (série TU2000)	-	-	1

Tableau 5-4 Configuration du type de régulation et du type de charge

Il faut préciser que la position des cavaliers **ST17** et **ST20** indiquée dans le tableau 5-4 définit le régime à la **mise sous tension** seulement. Le type de contre-réaction et de charge (avec la courbe standard linéaire ou avec la courbe typique des éléments infrarouges courts) peut être **modifié** par Codes de commande envoyés par communication.

Sélection d'entrée analogique

Les gradateurs de la gamme TU à communication numérique peuvent être pilotés par la consigne analogique.

La consigne analogique est soit la consigne principale venant d'un régulateur, soit la consigne de repli (voir page 5-16) en cas de défaut de la communication .

Pour utiliser la consigne analogique il est nécessaire de:

- sélectionner le **type** (tension ou courant) et la **valeur** d'entrée à l'aide des cavaliers sur la Carte CCC pour l'ensemble de toutes les voies du gradateur
- connecter l'entrée «**A/N**» sur la Carte CCC au «**0V**» sur la même carte ou la mettre en **l'air**.

Huit cavaliers (**ST1 à ST8**) permettent de choisir l'entrée en tension ou en courant et le cavalier **ST19** indique au microprocesseur l'échelle utilisée du signal analogique.

Signal analogique d'entrée		Position des cavaliers		
Type d'entrée	Niveau	ST1 à ST4	ST5 à ST8	ST19
Tension (DC)	0 - 5 V	0	0	0
	1 - 5 V	0	0	1
	0 - 10 V	0	1	0
	2 - 10 V	0	1	1
Courant (DC)	0 - 20 mA	1	0	0
	4 - 20 mA	1	0	1

Tableau 5-5 Configuration d'entrée analogique

Les signaux analogiques arrivent aux bornes **76 à 79** sur la Carte CCC (voir figure 5-6, page suivante). L'utilisation des bornes 76 à 79 dépend du nombre de voies ou de systèmes triphasés, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Type du gradateur		Bornes utilisées d'entrée analogique	Recommandation
Monophasé	1 voie	76	Les bornes d'entrée analogique non utilisées doivent être reliées à «0V»
	2 voies	76 et 77	
	4 voies	76, 77, 78 et 79	
Triphasé	1 système	76	
	2 systèmes	76 et 77	

Tableau 5-6 Branchement des signaux de la consigne analogique sur la Carte CCC

L'**impédance** d'entrée analogique sur la Carte CCC :

- 10 K Ω pour l'entrée en tension (10 V)
- 250 Ω pour l'entrée en courant.

VÉRIFICATION OU CHANGEMENT DU PROTOCOLE

Il existe deux types (deux références) de microprocesseur :

- celui sur lequel est chargé le protocole EUROTHERM
- celui sur lequel sont chargés les protocoles MODBUS® et JBUS®.

Le protocole chargé dans le microprocesseur est déterminé à la commande.

Une étiquette collée sur le microprocesseur (figure 5-5) permet d'identifier le type de protocole. Sur cette étiquette :

- **EIP** désigne le protocole Eurotherm
- **MOP / JBP** désigne les protocoles Modbus® et Jbus®.

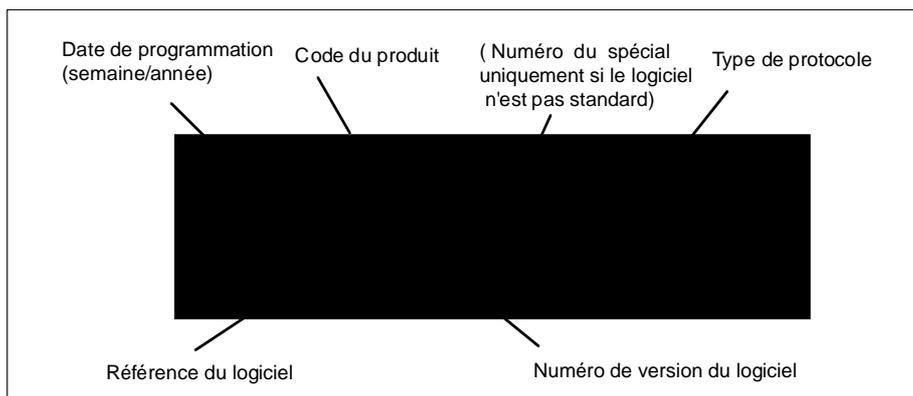


Figure 5-5 Etiquette du microprocesseur

Pour **changer** le protocole Eurotherm ou les protocoles Modbus® /Jbus® il est nécessaire de changer le **microprocesseur**.

Le choix entre le protocole Modbus® et le protocole Jbus® se fait par le cavalier ST21 (voir tableau 5-2, page 5-5).

CONFIGURATION DE LA MÉMOIRE PERMANENTE

En Mémoire Permanente Réinscriptible (EEPROM) sont stockés:

- la valeur du Réglage de la Détection de rupture partielle de charge (**Réglage PLF**)
- la valeur de la consigne **Limitation de courant**.

(Dans la version spéciale de la communication numérique, le paramètre Limitation de consigne est stocké, voir p.5-17).

Pendant la phase de Réglage de PLF, (voir page 6-5) dès que le microprocesseur a calculé l'impédance de cette valeur, elle est **mémorisée** en EEPROM pour chaque voie ce qui permet à la Carte CCC de retrouver la valeur du réglage après chaque redémarrage.

Lors d'une écriture sur la consigne Limitation de courant (ou dans la Limitation de consigne), les valeurs limitées pour chaque voie sont stockées en EEPROM qui supporte quelques **dizaines de milliers** d'écritures.

Voilà pourquoi il **n'est pas recommandé** d'inclure ces 2 paramètres (Limitation de courant et Limitation de consigne) dans une boucle d'écriture systématique.

Si l'EEPROM est **non initialisée** aucune valeur des paramètres n'a été stockée et le Mot d'état reste inchangé.

En protocoles Modbus® / Jbus® le code d'erreur **04** indique une tentative d'écriture en EEPROM alors que celle-ci est déjà occupée (page 3-14).

En cas d'**erreur** ou d'altération de l'EEPROM le microprocesseur **initialise** les paramètres mémorisés à leur valeur **nominale**.

BRANCHEMENT DU BUS DE COMMUNICATION

L'utilisation de la Consigne Numérique (venant par l'intermédiaire du bus de communication sur les bornes 61 à 65) nécessite la connexion de l'entrée «A/N» sur la Carte CCC (borne 74) à «+10 V» (borne 73).

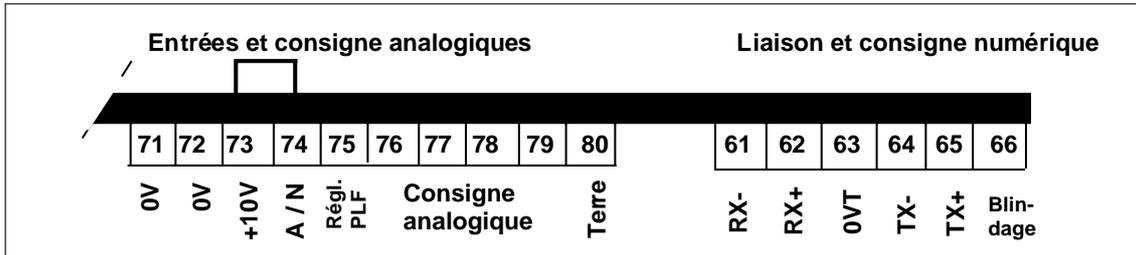


Figure 5-6 Borniers d'entrée de la Carte CCC

La Carte CCC dialogue avec d'autres appareils par l'intermédiaire d'un bus de communication. Cette liaison, pour les gradateurs de la gamme TU, répond indifféremment à deux normes de deux bus standards : **RS422** et **RS485**.

La longueur maximale de la ligne de transmission est de **1200 m**. Sur la Carte CCC l'impédance d'adaptation a été fixée arbitrairement à **4,7 kΩ** (il appartient à l'utilisateur de la réduire éventuellement).

La liaison série **RS422** est une liaison du type «Full-duplex» - échange possible en même temps dans les deux sens. La liaison **RS485** est une liaison «Half-duplex» - liaison non simultanée dans les deux sens.

Mais pour la communication de la gamme **TU** on n'utilise que le mode de transmission **alterné**, la liaison **non simultanée** dans les deux sens : «Question du Maître - Réponse de l'Esclave».

Sur les liaisons RS422 et RS485 on notera **4 fils actifs** : 2 fils de Transmission (TX+ et TX-) et 2 fils de Réception (RX+ et RX-), et un fil de référence «0V» commun pour la Transmission et la Réception.

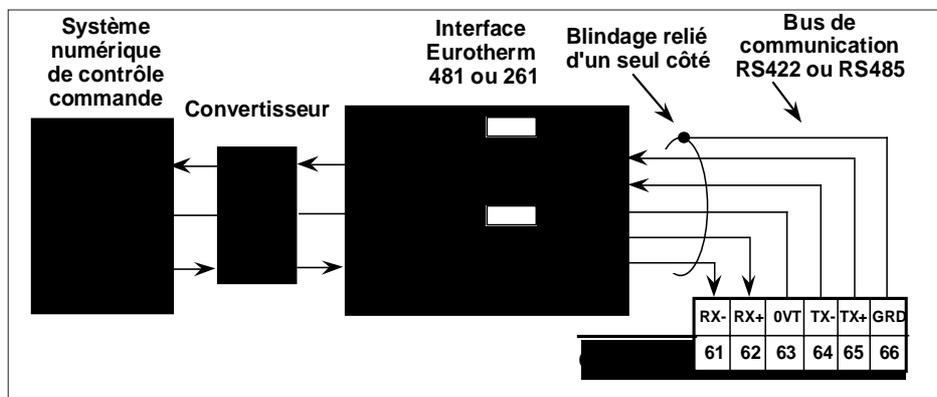


Figure 5-7 Branchement du bus de communication à 5 fils

Destination	Bornes Type d'interface	
	481	261
TX	10	2
RX	11	3
0	8	7
RX+	7	3
RX-	6	16
0V	8	7
TX+	4	12
TX-	5	13

Tableau 5-7 Destination des bornes d'interface

Vu l'utilisation de la liaison non simultanée, il existe une possibilité d'utiliser les bus RS422 et RS485 avec **2 fils actifs** (TX et RX).

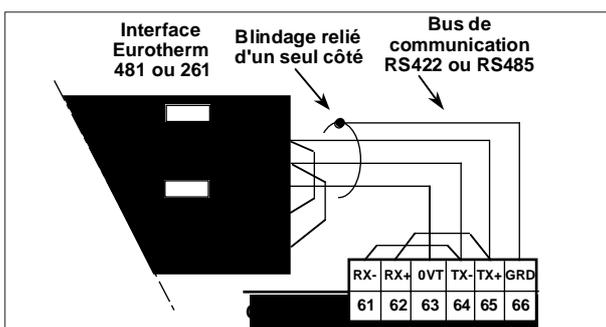


Figure 5-8 Branchement du bus de communication à 3 fils

Nota

Dans le cas d'utilisation de l'interface 261 à des vitesses de transmission supérieures ou égales à 19200 bauds, il faut retirer les links LK4 et LK6 à l'intérieur de l'interface.

FONCTIONNEMENT

Le paragraphe «Fonctionnement» contient les explications nécessaires sur :

- les modes de conduction des thyristors,
- la limitation de courant,
- la mesure et de retransmission des valeurs pour la régulation,
- la version spéciale de communication et
- le fonctionnement en cas de rupture de communication.

Modes de conduction

Généralités

Les modes de conduction des thyristors disponibles dépendent du **type d'amorçage** des thyristors :

- au **zéro de tension**, les périodes entières sont conductrices ou bloquées - séries TU1000 et TU2000;
- avec **régulation d'angle** d'ouverture des thyristors (de 0 au 180°) - série TU1001.

Les séries TU1000 et TU2000 disposent de 2 modes de conduction :

- Train d'ondes à 8 périodes de conduction (ou non conduction)
- Train d'ondes à 1 période de conduction (ou non conduction) - dit Syncopé.

Le deuxième type d'amorçage des thyristors lorsque l'angle d'amorçage est à 0° (au zéro de tension) est égale au premier type d'amorçage, voilà pourquoi la série TU1001 dispose de 4 modes de conduction :

- Angle de phase (variation d'angle de conduction à l'intérieur de chaque période)
- Train d'ondes (1 ou 8 périodes)
- Train d'ondes 8 périodes dont les 4 premières périodes ont l'augmentation progressive d'angle de conduction - dit Démarrage progressif.

Le mode de conduction initial (après chaque mise sous tension ou Reset de la communication numérique) dépend de la série et de la position du cavalier ST18 sur la Carte CCC.

