

B) ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'O.T.

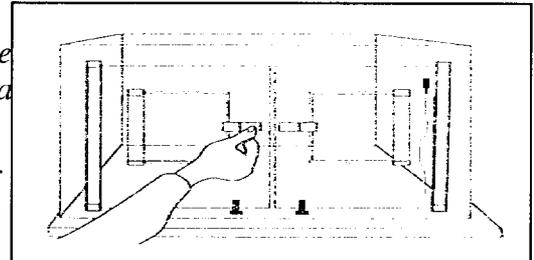
I) Fonction d'usage :

Réguler la température de l'habitacle de l'incubateur à partir d'une température de consigne et d'une température mesurée, suivant le mode⁽¹⁾ sélectionné.

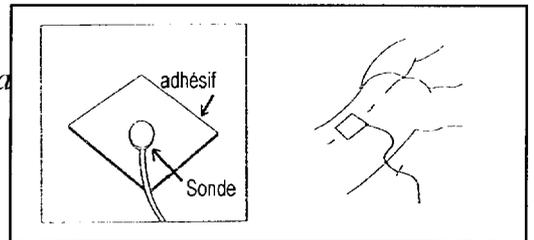
Afficher les températures de consigne et les températures mesurées, suivant le mode déterminé, ainsi que des alarmes visuelles et sonores déclenchées par un mauvais fonctionnement (défauts de sonde, de ventilateur, de températures ...).

⁽¹⁾ Il existe **deux modes** de régulation :

- *Mode ambient : Régulation de la température de l'habitacle de l'incubateur par rapport à la température mesurée dans cet habitacle (température ambiante) à côté du ventilateur.*



- *Mode cutané : Régulation de la température de l'habitacle de l'incubateur par rapport à la mesure de la température cutanée (prise sur la peau) du prématuré.*



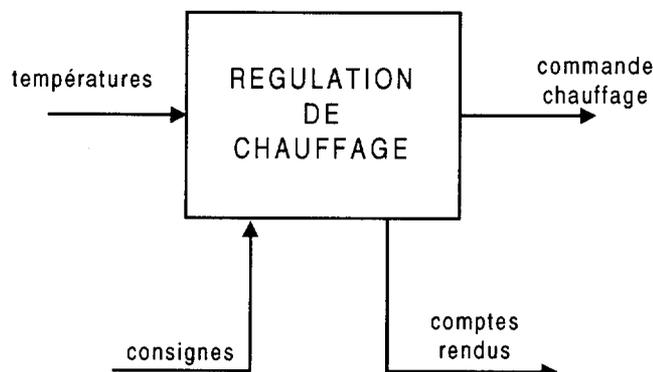
II) Elargissement du champ technologique

1) Fonction globale de l'objet technique :

Produire un signal de commande de chauffage en vue d'assurer une régulation de température à partir de consignes.

Elaborer un compte rendu visuel et sonore des paramètres pris en compte par l'objet technique.

2) Schéma fonctionnel de niveau I de l'objet technique :



3) Autres objets techniques ayant même fonction globale

- Thermostat programmable d'une installation de chauffage central individuel.
- Partie régulation d'un four électrique.

III) Retour vers l'objet technique étudié

1) Etudes des milieux associés :

- **Milieu physique** : l'objet technique se trouve dans un environnement électromagnétique « sain » (perturbations négligeables) et maintenu à une température normalisée