Série	Coduction initiale	Mode de conduction		Code de commande	Numéro du bit du Mot d'état		
		Générale	Type		0	1	2
TU1000	ST18 = 0 Syncopé	Train d'ondes	1 période (Syncopé)	0A	0	0	0
			8 périodes	0B	0	1	0
TU1001	ST18 = 1 Angle de phase	Angle de phase		08	1	-	-
		Train d'ondes	1 période (Syncopé)	0A	0	0	0
			8 périodes	0B	0	1	0
			8 périodes avec Démarrage progressif	09	0	1	1
TU2000	ST18 = 0 Syncopé	Train d'ondes	1 période (Syncopé)	0A	-	0	0
	ST18 = 1 Train d'ondes		8 périodes	0B	-	1	0

Tableau 5-8 Caractéristiques générales des modes de conduction des thyristors

Train d'ondes

Ce mode de conduction est un cycle **proportionnel** qui consiste à délivrer une série de périodes **complètes** de la tension du réseau sur la charge. Pour éviter les fortes variations du courant de charge, la mise en conduction et hors conduction du gradateur se fait **au zéro de tension**.

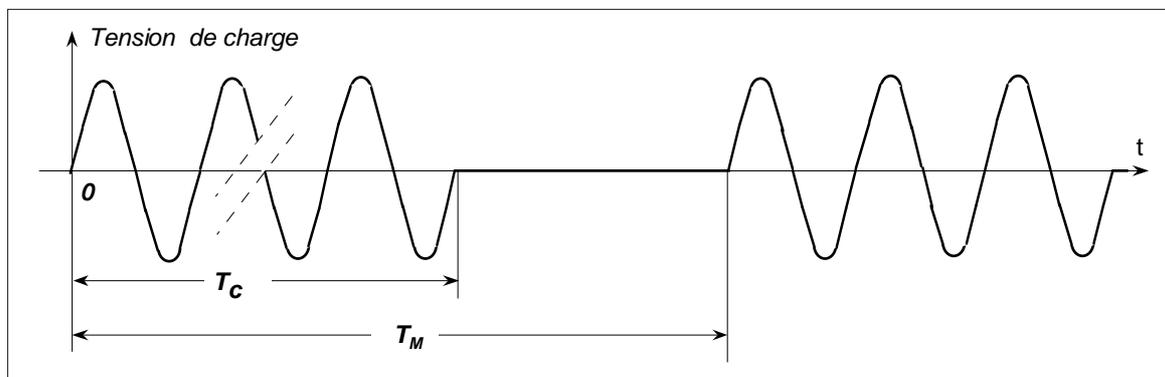


Figure 5-9 Mode de conduction «Train d'ondes»
 T_C - temps de conduction; T_M - période de modulation

La régulation en **Train d'ondes** est effectuée avec la durée de conduction T_C (ou de non conduction : $T_M - T_C$) constante et égale à 8 périodes, et le temps de modulation T_M variable.

Le temps T_C est calculé par microprocesseur suivant la consigne et le retour de mesure effectuée par le système de régulation. **Le rapport cyclique** de modulation du train d'ondes élémentaires (T_C / T_M) est calculé par le système de régulation afin de garder toujours la meilleure précision quelque soit la demande de puissance.

Pour une puissance inférieure à 50% le temps de conduction est de 8 périodes.

Par contre, pour une puissance supérieure à 50% le temps de non conduction est fixé à 8 périodes.

Pour 50% de la puissance la durée de conduction (8 périodes) est égale à la durée de non conduction.

Syncopé

Le mode de conduction Train d'ondes avec **une seule période** de conduction (ou de non conduction) est appelé le **Syncopé**.

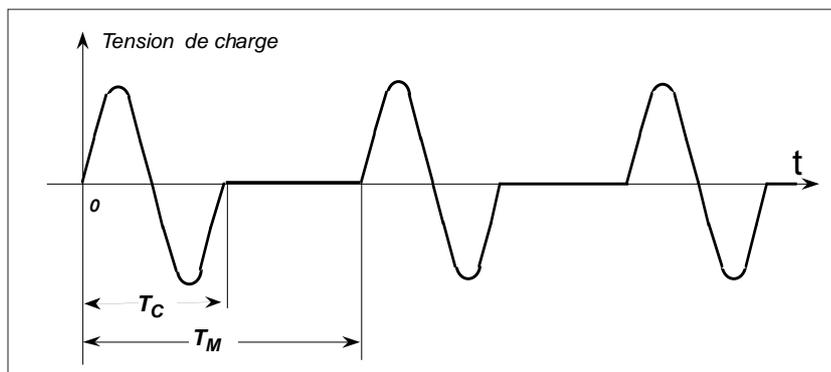


Figure 5-10 Mode de conduction «Syncopé» (50% de la puissance)

Pour une puissance de moins de 50% une période est conductrice et un nombre variable de périodes est bloqué.

Pour une puissance supérieure à 50% une période est bloquée et un nombre variable de périodes est passant.

Pour le 50% de la puissance une période de la tension du réseau est passante et une période est bloquée.

Il faut remarquer que l'augmentation de la longueur du train d'ondes élémentaire (temps de conduction - T_C) entraîne également une augmentation du temps de réponse de la régulation. Le choix de la longueur du train d'ondes (**1** période - Syncopé, ou **8** périodes - Train d'ondes rapide) se fait respectivement au moyen des codes de commande **0A** et **0B**.

Angle de phase (série TU1001)

Dans ce mode de conduction on contrôle la puissance transmise à la charge en faisant conduire les thyristors sur une partie de l'alternance de la tension du réseau. La consigne d'angle, retransmise par le paramètre Demande de puissance, est appliquée aux Cartes déclenchement qui réalisent les déclenchements synchronisés des thyristors.

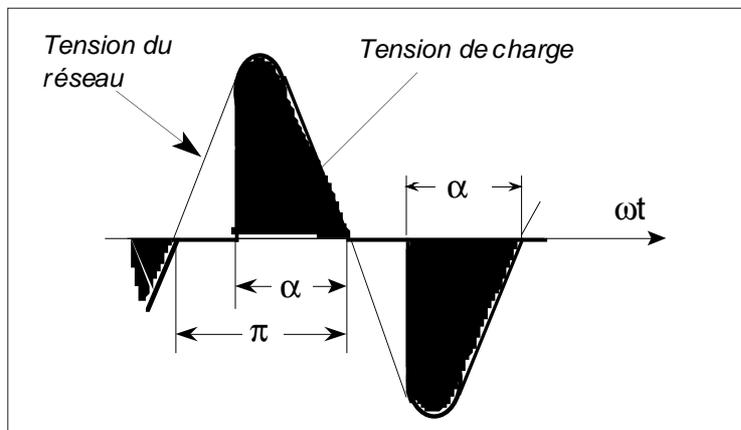


Figure 5-11 Mode de conduction des thyristors «Angle de phase»

L'angle de conduction (α) varie dans le même sens que la demande de puissance, mais la puissance délivrée à la charge n'est pas une fonction linéaire de l'angle de conduction.

Le mode de conduction Angle de phase est disponible uniquement pour la série TU1001 disposant de l'amorçage réglable des thyristors.

Démarrage progressif (série TU1001)

Les gradateurs disposant du mode de conduction Angle de phase peuvent redémarrer à chaque période de récurrence en Train d'ondes avec un faible angle de conduction des thyristors qui est augmenté progressivement. Ce mode de conduction a reçu le nom de **Démarrage progressif**.

Le Démarrage progressif est utilisé pour éviter des pointes de courant pendant la mise sous tension des charges à faible résistance à froid ou de primaire de transformateurs. L'augmentation progressive de l'angle de conduction se réalise pendant les 4 premières périodes du train d'ondes élémentaire. Pendant ce temps de démarrage la puissance de sortie du gradateur passe de 0 à 100% par variation de l'angle de conduction des thyristors de 0 (thyristors bloqués) à 180° (pleine conduction des thyristors).

Changement de mode de conduction par communication

Les modes de conduction des thyristors sélectionnés initialement par les cavaliers sur la Carte CCC ou changés durant le fonctionnement du gradateur, peuvent être modifiés par la communication à l'aide de codes de commande (voir les pages 4-12 et 4-13) sur toutes les voies du gradateur simultanément.

L'envoi des Codes de commande (protocoles Modbus® et Jbus®) ou l'écriture dans le Mot d'état (protocole Eurotherm) modifie le mode de conduction en cours. A chaque passage entre l'un des différents modes, la régulation est réinitialisée et la boucle de la régulation de Demande de puissance redémarre à zéro.

Les codes de **8** à **11** (correspondant aux quatre modes de conduction décrits ci-dessus) sont utilisés pour le changement de mode de conduction des gradateurs de la série TU1001.

Si la limitation de courant est active sur une des voies en mode Angle de phase, le passage en mode Train d'onde est rejeté parce qu'en ce dernier mode le dépassement du seuil d'intensité inhibe le gradateur.

Pour les séries TU1000 et TU2000 les codes **8** et **9**, correspondant aux modes de conduction Angle de phase et Démarrage progressif, ne sont pas disponibles.

Limitation de courant

Le terme **Limitation de courant** est employé dans deux sens différents :

- comme **paramètre** de fonctionnement, pour indiquer la **consigne** Limitation de courant qui contient les valeurs du seuil d'intensité admissible pour chaque voie (voir page 4-5)
- comme **régime** de fonctionnement des gradateurs de la série TU1001 en mode de conduction Angle de phase après le dépassement du seuil d'intensité dans une des voies afin de **limiter la valeur efficace** du courant.

Dans ce paragraphe la Limitation de courant est décrite dans le deuxième sens, comme une **action de diminution** (limitation) de courant de la charge concernée par la **variation d'angle d'ouverture** des thyristors **afin de maintenir le courant efficace inférieur au seuil d'intensité** fixé par la consigne Limitation de courant.

L'**action** «Limitation de courant» est déclenchée dès que la valeur **efficace** du courant de la charge (calculée par microprocesseur) dépasse le seuil d'intensité fixé par la consigne Limitation de courant.

L'état de la limitation de courant est disponible par le bit **3** du **SW_H** (octet de Poids Fort du Mot d'état). Ce bit est à **1** quand l'action «Limitation de courant» est active.

Validation et inhibition

Chaque gradateur à thyristor peut être validé ou inhibé, voie par voie (système triphasé par système) ou toutes les voies, au moyen de la communication numérique. Par l'adresse de diffusion tous les gradateurs du même bus de communication peuvent être validés ou inhibés simultanément.

Ces procédures se font en envoyant les Codes de commande (protocoles Modbus®/Jbus®) ou par l'écriture des codes de commande en Mot d'état (protocole Eurotherm). Les codes correspondants sont présentés dans le tableau 4-6, page 4-13.

Pour tous les gradateurs (sauf les modèles TU2200) l'état des voies (**voie** validée ou inhibée) est accessible par le bit N° **0** d'octet de Poids Fort du Mot d'état (voir tableau 4-5, page 4-11). Le Flag d'inhibition (**FGINH**) est à **0** quand la voie adressée est **validée**, et à **1** quand la voie adressée est **inhibée**. Pour les modèles TU2200 le bit N° 0 d'octet faible du Mot d'état indique l'état du **gradateur**. Le gradateur est validé lorsque le flag **FGINH = 0**.

Après la mise sous tension de l'interface ou après une remise à zéro (réinitialisation) dû au «Chien de garde», les flags **FGINH = 0** pour toutes les voies, donc le gradateur est validé.

L'inhibition des voies est prévue comme une **action** après le **dépassement** du seuil d'intensité de 10% pour les gradateurs fonctionnant en Train d'ondes, Syncopé ou Démarrage progressif (voir chapitre «Alarmes»).

En cas de rupture de la communication numérique et du fonctionnement en mode de repli avec la consigne analogique (voir page 5-16), pour l'**inhibition** des voies il est nécessaire de :

- déconnecter la liaison «+10V» (borne 3) à «VAL» (borne 4) sur la Carte déclenchement (série TU1001) ou sur la Carte puissance (série TU1000, sauf modèle TU1450, et TU2000).
- ouvrir le contact dans le circuit d'entrée quand le signal est en tension ou court-circuiter la commande si les entrées sont en courant (modèle TU1450);

La validation initiale des voies s'effectue par la connexion des bornes «+10V» et «VAL»; la validation par communication se fait par les codes de commande 2 et 3 (voir page 4-13).

Après l'inhibition de la voie, le redémarrage n'est possible qu'**après l'acquiescement de l'alarme** (voir page 6-8).

Régulation

Généralités

Les gradateurs de la gamme TU possèdent deux types de régulation :

- la **tension** de charge - avec contre-réaction en « U^2 » ($U_{\text{eff}} \times U_{\text{eff}}$) et
- la **puissance** consommée par la charge - avec contre-réaction en « $U \times I$ » ($U_{\text{eff}} \times I_{\text{eff}}$).

Le choix entre deux types de régulation initial se fait au moyen du cavalier **ST17** sur la Carte CCC (voir page 5-6). Après chaque mise sous tension ou réinitialisation du microprocesseur, la régulation est en « U^2 » si la position du cavalier ST17 = **0** et en « $U \times I$ » si ST17 = **1**. Ce choix peut être modifié par l'envoi des codes de commande.

Le type de régulation en cours est accessible par le Bit N° **3** d'octet de poids faible du Mot d'état. Le Flag de régulation FGREGU = **0** quand la régulation est en « U^2 » et FGREGU = **1** pendant l'utilisation de la contre-réaction en « $U \times I$ ».

Rappelons que le type de régulation est le **même** pour toutes les voies du gradateur.

Mesure et retransmission des valeurs pour la régulation

Pour avoir la valeur efficace de la tension de charge (U_{eff}) en vue de la réalisation de l'algorithme de régulation, le microprocesseur mesure la tension ligne. Cette valeur est l'image :

- soit de la tension auxiliaire (alimentation de l'électronique) pour les séries TU1000 et TU2000,
- soit de la tension du réseau de puissance de la voie 1 pour la série TU1001.

Le microprocesseur retransmet la tension mesurée par le paramètre **Tension ligne** (mnémotechnique **LV** en protocole Eurotherm ou adresse **07** en protocole Modbus®). A partir de cette grandeur le microprocesseur élabore U_{eff} connaissant l'angle de conduction des thyristors (en Angle de phase) ou le rapport cyclique de la modulation (en Train d'ondes). La valeur de U_{eff} est retransmise au moyen du paramètre **Tension charge** (mnémotechnique **VV** en protocole Eurotherm ou adresse **05** en protocole Modbus®).

Sur le même principe, mais en prenant pour la mesure le courant moyen dans la charge (redressé double alternance, filtré), le microprocesseur calcule la grandeur de I_{eff} qui est retransmise par le paramètre **Courant charge** (mnémotechnique **CV** en protocole Eurotherm ou adresse **06** en protocole Modbus®).

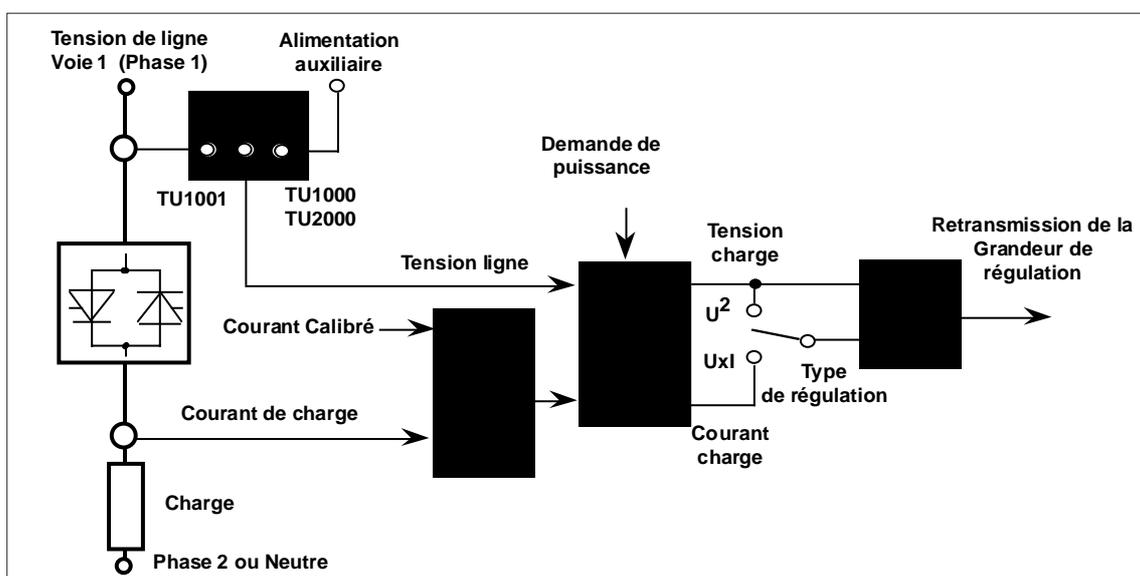


Figure 5-12 Synoptique de la retransmission

Elaboration de Demande de puissance

L'algorithme de régulation élabore la consigne Demande de puissance (consigne de commande des thyristors). Ce paramètre présente la valeur de la sortie du régulateur interne, qui est l'image :

- soit de la consigne d'angle d'ouverture des thyristors (en Angle de phase),
- soit du rapport cyclique de la modulation (en Train d'ondes, Syncopé ou Démarrage progressif).

Le paramètre **Demande de puissance** est repéré au moyen de la mnémonique **OP** (protocole Eurotherm) ou de l'adresse **04** (protocole Modbus®)

En standard la Demande de puissance est élaborée à partir de la consigne numérique ou de la consigne analogique (suivant le choix de l'utilisateur) et de la valeur de contre-réaction (Grandeur de régulation). Le paramètre **Grandeur de régulation** est représenté par la mnémonique **PV** (protocole Eurotherm) ou par l'adresse **03** (protocole Modbus®).

Rappelons que le type de consigne utilisé par l'utilisateur détermine la position d'entrée «A/N» à la Carte CCC. L'entrée «A / N» (borne 74) doit être :

- reliée à «10V» (consigne Numérique) ou
- reliée à «0V» ou «en l'air» (consigne Analogique).

La valeur des consignes numérique et analogique, ainsi que celle de la consigne en attente (rapide), peut être **lue** quelque soit la position d'entrée «A/N».

L'écriture dans les paramètres Consigne numérique et Consigne en attente est toujours possible.

Ces deux consignes peuvent être **diffusées**.

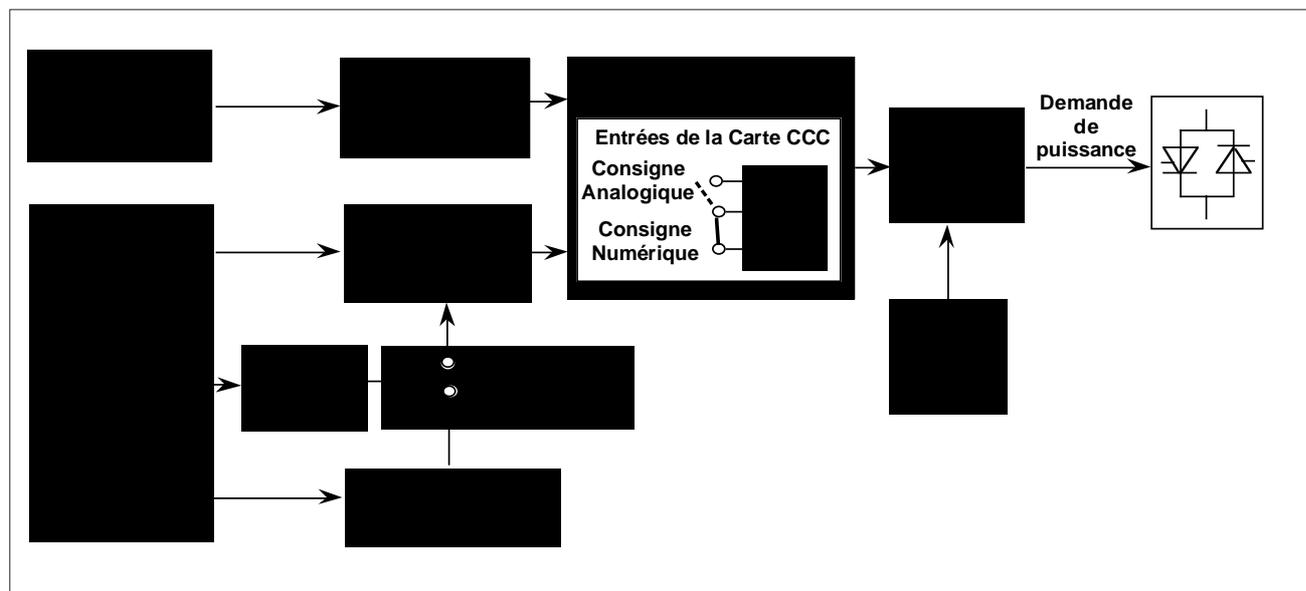


Figure 5-13 Elaboration de la consigne Demande de puissance

En mode de conduction Angle de phase (série TU1001), pour élaborer la Demande de puissance, on prend en compte la minimale de deux consignes : la Limitation de courant et la régulation.

Fonctionnement en cas de rupture de communication

En cas de rupture de la communication numérique, la position de repli consiste à commander le gradateur en mode local, par l'intermédiaire des entrées analogiques disponibles sur la Carte CCC.

La rupture de la communication numérique peut-être détectée par l'organe du Maître ou par un organe externe car les protocoles utilisés sont totalement asynchrones et ne prévoient pas de dépassement de temps imparti réservé à une réponse.

La rupture de la communication numérique peut avoir 2 causes différentes :

- dérèglement du fonctionnement du Maître (détection par un système différent)
- rupture de la ligne de communication (détection de l'absence de réponse de la Carte CCC)

Au cas où le gradateur fonctionne au moment de la rupture de la communication avec la Consigne Numérique, l'utilisation de la Consigne Analogique en mode local demande :

- la **déconnexion** de l'entrée «A/N» du «+10V» (les bornes 74 et 73 sur la Carte CCC, respectivement)
- l'**application** de la consigne analogique aux entrées externes **ou**
- la **commande** par le signal analogique provenant d'un potentiomètre (mode local).

Les potentiomètres de **10 k Ω** sont prévus pour la commande de chacune des voies du gradateur en **mode local**. Les potentiomètres utilisés sont connectés entre les bornes «0V» et «+10V» sur la Carte CCC (ou bien connectés à un autre signal analogique 0 - 10 V). Le curseur du potentiomètre est branché à l'entrée analogique de la voie contrôlée sur la Carte CCC.

Les entrées analogiques et les bornes correspondantes utilisées dans les différents modèles des gradateurs sont précisées dans le tableau 5-6 (page 5-7). Il est recommandé de relier les entrées non utilisées au 0V (borne 71 ou 72).

Un exemple de branchement de 2 potentiomètres pour la commande en mode local du gradateur à 2 voies indépendantes est représenté sur la figure suivante.

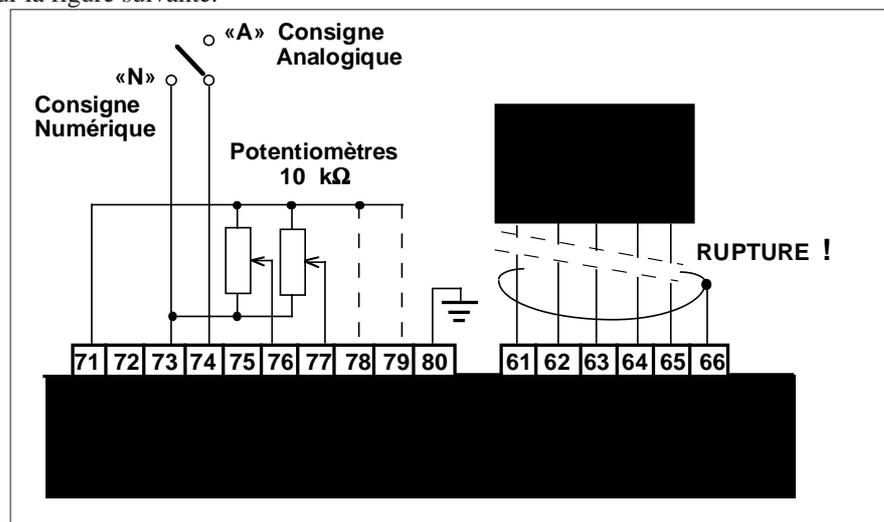


Figure 5-14 Branchement en mode local du gradateur à 2 voies en cas de rupture de communication

En cas où le gradateur, au moment de la rupture de communication, fonctionne avec la Consigne Analogique sous un contrôle numérique, le gradateur **continue à fonctionner** avec les entrées analogiques configurées par les cavaliers.

Il existe la possibilité d'inhiber le gradateur après la détection de la rupture de communication (voir page 5-13).

VERSION SPÉCIALE

La version spéciale de communication numérique a été développée pour élaborer une demande de puissance avec limitation de la consigne de commande. La version spéciale utilise deux nouveaux paramètres :

- **Limitation de consigne**
- **Consigne de travail.**

Le paramètre Limitation de consigne fixe le niveau maximum des consignes de commande (autant numérique qu'analogique) prises en compte par la régulation, tout en conservant la linéarité de la fonction «Entrée - Sortie».

Le paramètre Limitation de consigne **remplace** le paramètre Consigne en attente de la version standard, il s'identifie par les mêmes adresses en protocoles Modbus® / Jbus® que la Consigne en attente et se caractérise par les mêmes format (0-1000) et statut («Lire»). En protocole Eurotherm la Limitation de consigne est transmise par la mnémonique **HS**.

Paramètre			Version standard	Version spéciale
Consigne en attente	Mnémonique	Eurotherm	FS	-
	Adresse	Modbus® (Jbus®)	01 (02)	-
Limitation de consigne	Mnémonique (code)	Eurotherm	-	HS (48 53)
	Adresse	Modbus® (Jbus®)	-	01 (02)
Grandeur de régulation	Mnémonique	Eurotherm	PV	Pas d'accès par communication
	Adresse	Modbus® (Jbus®)	03 (04)	
Consigne de travail	Mnémonique (code)	Eurotherm	-	SP (53 50)
	Adresse	Modbus® (Jbus®)	-	03 (04)

Tableau 5- 9 Caractéristiques des paramètres de la version spéciale de communication

Le paramètre Consigne de travail représente une consigne **résultante** avec la prise en compte de la consigne en cours et de la Limitation de consigne. En version spéciale la Consigne de travail est un résultat de **multiplication** de la valeur de Limitation de consigne par la **valeur** d'un paramètre Consigne numérique ou Consigne analogique.

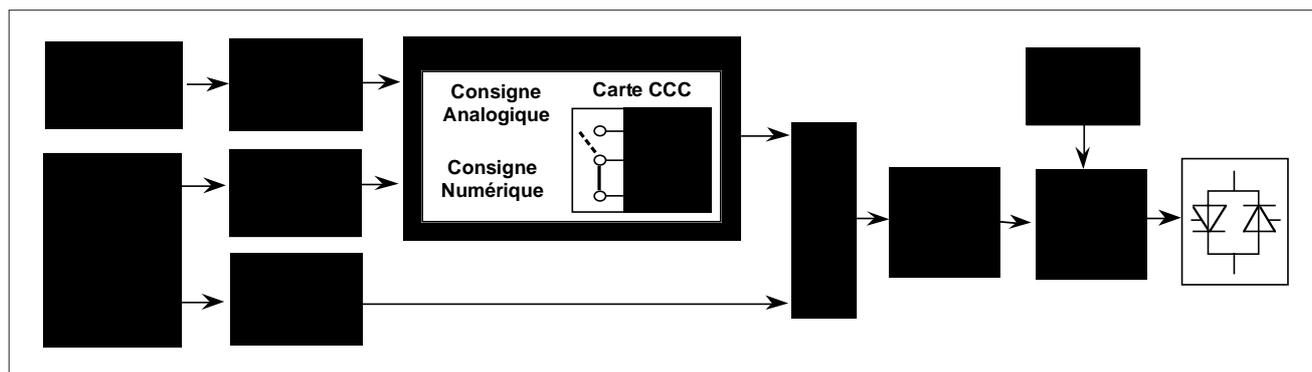


Figure 5-15 Elaboration de Consigne de travail en version spéciale

L'algorithme présenté sur la figure 5-15 est utilisé pour l'adressage normal. Pour la diffusion, l'élaboration de la Consigne de travail utilise uniquement la Consigne de limitation et la Consigne numérique.

Dans la liste des paramètres la Consigne de travail occupe **la place** de la Grandeur de régulation tout en **laissant** cette dernière prendre son rôle dans l'algorithme de régulation (la grandeur de régulation n'est plus accessible par communication).

En protocole Eurotherm la **Consigne de travail** est retransmise par la mnémonique **SP** (statut «Lire» et format 0-100%). En protocole Modbus® la **Consigne de travail** se trouve à l'adresse **03**, son statut est «Lire» et son format est 0-1000. Elle est accessible par les fonctions de lecture 3 et 4.

L'utilisation de la version spéciale nécessite le **changement du microprocesseur**.

CALIBRATION ET DIAGNOSTIC DU GRADATEUR

Généralités

Les courants nominaux des charges peuvent être égaux ou inférieurs au courant nominal du gradateur. Pour ajuster les paramètres de fonctionnement de la communication numérique et du gradateur, il est nécessaire de calibrer le gradateur.

L'ajustement de la tension nominale du gradateur, celle du réseau utilisé (**calibration du gradateur en tension**), les ajustements des courants de chaque charge et du courant nominal du gradateur (**calibration de la voie en courant**) peuvent être effectués pour la gamme TU à l'aide de :

- la **communication numérique**
- la **boîte diagnostique EURO THERM, type 260**.

Le potentiomètre **P2** de la Carte CCC est destiné à la calibration du gradateur en **tension**.

Les potentiomètres **P3** à **P6** de la Carte CCC permettent de calibrer chaque **voie** indépendante ou chaque **système** triphasé en **courant**. Le nombre des potentiomètres disponibles correspond au nombre des voies (systèmes triphasés) du modèle utilisé.

Les potentiomètres de calibration sont accessibles à travers la **face avant** du gradateur.

Sur la face avant ils sont repérés :

- «**U**» - pour calibration du gradateur en tension
- «**I1**» à «**I4**» (suivant le modèle du gradateur) - pour calibration des voies en courant.

Un exemple de désignation des potentiomètres de calibration pour le gradateur à 4 voies est représenté sur la figure suivante.

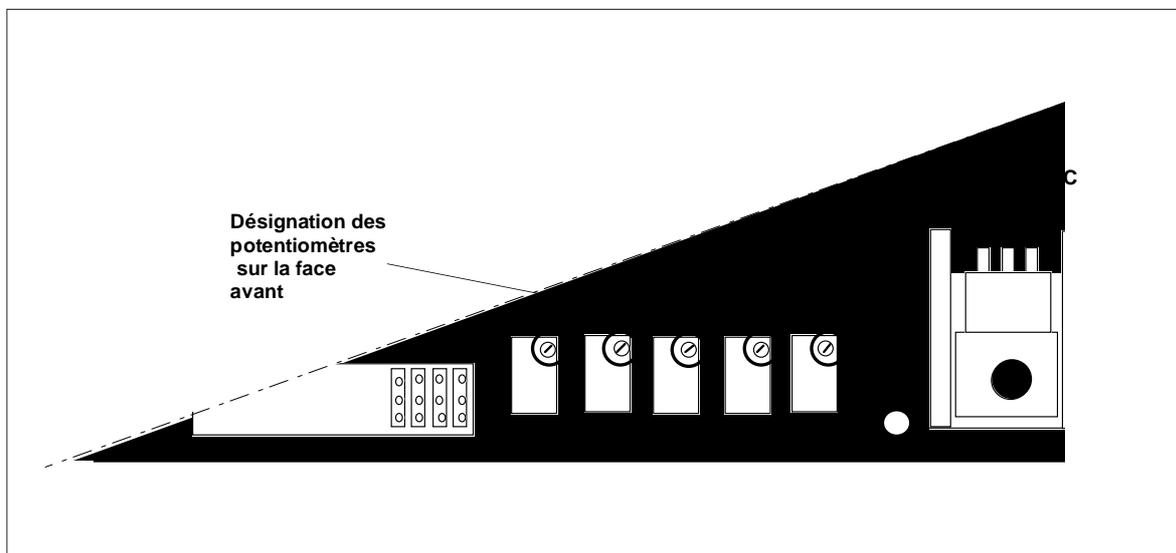


Figure 5-16 Disposition des potentiomètres de calibration (gradateur à 4 voies)

La calibration doit se faire **hors** conduction.

Calibration par la communication numérique

Pour calibrer le gradateur en courant et en tension par la communication numérique il est nécessaire de disposer des informations suivantes :

- courant nominal du gradateur
- courants nominaux des charges
- tension de ligne.

Calibration des voies en courant

- Pour chaque voie (ou pour chaque système triphasé) calculer le paramètre **Courant calibré**

$$\text{Courant calibré (\%)} = \frac{\text{Courant nominal de charge}}{\text{Courant nominal du gradateur}} \times 100 \%$$

- Mettre le gradateur sous tension et brancher l'alimentation de l'électronique
- Lire l'information du paramètre Courant calibré sur chaque voie du gradateur.
- Avec les potentiomètres **concernés** (repérés en face avant de «I1» à «I4» suivant le modèle du gradateur) ajuster pour avoir le paramètre Courant calibré à la valeur calculée pour chaque voie (ou chaque système triphasé pour les gradateurs série TU2000).

Après la calibration, le paramètre **Courant charge** lu par la communication numérique exprime la valeur efficace du courant de la voie en % du courant **nominal** de la charge. La valeur du paramètre Courant calibré devient la valeur nominale pour tous les calculs de courant du seuil d'intensité, de contre-réaction U x I et pour la retransmission.

Rappelons que les paramètres Courant calibré et Courant charge sont repérés

- en protocole Eurotherm par les mnémoniques **CA** et **CV**, respectivement,
- en protocole Modbus® par les adresses **08_{HEX}** et **06_{HEX}**.

Calibration du gradateur en tension

- Lire la valeur du paramètre **Tension ligne** par la communication numérique (mnémonique **LV** en protocole Eurotherm ou adresse **07_{HEX}** en protocole Modbus®).
- Ajuster le potentiomètre **P2** (repéré «U» en face avant) pour que la valeur du paramètre Tension ligne soit égale à **100%**.

Après la calibration, la valeur du paramètre Tension ligne devient nominale pour la régulation et pour les alarmes.

Utilisation de la boîte diagnostique

Pour faciliter les réglages de mise en route et de maintenance et pour effectuer le diagnostic de l'état du gradateur, il est recommandé d'utiliser la boîte diagnostique **EUROTHERM, type 260**, connectable sur la Carte alimentation.

Le commutateur à 20 positions de la boîte EUROTHERM, type 260, permet de visualiser sur un afficheur numérique les valeurs des paramètres du fonctionnement du gradateur. La boîte diagnostique EUROTHERM, type 260, ne mesure que des valeurs **continues**. Les signaux alternatifs sont retransmis par les deux bornes indiquées «**Scope**» (pour les observer à l'oscilloscope, par exemple).

Les désignations de chaque position de la boîte diagnostique et des valeurs typiques des signaux mesurés (lues par la boîte diagnostique) sont indiquées dans le tableau 5-10 (page suivante).

Les positions non utilisées :

- gradateurs à une voie : 2, 3, 4, 6, 7, 8, 17, 19 et 20
- gradateurs à deux voies : 3, 4, 7, 8, 19 et 20.

Position	Désignation	Voie	Valeurs typiques lues par la boîte diagnostique	Remarque
1 2 3 4	Mesure de courant	1 2 3 4	Pour le courant nominal Moyen : 3,6 V Efficace : 4 V Crête : 5,65 V	Signal redressé double alternance
5 6 7 8	Signal de commande à l'entrée analogique sur la Carte CCC	1 2 3 4	Pour le signal d'entrée 0-100 % : 0 - 5 V	Réglage usine (potentiomètre P1 sur la Carte CCC)
9 10 11	Alimentation		-15,5 V (-15,45 à -15,55) +15 V (14,5 à 15,5) +21 V (21 à 26 V)	Réglage usine (potentiomètre P1 sur la Carte alimentation) Redressée, filtrée
12	Tension auxiliaire		-	Alternative (Bornes «Scope»)
13	Alimentation		+5 V	Régulée
14	Etat du relais des alarmes		0 V : alarme 3,5 à 5 V : hors alarme	Relais désexcité en alarme
15	Image de tension ligne (après calibration)		Pour la tension nominale du réseau : 4 V	Réglage par potentiomètre P2 («U»)
16 17 18 20	Calibration du courant	1 2 3 4	Pour le courant nominal de charge égal au courant nominal du gradateur : 5 V	Ajustée par potentiomètres : P3 («I1») P4 («I2») P5 («I3») P6 («I4»)
18	Alimentation		0 V	Alimentation de l'électronique

Tableau 5-10 Caractéristiques des positions de la boîte diagnostique EUROTHERM, type 260

Calibration des voies en courant

- Pour chaque voie ou pour chaque système triphasé calculer la tension de calibration U_{CA}

$$U_{CA} \text{ (V)} = 5 \text{ V} \times \frac{\text{Courant nominal de charge}}{\text{Courant nominal du gradateur}}$$

- En tournant le potentiomètre **P3** (repéré par «I1» pour la première voie) faire apparaître la valeur U_{CA} sur l'afficheur de la Boîte diagnostique en position **16**.

La valeur U_{CA} devient l'image du courant nominal pour tous les calculs du courant de la voie, de contre-réaction $U \times I$, du seuil d'intensité et pour la retransmission par la communication numérique. Calibrer les voies suivantes de la même manière en utilisant les potentiomètres correspondants.

Exemple. Calculer la tension de calibration pour une voie d'un gradateur de **40 A** nominal, charge utilisée à **30 A**.

$$U_{CA} \text{ (V)} = 5 \text{ V} \times \frac{30 \text{ A}}{40 \text{ A}} = 3,75 \text{ V}$$

Calibration du gradateur en tension

- Tourner le potentiomètre **P2** (repéré par «U» en face avant) jusqu'à ce que l'afficheur de la boîte diagnostique donne **4 V** en position **15**. La calibration est alors nominale.

VÉRIFICATIONS EN CAS DE FONCTIONNEMENT ANORMAL

Symptôme	Action
1. Le gradateur ne communique pas	1.1. Contrôler la présence de l'alimentation de l'électronique (LED verte) 1.2. Vérifier la position du ST9 = 1 (Carte CCC) 1.3. Contrôler l'adressage du gradateur (ST11 à ST16, ST22 et ST23) et qu'aucun autre gradateur du même bus ne se trouve à la même adresse 1.4. Contrôler la vitesse de la transmission (position du ST10) 1.5. Contrôler le protocole sélectionné (ST21) et celui indiqué sur l'étiquette du microprocesseur utilisé 1.6. Vérifier le câblage de la liaison numérique et que les bornes RX et TX, «+» et «-» ne soient pas inversées (bornier 60 de la Carte CCC) 1.7. Vérifier que le gradateur ait été «réinitialisé» (coupure et remise sous tension de l'électronique) après modification de la configuration
2. Le gradateur ne conduit pas lors d'une demande de conduction par le signal numérique (la communication numérique fonctionne correctement)	2.1. Vérifier le câblage des phases du réseau et la présence effective de la tension 2.2. Vérifier le branchement des charges 2.3. Pour les séries TU1000 et TU2000 vérifier que l'alimentation de l'électronique est en phase avec la tension ligne (la borne 5 sur la Carte alimentation est bien reliée à la Phase) Pour la série TU1001 vérifier la présence de l'alimentation auxiliaire et que le Neutre (ou deuxième phase) soit branché correctement sur les borniers N des Cartes puissance 2.4. Vérifier le câblage de sélection du type de consigne; l'entrée «A/N» (borne 74 sur la Carte CCC) doit être reliée au «+10 V» (borne 73) 2.5. Contrôler que les bornes de validation sur les Cartes de puissance soient bien reliées 2.6. Vérifier que la consigne numérique soit bien reçue 2.7. Vérifier que la ou les voies du gradateur ne soient pas en alarme : indication par relais ou par communication (Mot d'état). 2.8. A l'aide de la boîte diagnostique contrôler la calibration du courant 2.9. Par la communication numérique lire le niveau de la limitation de courant 2.10. Vérifier la connexion des thermocontacts (gradateurs ventilés)
3. Le gradateur configuré avec communication numérique, ne conduit pas lors d'une demande de conduction par la consigne analogique	3.1. Vérifier que le cavalier ST9 sur la Carte CCC est à 1 3.2. Vérifier le câblage de sélection du type de consigne; l'entrée «A/N» (borne 74 sur la Carte CCC) ne doit pas être reliée au «+10 V» (borne 73) 3.3. Vérifier le câblage des signaux analogiques sur la Carte CCC entre le «0V» (bornes 71 ou 72) et les entrées utilisées (bornes de 76 au 79) 3.4. Vérifier que la configuration du signal d'entrée corresponde aux signaux utilisés (cavaliers ST1 à ST8 et ST19 sur la Carte CCC)
	Les actions suivantes correspondent aux actions de 2.1 à 2.3 et de 2.5 à 2.11
4. Le gradateur est en pleine puissance, mais les consignes numérique et analogique sont nulles	4.1. Les thyristors sont en court-circuit 4.2. Le circuit de déclenchement des thyristors est défectueux si les LED rouges ne sont pas allumées 4.3. L'électronique de commande est défectueuse ou le microprocesseur est hors de service si les LED rouges sont allumées

Symptôme	Action
5. La puissance de sortie est très différente de la consigne Demande puissance	5.1.Vérifier sur l'étiquette signalétique le courant nominal du gradateur 5.2.Vérifier la calibration en courant 5.3.Contrôler la valeur du paramètre Limitation de courant 5.4. Vérifier l'état d'alarme Dépassement du seuil du courant 5.5. Vérifier le mode de conduction et le type de régulation 5.6..Vérifier la bonne connexion des transformateurs de courant
6. La lecture de commande est aléatoire	6.1. Vérifier la configuration du protocole de communication (ST21) 6.2. Vérifier que l'étiquette du microprocesseur corresponde au protocole précisé lors de la commande 6.3. Vérifier la position du cavalier ST24 sur la Carte CCC
7. La LED verte de présence de la tension de l'électronique (indiquée sur la face avant : V_{CC}) ne s'allume pas lors de la mise sous tension	7.1.Vérifier la connexion et la présence de tension de l'alimentation auxiliaire (bornes 3 et 5 sur la Carte alimentation) 7.2.Contrôler que la tension réseau corresponde bien à la tension indiquée sur l'étiquette d'identification du gradateur 7.3.Vérifier la configuration du cavalier ST1 sur la Carte alimentation 7.4.Contrôler les tensions : -15,5 V ; +15 V et +5 V par la boîte diagnostique (positions 9, 10 et 13)
8. Le gradateur est calibré en tension, mais pour la tension nominale le paramètre Tension ligne n'égale pas 100% et la boîte diagnostique en position 15 ne donne pas 4 V	8.1.Vérifier sur l'étiquette d'identification du gradateur la conformité de la tension nominale du gradateur avec la tension appliquée 8.2.Vérifier la présence et la valeur de la tension de l'alimentation de l'électronique 8.3.Vérifier la position du cavalier ST1 de la Carte alimentation 8.4.Vérifier la position du cavalier ST18 sur la Carte CCC

Chapitre 6

ALARMES

Sommaire	page
Généralités	6-2
Alarmes générales	6-2
Baisse de tension	6-2
Surtension	6-2
Alarmes locales	6-3
Court-circuit des thyristors	6-3
Surveillance thermique	6-3
Surcharge	6-3
Surintensité	6-4
Rupture totale de charge (TLF)	6-4
Rupture partielle de charge (PLF)	6-5
Réglage de la détection de PLF	6-5
Contrôle du réglage par communication	6-5
Détection de PLF	6-6
Dépassement du seuil d'intensité	6-7
Relais des alarmes	6-8
Acquittement des alarmes	6-8
Gestion des alarmes	6-9

Chapitre 6 ALARMES

GÉNÉRALITÉS

Les alarmes de la gamme TU sont entièrement **gérées par le microprocesseur** qui retransmet ses informations (alarmes actives ou non) par la communication numérique (voir Mot d'état) et par un relais d'Alarmes. L'état actif de certaines alarmes est retransmis par les diodes électroluminescentes (**LED**) rouges sur la face avant du gradateur.

Les alarmes détectent les défauts suivants :

- Sur- et sous-tension
- Echauffement anormal du radiateur
- Surcharge
- Court-circuit des thyristors
- Dépassement du seuil d'intensité
- Rupture totale ou partielle de la charge.

Il y a deux types d'alarmes :

- **générales** - communes à toutes les voies (ou tous les systèmes triphasés) du gradateur - (surveillance de tension de ligne)
- **locales** - particulières à chaque voie (ou système triphasé) du gradateur - (surveillances de la charge et du courant de charge).

La surveillance de la température du radiateur est **générale** pour les gradateurs à 4 voies de la série TU1001 et **locale** pour tous les autres gradateurs.

Les alarmes sont **hiérarchisées**, c'est à dire que l'état actif de certaines alarmes interdit le traitement des alarmes de niveau inférieur. Les alarmes de plus **haut** niveau sont les alarmes qui **inhibent** le gradateur. Les alarmes sous-tension, dépassement du seuil d'intensité, rupture totale de charge et court-circuit des thyristors provoquent **un arrêt immédiat** de la voie (du système triphasé) ou du gradateur.

Toutes les alarmes, sauf la détection de surcharge, changent l'état du **relais d'Alarmes** à contact inverseur **N/O** et **N/F** avec une borne commune (**C**). La **rupture** totale ou partielle de la charge est visualisée en face avant par une diode électroluminescente (**LED**) rouge sur la voie correspondante (séries TU1000 et TU1001). Pour la série TU2000 les alarmes de la rupture totale et de la rupture partielle de la charge sont visualisées par **LED** rouges différentes.

ALARME GÉNÉRALE

Les alarmes générales détectent les variations importantes de la tension de ligne qui est surveillée en permanence (pour les gradateurs TU1451/71 aussi l'échauffement anormal du radiateur, voir page 6-3).

Les informations sur l'état des alarmes générales sont disponibles par la communication numérique dans l'octet de poids **faible** du Mot d'état - l'octet **SW_L**, indice **L** - Low (voir page 4-10).

Baisse de tension

Si la tension ligne baisse de plus de **20%** par rapport à la valeur nominale, le gradateur entre en alarme et :

- inhibe toutes les voies
- décolle le relais d'alarmes
- positionne à **1** le bit **4** du **SW_L**.

Un retour au-dessus de **85%** de la tension nominale permet au gradateur de redémarrer automatiquement (revalidation et positionnement à **0** du bit **4** du **SW_L**).

Surtension

Si la tension ligne devient supérieure de plus de **10%** par rapport à la tension nominale, le relais d'alarmes **est décollé** et le bit **5** de **SW_L** est positionné à **1**. En cas de surtension, le fonctionnement du gradateur **n'est pas inhibé**, la régulation maintient constante la valeur du **U x I** ou **U²** pour le point de fonctionnement donné.

Un retour à une tension inférieure à **105%** de la tension nominale du gradateur remet le relais d'alarmes en état hors alarme et met à **0** le bit **5** de **SW_L**.

ALARMES LOCALES

Sur chacune des voies le système d'alarmes locales détecte les défauts suivants :

- Court-circuit des thyristors
- Surveillance thermique (alarme générale pour gradateurs TU1451/71)
- Rupture totale de charge (**TLF**) et rupture partielle de charge (**PLF**)
- Surcharge, Surintensité (séries TU1000 et TU1001) et Dépassement du seuil d'intensité.

Les informations des alarmes particulières à chaque voie ou à chaque système triphasé, sont disponibles par la communication numérique dans l'octet de poids **fort** du Mot d'état - l'octet désigné **SW_H** (indice **H** - **H**igh).

Les numéros des bits du **SW_H** sont inférieurs de **8** à ceux de **SW**.

Court-circuit des thyristors

La détection de court-circuit des thyristors est active si le courant **mesuré** est supérieur à **70%** du courant nominal de charge (courant calibré), lorsque la demande d'ouverture des thyristors est nulle. La détection n'est pas effectuée si la calibration de courant est inférieure à **10%** du courant nominal du gradateur.

En cas de détection de court-circuit des thyristors dans une des 4 voies, la voie concernée est **inhibée** et le relais d'alarmes est **décollé**. Suivant la série de gradateur et la voie des thyristors en court-circuit, le bit **1** ou **2** de **SW_H** (voir tableau 4-5, page 4-11) est placé à **1**.

Un acquittement d'alarme ou une mise hors tension permet de désactiver cette alarme et de redémarrer le gradateur.

Surveillance thermique

Les gradateurs **TU ventilés** sont surveillés thermiquement par des **thermo-contacts**. En cas d'échauffement anormal du radiateur, l'ouverture du thermo-contact coupe le circuit de commande des thyristors (séries TU1000 et TU2000) ou le circuit de surveillance de tension des Cartes déclenchement (série TU1001). Le microprocesseur détecte alors un défaut de la Rupture totale de charge ce qui provoque :

- l'arrêt du fonctionnement du gradateur pour les gradateurs TU1451/71
- l'inhibition de la voie comportant les thyristors dont les jonctions sont surchauffées pour les autres modèles de la séries TU1001 et pour les séries TU1000 et TU2000
- le décollage du **relais Alarmes**
- le positionnement à **1** des bits **4** et **5** de **SW_H** (voir page 4-11)
- l'allumage en face avant des **LED** correspondant aux voies concernées.

Pour redémarrer le gradateur inhibé, il faut opérer un acquittement d'alarme (voir page 6-8).

Surcharge

L'alarme de Surcharge signifie que la résistance d'une des voies **au moment du réglage PLF** est inférieure à la résistance nominale de la charge..

La détection de la Surcharge sur chacune des voies est effectuée par une comparaison entre la résistance nominale de la charge (**R_{CN}**) et la résistance de charge en cours (**R_C**). Ces résistances sont calculées par le rapport de la tension et du courant calibrés (**R_{CN}**) et par le rapport de la tension et du courant mesurés (**R_C**). La comparaison est effectuée après chaque demande du réglage de détection de rupture partielle de charge.

L'alarme Surcharge est active si $R_C < R_{CN}$.

La détection de Surcharge tient compte du type de la charge (linéaire ou éléments infrarouges courts).

En cas de détection de surcharge, le bit **0** du **SW_H** du système triphasé concerné est mis à **1** (série TU2000); pour les autres gradateurs c'est le bit **1** du **SW_H** qui transmet l'état d'alarme Surcharge. Le relais d'alarmes ne change pas d'état.

L'acquiescement s'effectue après une nouvelle demande de réglage PLF si l'erreur a disparu, ou par l'envoi du code de commande **04** à l'adresse de la voie concernée. Si l'alarme a disparu les bits correspondants du **SW_H** se mettent à 0.

L'alarme Surcharge provient soit d'une charge de faible résistance soit d'une mauvaise calibration.

Surintensité

Si le courant efficace dépasse le courant nominal de charge une erreur de Surintensité est détectée.

La détection de Surintensité est active sur les gradateurs des séries **TU1000** et **TU1001** seulement.

Lors d'une surintensité, le gradateur continue de fonctionner, l'information est disponible par l'état du bit **4** d'octet de poids fort du Mot d'état. Après la détection de Surintensité le bit **4** du **SW_H** est positionné à 1 (sauf, série TU2000).

Avec l'alarme Surintensité, le réglage de détection de rupture partielle de charge n'est plus autorisé.

L'alarme disparaît quand le courant redevient inférieur à la valeur du courant nominal de la charge (le paramètre Courant de charge est inférieur au paramètre Courant calibré) ou par un acquittement d'alarme.

Rupture totale de charge (TLF)

Le fonctionnement du gradateur avec le courant inférieur à **1,5%** du courant nominal de charge, lorsque la tension de charge est supérieure à **30%** de la tension calibrée, est considéré comme une rupture totale de charge.

La détection de **TLF** s'effectue sur chaque voie. La cause de l'alarme de **TLF** est un des cas suivants :

- rupture totale de charge
- échauffement anormal du radiateur (protection du thermo-contact, voir page précédente)
- rupture fusible (protection des thyristors ou d'alimentation de la puissance)
- défaut de connexion
- thyristors en circuit ouvert
- système de déclenchement des thyristors défectueux
- déconnection de la borne «**VAL**» de «**+10V**» (série TU1001, Cartes déclenchement) ou des bornes «**VAL**» (séries TU1000 et TU2000, Cartes puissance)

Pour les gradateurs de la série TU2000 contrôlant deux phases des charges triphasées, l'absence de tension du réseau d'une des phases **contrôlées** provoque une alarme **TLF**. L'absence d'une phase **directe** provoque l'alarme **PLF**.

La détection de **TLF** n'est active que pour une calibration d'une voie supérieure à **10%** du courant nominal du gradateur. Si la rupture totale de charge sur une des voies est détectée, après un temps d'intégration de **5 s**, la voie est **inhibée** et le **relais** d'alarmes est **décollé**.

La **LED rouge**, correspondante à la voie concernée, en face avant du gradateur est allumée.

L'information de la détection de rupture totale de charge positionne à **1** les bits suivants :

- le bit **5** ou le bit **4** du **SW_H** selon la voie du système triphasé en défaut (série TU2000)
- le bit **5** du **SW_H** pour la voie adressée (séries TU1000 et TU1001, voir page 4-11).

La voie ou le système inhibé redémarre après l'acquiescement d'alarme (voir page 6-8).

Rupture partielle de charge (PLF)

L'augmentation considérable de l'impédance de la charge due à la détérioration des éléments de charge ou des connexions, ou de la rupture d'une partie des éléments branchés en parallèle, porte le nom de Rupture partielle de charge (PLF).

L'utilisation de la fonction PLF comporte deux étapes distinctes :

- une phase de réglage
- une phase de surveillance (détection).

Réglage de la détection de rupture partielle de charge

Le réglage d'un seuil de détection de rupture partielle de charge (**PLF**) s'effectue automatiquement. **Toutes les voies** d'un même gradateur peuvent être réglées en même temps quel que soit le type de réglage.

Ce réglage peut être demandé par le bouton-poussoir de face avant, par l'entrée externe ou par la communication .

Pour effectuer le réglage d'un seuil de détection de PLF il faut calibrer le gradateur en courant et en tension : ajuster les valeurs nominales d'utilisation pour que la détection de PLF présente la meilleure sensibilité, et ensuite choisir un type de réglage parmi les 3 suivantes possibilités:

- Appuyer sur le bouton-poussoir «**PLF**» en face avant
- Appliquer le signal **0 V** sur l'entrée analogique «**Réglage PLF**» du connecteur sur la Carte CCC (borne **75**)
- Envoyer le code de commande **05** par la liaison numérique à l'adresse de la voie concernée ou à l'adresse de diffusion (tous les gradateurs sur le même bus de communication sont réglés).

Attention

Le réglage de PLF n'est possible que si les conditions suivantes sont réalisées :

- Calibration de courant supérieur à 25% du courant nominal du gradateur (paramètre **Courant calibré > 25%**)
 - Courant efficace de charge supérieur à 30% du courant calibré (paramètre **Courant charge > 30%**)
 - Tension efficace de charge supérieure à 30% de la tension calibrée (paramètre **Tension charge > 30%**).
-

Dans ces conditions, le microprocesseur effectue le réglage et calcule l'impédance. La valeur de réglage est stockée en EEPROM ce qui permet à la Carte CCC de retrouver son réglage après chaque démarrage. Pour la série TU2000 le réglage s'effectue à partir des valeurs qui sont les **moyennes** des **trois** courants **efficaces** et des **trois** tensions **efficaces** de charge.

Il est **recommandé** de demander un nouveau réglage de PLF après avoir changé le mode de conduction des thyristors.

Contrôle du réglage par communication numérique

Si le bit **14** du Mot d'état est affiché à **1**, la séquence de réglage s'est déroulée correctement.

Dans le cas contraire, la valeur du bit **14** du Mot d'état est égale à **0**.

La valeur de réglage (l'impédance calculée par microprocesseur) est stockée en mémoire permanente (EEPROM). Si l'EEPROM est non initialisée, aucune valeur des paramètres n'a été stockée.

En cas de non-initialisation ou d'altération de l'EEPROM quelle qu'en soit l'origine, la détection de la rupture partielle de charge n'est pas réglée, et le Mot d'état correspondant reste inchangé.

Détection de PLF

Pendant la phase de surveillance, le microprocesseur calcule régulièrement en scrutation l'impédance de chaque voie et la compare à la valeur d'impédance mémorisée lors de la séquence du réglage du seuil de détection.

La détection de PLF ne peut pas avoir lieu si le réglage n'a pas été effectué ou s'il a échoué.
Dans ce cas le bit **6** du **SW_H** est à **0**.

Les valeurs mesurées de la tension efficace du réseau (entre les phases contrôlées pour la série TU2000) et des courants efficaces de ligne, ainsi que l'information de l'angle de conduction des thyristors ou du rapport cyclique permettent au microprocesseur de calculer les impédances de chaque charge. Comme pendant la phase du réglage, ce calcul est effectué sur les valeurs du paramètre **Courant charge** (valeur du courant en pourcentage du courant calibré) et du paramètre **Tension charge** (valeur de la tension en pourcentage de la tension calibrée). Pour la série TU2000 ces paramètres de la charge sont les **moyens** des trois valeurs efficaces des courants et des tensions, respectivement.

La comparaison des valeurs d'impédance **calculée** sur les mesures et **mémorisée** pendant le réglage PLF, permet de détecter sur une des voies la rupture partielle ou l'augmentation de la résistance de la charge.

La détection de PLF est adaptée au type de la charge (résistive fixe ou éléments infrarouges courts).

En cas de détection de rupture partielle de la charge:

- le bit **7** de **SW_H** pour la voie concernée est positionné à **1**
- la **LED** (ou les LED pour la série TU2000) correspondante est allumée sur la face avant
- le relais Alarmes est **désactivé**.

Etant donné que la détection de PLF s'effectue à partir des mesures des courants des thyristors, et de la tension charge, le niveau de détection de PLF est **différent** suivant que la charge est monophasée ou triphasée, couplée en **étoile** ou en **triangle**, et que la rupture de la charge a lieu dans une phase **contrôlée** ou non.

La sensibilité de PLF peut être décrite par le nombre **N** d'éléments montés en parallèle, dont la rupture de l'un d'eux est détectée par le circuit de PLF. Le tableau suivant donne l'information permettant de définir la sensibilité de PLF pour les différentes séries de la gamme TU, lorsque la charge contrôlée est constituée de **N** éléments identiques montés en parallèle, quelque soit le type des éléments (résistif ou infrarouges courts).

Série	Charge	Montage	Nombre N d'éléments en parallèle
TU1000 TU1001	Monophasée	-	6
TU2000	Triphasée	Etoile sans neutre Phase contrôlée	4
		Etoile sans neutre Phase directe	2
		Triangle (quelle que soit la branche du triangle concerné)	3

Tableau 6-1 Sensibilité de la détection de rupture partielle de charge

L'alarme PLF est acquittée dans les cas suivants si :

- le défaut **disparaît**
- un **acquiescement** d'alarme est transmis
- un nouveau **réglage** de PLF est demandé.

Dépassement du seuil d'intensité

La consigne du dépassement du seuil d'intensité (le paramètre **Limitation de Courant**) fixe le niveau maximum du courant efficace admissible dans chaque charge.

La valeur nominale du courant de charge (I_{CN}) après la procédure de la calibration de chaque voie en courant correspond à **100%** du paramètre Limitation de courant :

$$I_{CN}(A) = \frac{\text{Courant nominal du gradateur (A)} \times \text{Courant calibré}(\%)}{100}$$

Le **seuil d'intensité** (ou Courant limité - I_{LIM}), compte tenu du paramètre Limitation de courant, est fixé au niveau :

$$I_{LIM}(A) = \frac{\text{Courant nominal de charge (A)} \times \text{Limitation de courant}(\%)}{100}$$

Exemple. Déterminer le Courant Limité (seuil d'intensité) pour le gradateur dont le courant nominal est 75 A, la calibration est à 80% et la consigne Limitation de courant est à 50%.

Courant nominal de la charge :

$$I_{CN} = \frac{75 \text{ A} \times 80\%}{100\%} = 60 \text{ A}$$

Le courant limité:

$$I_{LIM} = \frac{60 \text{ A} \times 50\%}{100\%} = 30 \text{ A}$$

La valeur efficace du courant de charge (calculée par microprocesseur sur la période de récurrence en mode de conduction Train d'onde ou à chaque période du réseau en mode Angle de phase) est comparée à la consigne Limitation de courant à chaque période de calcul.

Suivant le **mode de conduction** des thyristors **deux modes d'action** sur le dépassement du seuil d'intensité sont prévus.

Mode de conduction Angle de Phase (série TU1001 uniquement) :

L'apparition d'un courant supérieur au Courant limité entraîne une modification du paramètre Demande de puissance, prioritaire sur la régulation, pour **diminuer l'angle de conduction** des thyristors afin de maintenir le courant efficace de charge inférieur au seuil d'intensité (**action «Limitation de courant»**).

La voie concernée **reste** active. La consigne Demande de puissance est **la plus petite** parmi :

- la consigne Limitation de courant et
- la consigne Régulation .

Modes de conduction Train d'ondes, Syncopé et Démarrage progressif (toutes les séries) :

Dès que le courant de charge dépasse de 10% le seuil d'intensité, la voie (ou le système triphasé) concernée est **inhibée**. Le redémarrage n'est possible qu'après l'acquittement d'alarme (voir page suivante).

L'état d'alarme Dépassement du seuil d'intensité quel que soit le mode d'action (Limitation de courant ou Inhibition) est disponible par le bit **3** du SW_H (voir tableau 4-5, page 4-11). Le bit **3** est à **1** quand le courant de charge dans la voie adressée a dépassé le seuil d'intensité (100% du Courant Limité en Phase Angle ou 110% du Courant Limité en autres modes de conduction).

En cas de non-initialisation ou d'altération de l'EEPROM, le microprocesseur initialise le paramètre du dépassement du seuil d'intensité à 100%.

RELAIS DES ALARMES

Le relais des alarmes change son état quand une des alarmes (sauf Surcharge et Surintensité) est active.

Son contact-inverseur (normalement ouvert : **N/O** , normalement fermé : **N/F** et commun : **C**) peut être utilisé pour indiquer certaines alarmes des charges et du réseau. Le relais des alarmes est **désexcité** en alarme.

Le relais des alarmes est situé sur la Carte alimentation.

Le pouvoir de coupure du contact est **0,25 Aac (220 Vac ou 30 Vdc)**.

ACQUITTEMENT DES ALARMES

Pour acquitter les alarmes (sauf les alarmes sous- et surtension) il est possible de :

- mettre **hors** tension l'alimentation de l'électronique (sur la Carte **CCC**)
- utiliser le code de commande.

L'envoi du code de commande **04** permet d'acquitter l'alarme des défauts suivants :

- Rupture totale de charge
- Rupture partielle de charge
- Court-circuit des thyristors
- Surintensité
- Surcharge
- Dépassement du seuil d'intensité (en mode de conduction Train d'ondes).

Lorsque la communication numérique n'est pas utilisée (**ST9 = 0**), l'application d'un **signal positif** entre les bornes « **RX-** » et « **RX+** » implique un acquittement des alarmes.

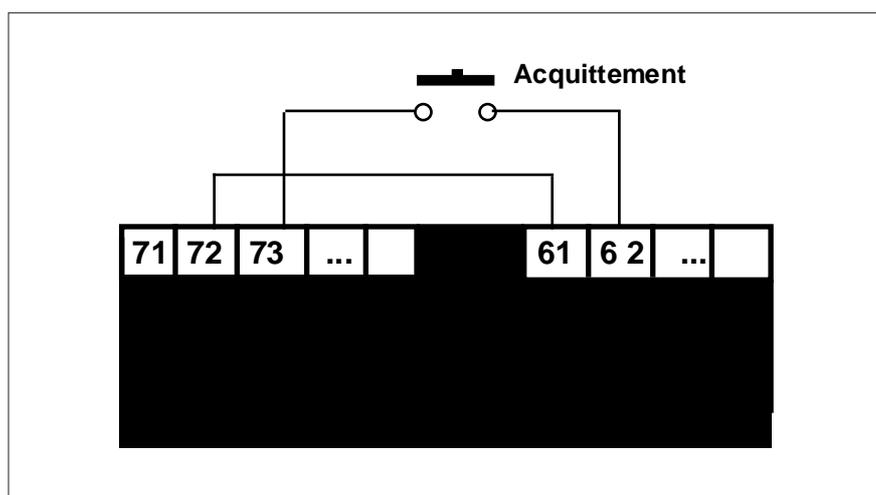


Figure 6-1 Acquittement des alarmes lorsque la communication n'est pas utilisée

GESTION DES ALARMES

Pour mieux comprendre le fonctionnement des alarmes des gradateurs de la gamme TU, les caractéristiques principales de tous les types d'alarmes sont réunies dans les tableaux 6-2 et 6-3.

Dans ces tableaux :

- U_L - tension ligne
- U_{LN} - tension nominale de ligne
- U_C - tension de charge
- U_{CN} - tension nominale de charge (tension de calibration)

- I_C - courant de charge
- I_{CN} - courant nominal de charge (courant de calibration)
- I_{GN} - courant nominal du gradateur
- I_{LIM} - courant limité

- R_{CN} - résistance nominale de charge
- R_C - résistance de charge
- R_M - résistance R_{CN} mémorisée au moment du réglage PLF.

Alarme			Conditions de déclenchement des alarmes
Type	Valeur surveillée	Anomalie	
Générale	Tension	Surtension	$U_L > 110\% U_{LN}$
		Sous-tension	$U_L < 80\% U_{LN}$
Locale	Charge	Surcharge	$R_C < (R_{CN} = R_M)$ et demande de Réglage PLF
		Rupture partielle de charge (PLF)	Rupture d'un élément sur 6 (séries TU1000/1001) Rupture d'un élément sur 2 à 4 (série TU2000) à conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Courant calibré > 25% I_{GN} • Courant charge > 30% I_{CN} • Tension charge > 30% U_{CN}
		Rupture totale de charge (TLF)	$I_C < 1,5\% I_{CN}$ à conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Courant calibré > 10% I_{GN} • Tension charge > 30% U_{CN} • Demande de puissance $\neq 0$
	Courant	Surintensité	$I_C > I_{CN}$ (séries TU1000/1001)
		Court-circuit des thyristors	$I_C > 70\% I_{CN}$ à conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Courant calibré > 10% I_{GN} • Demande de puissance = 0
		Dépassement du seuil d'intensité	$I_C > 110\% I_{LIM}$ en Train d'ondes $I_C > 100\% I_{LIM}$ en Angle de phase
	Température	Echauffement anormal	Température du radiateur des thyristors supérieure à l'admissible

Tableau 6-2 Caractéristiques générales des alarmes

Le tableau suivant donne les états du relais des alarmes, des thyristors et des diodes électroluminescentes (LED) en alarme et les observations.

Anomalie	Etats				Observation			
	Relais en alarme	Inhibition des thyristors	Allumage des LED	Numéro de bit du Mot d'état	Acquittement	Hors alarme	Fonction de PLF	
Surtension	+	-	-	5	-	105% U_{NL}	Active	
Sous-tension	+	+	-	4	-	85% U_{NL}	Inactive après inhibition	
Surcharge (au moment du réglage de PLF)	TU1000 TU1001	-	-	9	+	-	Active après réglage	
	TU2000			8				
PLF	TU1000 TU1001	+	-	LED 1 à 4 Suivant voie concernée	15	+	$R_C=R_M$	Active
	TU2000			LED1 Système 1 LED3 Système 2				
TLF	TU1000 TU1001	+	+	LED 1 à 4 Suivant voie concernée	13	+	Après acquittement	Inactive
	TU2000			LED1 ou 2 Voie 1 ou 2	12			
				LED 3 ou 4 Voie 3 ou 4	13			
Surintensité	TU1000 TU1001	-	-	-	12	+	$I_C < I_{NC}$	Active (réglage inactif)
Court-circuit thyristors	TU1000 TU1001 TU2000	+	+	-	10 Voie adressée	+	Après acquittement	Inactive
					9 Voie 1 ou 3			
					10 Voie 2 ou 4			
Dépas - sement du seuil d'intensité	Train d'ondes	+	+	-	11	+	Après acquittement	Inactive après inhibition
	Angle de phase	-	-	-	11	-	-	Active

Tableau 6-3 Informations et observations des alarmes

ANNEXES

Sommaire	page
Annexe A Tableau des caractères ASCII	Ann.2
Annexe B Glossaire	Ann.3
Annexe C Index	Ann.7

Annexe A

CARACTÈRES ASCII

Caractère	Explication	Code ASCII		
		Décimal	Hexadécimal	Binaire (7 bits)
STX	Début de texte	2	02	000 0010
ETX	Fin de texte	3	03	000 0011
EOT	Fin de transmission	4	04	000 0100
ENQ	Demande de réponse	5	05	000 0101
ACK	Accusé de réception positif	6	06	000 0110
NAK	Accusé de réception négatif	21	15	000 0111
Espace		32	20	010 0000
+	Signe «plus»	43	2B	010 1011
-	Signe «moins»	44	2C	010 1100
.	Point décimal	46	2E	010 1110
0	Chiffres	48	30	011 0000
1		49	31	011 0001
2		50	32	011 0010
3		51	33	011 0011
4		52	34	011 0100
5		53	35	011 0101
6		54	36	011 0110
7		55	37	011 0111
8		56	38	011 1000
9		57	39	011 1001
>	Signe "plus grand que"	62	3E	011 1110
A	Lettres majuscules	65	41	100 0001
B		66	42	100 0010
C		67	43	100 0011
D		68	44	100 0100
E		69	45	100 0101
F		70	46	100 0110
G		71	47	100 0111
H		72	48	100 1000
I		73	49	100 1001
J		74	4A	100 1010
K		75	4B	100 1011
L		76	4C	100 1100
M		77	4D	100 1101
N		78	4E	100 1110
O		79	4F	100 1111
P		80	50	101 0000
Q		81	51	101 0001
R		82	52	101 0010
S		83	53	101 0011
T		84	54	101 0100
U		85	55	101 0101
V		86	56	101 0110
W		87	57	101 0111
X		88	58	101 1000
Y		89	59	101 1001
Z		90	5A	101 1010

Tableau Ann-1 Caractères ASCII utilisés dans la communication numérique de la Gamme TU

Annexe B

GLOSSAIRE

Acquittement	Procédé de déverrouillage de fonctionnement du gradateur et (ou) remise à état normal de l'indication d'alarme (à condition que le ou les défauts aient disparu)
Adresse	Nombre hexadécimal indiquant la place du paramètre ou du code dans la mémoire
Adresse physique	Nombre décimal indiquant la voie indépendante de puissance ou un système triphasé du gradateur. En protocole Eurotherm l'adresse physique formée par deux caractères hexadécimaux indiquant le numéro du groupe (par 16 unités) et le numéro de l'unité à l'intérieur du groupe. En protocoles Modbus®/Jbus® l'adresse physique est le numéro d'Esclave (NES) en binaire (1 octet).
Angle de conduction	Durée de l'état conductif d'un thyristor (pendant une alternance d'une tension positive du réseau) exprimée en degrés électrique ou en radians
Angle de phase	Mode de conduction des thyristors par variation d'angle d'amorçage
Angle d'ouverture	Déphasage (exprimé en degrés électriques ou en radians) entre le zéro d'alternance de tension positive et l'amorçage du thyristor
ASCII	Code instoré par American Natioonal Standards Institute et représenté par les lettres, chiffres et les signes des ponctuation.
Bit de «start»	Bit d'une trame d'un caractère de communication qui signale au récepteur le début de la transmission
Bit de «stop»	Bit d'une trame d'un caractère de communication qui signale au récepteur la fin de la transmission
Bit de parité	Bit configurable d'une trame d'un caractère de communication qui permet un contrôle des caractères transmis; configuration : parité paire, impaire ou pas de parité
Boîte diagnostique	Unité EUROTHERM, type 260 permettant de mesurer et d'afficher en chiffres digitaux les signaux de contrôle, la tension d'alimentation de l'électronique et du relais Alarmes, durant les procédures de calibration, de mise en route, de maintenance, de diagnostique de fonctionnement du gradateur, etc.
Baud	Unité de la vitesse de transmission des données pour une liaison série qui représente le nombre des bits transmis en une seconde.
Bus (Bus de communication, Bus série)	Terme général désignant le support matériel (toron, cordon...) utilisé pour relier les appareils (unité central et divers périphériques) qui doivent dialoguer ensemble.
Buffer (d'entrée)	Espace de mémoire réservée pour chaque Esclave.

Calibration	Procédé de normalisation des grandeurs physiques d'installation (courant nominal de la charge et tension nominale du réseau utilisé) par rapport aux courant et tension du gradateur, permettant d'ajuster les images des grandeurs physiques dans le microprocesseur à 100%.
Carte CCC	Carte électronique de contrôle et de communication numérique, équipée d'un microprocesseur, qui prend en charge la régulation locale du gradateur, la gestion d'alarme, envoi des ordres de commande aux systèmes d'amorçage des thyristors et qui communique avec un système de supervision (ou avec un régulateur) par un bus numérique.
Cavalier de configuration	Fiche de court-circuitage d'une paire de picots sur les cartes électroniques, utilisée pour effectuer la configuration désirée.
Communication numérique	Système d'échange des données transmises par des chaînes de caractères, décomposées en une série de bits émis l'un après l'autre sur une liaison standardisée.
Configuration	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procédé d'installation du mode de fonctionnement, du niveau des signaux d'entrée, des paramètres de la communication numérique etc, au moyen de cavaliers ou de codes de commande 2. Régime de fonctionnement du gradateur, installé suivant la commande de l'utilisateur ou suivant la modification lors de la procédure de mise en route.
Consigne	Signal qui représente la valeur prescrite pour la grandeur de régulation.
Consigne en attente	Demande de puissance pour transfert rapide en consigne numérique en cours (remplacement de la consigne numérique en cours).
Courant calibré	Paramètre de fonctionnement indiquant la valeur de la calibration de courant (égale au courant nominal de la charge utilisée).
Demande de puissance	La valeur de sortie du régulateur interne qui correspond : <ul style="list-style-type: none"> - à la demande d'ouverture des thyristors en mode de conduction Angle de phase - au rapport cyclique en mode de conduction Train d'ondes.
Démarrage progressif	Etablissement progressif du courant de charge par variation d'angle de conduction de thyristors pendant les 4 premières des 8 périodes du fonctionnement en Train d'ondes
Détection de rupture partielle de charge	Informations par communication numérique, par LED rouges de face avant et par contact inverseur du relais Alarmes de l'augmentation anormale d'impédance de charge (par exemple, d'une rupture d'un ou de plusieurs éléments chauffants branchés en parallèle).
Détection de rupture totale de charge	Procédé de fixation et d'information de la diminution anormale du courant de la charge (inférieur de 1,5% du courant nominal) lorsque la tension de charge est plus de 30% de la tension calibrée. L'information de TLF est transmise par communication numérique, par LED rouges de la face avant et par contact inverseur du relais Alarmes.
Ecriture	Procédé de modification de la valeur d'un (ou des) paramètre.
EEPROM	Mémoire reprogrammable et effaçable utilisée pour le stockage des données.
Esclave	Appareil (en cas de la gamme TU - une voie indépendante de puissance ou un système triphasé d'un gradateur) qui n'a pas la maîtrise du bus de communication et qui par conséquence fonctionne sous la gestion du Maître (il peut répondre à la demande du Maître ou changer son fonctionnement).

Gradateur	Unité à thyristors, branchée entre le réseau et la charge, destinée à contrôler la puissance dissipée dans une charge électrique par le contrôle de l'état passant des thyristors. Le gradateur est contrôlé par un signal de commande analogique ou numérique et comporte une boucle de régulation interne.
Inhibition	Arrêt de fonctionnement du gradateur (ou d'une partie du gradateur) et interdiction de fonctionnement jusqu'à nouvelle autorisation (par un signal logique ou numérique ou par une connexion prévue).
Interface	Circuit qui génère ou reçoit des signaux logiques et analogiques d'un procédé.
Lecture	Procédé de demande d'information de la valeur d'un (ou des) paramètre.
Limitation de courant	<ol style="list-style-type: none">1. Consigne, contenant les valeurs du seuil d'intensité admissibles pour chaque voie (consigne utilisateur)2. Action de diminution de courant de la charge par variation d'angle d'ouverture des thyristors afin de maintenir le courant efficace inférieur au seuil d'intensité fixé par la consigne Limitation de courant.
Maître	Système numérique qui contrôle et commande des appareils (des esclaves) en envoyant par le bus de communication des ordres de changement de la valeur du paramètre ou de transmission d'information nécessaire.
Mnémonique	Désignation d'un des paramètres de fonctionnement en protocole de communication EURO THERM représentant les abréviations des noms de paramètres en anglais
Mot d'état	Paramètre de fonctionnement du gradateur et des alarmes contenant les informations sur l'état du gradateur et des alarmes. Mot d'état se composant de deux octets, l'état (0 ou 1) de chaque bit indique l'information prédéfini.
Mot de contrôle	<ol style="list-style-type: none">1. En protocole EURO THERM : BCC (Block Check Character - Caractères de Contrôle) Nombres en ASCII utilisés pour le contrôle de différentes phases de transmission (début et fin de texte, transmission de données, accusé de réception)1. En protocoles MODBUS®/JBUS® : CRC (Contrôle de Redondance Cyclique) Somme binaire de contrôle offrant la grande probabilité de détection d'erreur de transmission; envoyée à la fin de chaque message et comparée au résultat d'une opération logique sur les caractères du message.
Paramètre	Une des variables (logique ou analogique) du fonctionnement du gradateur (tensions, courants, puissance de sortie, consignes des signaux d'entrée utilisées, seuils de courant ou de consigne limités) ou des informations de l'état du gradateur et des alarmes.
Protocole de communication	Ensemble de règles déterminant l'organisation et tous les éléments d'échange des données entre l'émetteur et le récepteur d'information.
Protocole EURO THERM	Protocole de communication conforme aux normes ANSI x3.28 ayant comme mode de transmission la chaîne de caractères ASCII en format de 10 bits.
Protocoles MODBUS® / JBUS®	Pour la gamme TU : protocoles binaires de communication conformes aux normes RTU (Remote Terminal Unit) ayant comme mode de transmission la chaîne de caractères binaires en format de 10 bits.

RS232 et RS422	Appellation donnée à deux standards de communication, utilisés pour véhiculer les informations sur un bus de communication; ces standards définissent le nombre de conducteurs, la longueur maximum de liaison, les niveaux des tensions.
Syncopé	Mode de conduction des thyristors introduisant un cycle proportionnel avec une seule période complète de conduction (ou de non conduction) et qui consiste à délivrer à la charge une série de périodes de la tension du réseau. La mise en conduction et hors conduction de la voie à thyristors se produit au zéro de tension thyristor.
Système de supervision	Poste de supervision et de contrôle commande qui constitue un accès rapide et hiérarchisé à l'affichage opérationnel des information en temps réel.
Système triphasé	Partie du gradateur de la série TU2000 composée de deux voies à thyristors. Avec une phase directe, cette partie du gradateur contrôle une charge triphasée en montage étoile sans neutre ou en triangle fermé.
Superviseur	Éléments périphériques permettant de gérer l'ensemble des appareils en temps réel.
Surcharge	Alarme signifiée que la résistance de la charge d'une des voies au moment du réglage de PLF est inférieure à la résistance nominale de la charge.
Surintensité	Alarme signifiée que le courant efficace de charge dépasse la valeur du courant calibré (courant nominal de la charge)
Train d'ondes	Mode de conduction des thyristors introduisant un cycle proportionnel qui consiste à délivrer à la charge contrôlée une série de périodes complètes de la tension du réseau. La mise en conduction et hors conduction du gradateur se fait au zéro de tension. La régulation de la puissance délivrée à la charge est effectuée avec la durée de conduction (ou de non conduction) constante (pour la gamme TU cette durée est fixée à 8 périodes) et le temps de modulation variable.
Validation	Procédé d'autorisation de fonctionnement du gradateur ou d'un des systèmes triphasés effectué par l'envoi d'un code de commande ou par la connexion de deux bornes sur la carte de puissance.
Voie à thyristors (Voie de puissance)	Partie indépendante du gradateur qui se compose de deux thyristors branchés tête-bêche avec un système de déclenchement, un transformateur de mesure du courant et un circuit de protection.

Annexe C

INDEX

A		D	
Accusé transmission		Déclenchement	
lecture	2-7, 2-15	alarmes	6-9
écriture	2-13	thyristors	4-3
Acquittement des alarmes	6-8	Demande de puissance	2-9, 4-5, 5-15
Adresse		Dépassement du seuil d'intensité	6-7
paramètres (Modbus/Jbus)	3-2, 4-7	Diagnostic	
physique	2-2, 3-2, 4-8, 4-9	gradateur	5-18
Alarmes		message (Modbus/Jbus)	3-11
gestion	6-9	Diffusion	2-14, 4-9
générales	6-2	Disponibilité des modèles TU	4-4
locales	6-3	Disposition	
observation	6-10	bits (Modbus/Jbus)	3-4
Angle de phase	5-12	cartes électroniques	5-2
Applications de la gamme TU	4-2		
B		E	
Bits du Mot d'état	4-10, 4-11	Ecriture	
Boîte diagnostique	5-19, 5-20	Eurotherm	2-11, 2-12
Bus de communication	1-3, 5-9	Modbus/Jbus	3-3, 3-9, 3-10
C		Entrée analogique	5-7, 5-8
Calibration	5-18, 5-19	Erreur de message	
Caractères		Eurotherm	2-16
ASCII	Ann-3	Modbus/Jbus	3-14
de message (Eurotherm)	2-3	Esclave	1-4
Cartes électroniques		Etablissement de transmission	
alimentation	5-3	lecture (Eurotherm)	2-4
CCC (microprocesseur)	1-2, 4-4, 5-5	écriture (Eurotherm)	2-11
déclenchement et puissance	5-2	F	
Codes		Fonctionnement anormal	5-21, 5-22
commande	4-12, 4-13	Fonctions Lecture/Ecriture	
erreurs (Modbus/Jbus)	3-14	(Modbus/Jbus)	3-2, 3-4
fonction Lecture/Ecriture	3-4	Format	
Communication numérique	1-2, 1-3	données	
Configuration		Eurotherm	2-2
adresse	5-6	Modbus/Jbus	3-3
alimentation de l'électronique	5-3	paramètres	
paramètres de communication	5-5	Eurotherm	4-6
type de régulation et de charge	5-6	Modbus/Jbus	4-7
mémoire permanente	5-8	G	
Consigne		Gamme TU (présentation)	4-2, 4-3
analogique	2-8, 4-4, 4-5, 5-7	Groupe d'adresse (Eurotherm)	2-4, 2-8, 2-11
en attente	4-5	I	
de travail	4-5, 5-17	Inhibition	5-13
numérique	2-8, 4-5, 5-9		
Contrôle de message			
Eurotherm	2-2, 2-16		
Modbus/Jbus	3-2, 3-4, 3-12		
Courant calibré	4-5, 5-19, 6-7		

L

Lecture	
Eurotherm	2-4, 2-5
Modbus/Jbus	3-3, 3-5, 3-6, 3-8
Limitation	
de consigne	4-5, 5-17
de courant	5-13, 6-7

M

Maître	1-4
Mémoire permanente	4-6, 4-7, 5-8
Mnémoniques	2-2, 4-6
Mode initial de conduction	5-6
Modes de conduction des thyristors	4-3, 5-10 à 5-12
Mot d'état	2-10, 3-2, 3-7, 4-5, 4-10, 4-11
Mot de contrôle	
Eurotherm	2-2, 2-16
Modbus/Jbus	3-4, 3-12, 3-13

N

Nom des modèles TU	4-3
Numéro d'Esclave	3-3

P

Paramètres de fonctionnement (paramètres de communication)	4-5
Eurotherm	4-6
Modbus/Jbus	4-7
Protocole de communication	1-2, 5-8
Eurotherm (générales)	2-2
Modbus®/Jbus® (générales)	3-2

R

Réglage PLF	6-5
Régulation	5-14, 5-16
Relais des alarmes	6-8
Retransmission	5-14
Rupture	
de communication	5-16
partielle de charge	6-5, 6-6
totale de charge	6-4

S

Scrutation de paramètres	2-5, 2-7
Séquences de transmission	
Eurotherm	2-3
Modbus/Jbus	3-3
Sous-tension	6-2
Surcharge	6-3
Surintensité	6-4
Surtension	6-2
Surveillance thermique	5-4, 6-2, 6-3
Syncopé	5-11

T

Temps de réponse	4-14
Termocontact	5-4
Train d'ondes	5-11
Transmission de message	1-4
Eurotherm	2-3
Modbus/Jibus	3-3

U

Unité d'adresse (Eurotherm)	2-4, 2-8, 2-11
-----------------------------	----------------

V

Validation	5-13
Version spéciale	5-17
Vitesse de communication	5-5

EUROTHERM AUTOMATION S.A. Service régional

SIÈGE SOCIAL ET USINE

6, Chemin des Joncs
B.P. 55
69572 DARDILLY Cedex
F R A N C E
Tél. : 78 66 45 00
Fax : 78 35 24 90
Télex: 380 038 F

AGENCES

Aix-en-Provence

Tél.: 42 39 70 31

Colmar

Tél.: 89 23 52 20

Lille

Tél.: 20 96 06 39

Lyon

Tél.: 78 66 45 10

78 66 45 12

Nantes

Tél.: 40 30 31 33

Paris

Tél.: (1) 69 18 50 60

Toulouse

Tél.: 61 71 99 33

BUREAUX

Bordeaux
Clermont-Ferrand
Dijon
Grenoble
Metz
Normandie
Orléans

Usine de Dardilly certifiée qualité **AFAQ ISO 9001**

© Copyright Eurotherm Automation S.A. 1991

Tous droits réservés. Toute reproduction ou transmission sous quelque forme ou quelque procédé que ce soit, sans autorisation écrite d'Eurotherm Automation, est strictement interdite.

SOCIÉTÉS EURO THERM DANS LE MONDE

ALLEMAGNE

Eurotherm Regler GmbH
Tél. (+49 6431) 2980
Fax (+49 6431) 298119

FRANCE

Eurotherm Automation SA
Tél. (+33) 4 78 66 45 00
Fax (+33) 4 78 35 24 90
Web: www.eurotherm.tm.fr

JAPON

Eurotherm Japan Ltd.
Tél. (+81 3) 33702951
Fax (+81 3) 33702960

AUSTRALIE

Eurotherm Pty. Ltd.
Tél. (+61 2) 9634 8444
Fax (+61 2) 9634 8555

GRANDE-BRETAGNE

Eurotherm Controls Ltd.
Tél. (+44 1903) 695888
Fax (+44 1903) 695666
Web: www.eurotherm.co.uk

NOUVELLE ZÉLANDE

Eurotherm Limited
Tél. (+64 9) 358 8106
Fax (+64 9) 358 1350

AUTRICHE

Eurotherm GmbH
Tél. (+43 1) 798 7601
Fax (+43 1) 798 7605

HOLLANDE

Eurotherm B.V.
Tél. (+31) 0172411 752
Fax (+31) 0172417 260

NORVÈGE

Eurotherm A/S
Tél. (+47 66) 803330
Fax (+47 66) 803331

BELGIQUE

Eurotherm B.V.
Tél. (+32 3) 322 3870
Fax (+32 3) 321 7363

HONG-KONG

Eurotherm Limited
Tél. (+852) 2873 3826
Fax (+852) 2870 0148

SUÈDE

Eurotherm AB
Tél. (+46 40) 384500
Fax (+46 40) 384545

CORÉE

Eurotherm Korea Limited
Tél. (+82 2) 5438507
Fax (+82 2) 545 9758

INDE

Eurotherm India Limited
Tél. (+9144) 4961129
Fax (+9144) 4961831

SUISSE

Eurotherm Produkte AG
Tél. (+41 055) 4154400
Fax (+41 055) 4154415

DANEMARK

Eurotherm A/S
Tél. (+45 31) 871 622
Fax (+45 31) 872 124

IRLANDE

Eurotherm Ireland Limited
Tél. (+353 45) 879937
Fax (+353 45) 875123

U.S.A

Eurotherm Controls Inc.
Tél. (+1703) 471 4870
Fax (+1703) 787 3436
Web: www.eurotherm.com

ESPAGNE

Eurotherm España SA
Tél. (+34 91) 6616001
Fax (+34 91) 6619093

ITALIE

Eurotherm SpA
Tél. (+39 31) 975111
Fax (+39 31) 977512

ADRESSES RÉGIONALES EN FRANCE

EUROTHERM AUTOMATION S.A. SIÈGE SOCIAL ET USINE :

6, Chemin des Joncs
B.P. 55
F-69572 DARDILLY
Cedex
Tél.: 04 78 66 45 00
Fax: 04 78 35 24 90

SERVICE RÉGIONAL

AGENCES :

Aix-en-Provence
Tél.: 04 42 39 70 31
Colmar
Tél.: 03 89 23 52 20
Lille
Tél.: 03 20 96 96 39
Lyon
Tél.: 04 78 66 45 10
04 78 66 45 12

BUREAUX :

Bordeaux
Clermont-Ferrand
Dijon
Grenoble
Metz
Normandie
Orléans



Site Internet : www.eurotherm.tm.fr

© Copyright Eurotherm Automation S.A. 1991

Tous droits réservés. Toute reproduction ou transmission sous quelque forme ou quelque procédé que ce soit, sans autorisation écrite d'Eurotherm Automation, est strictement interdite.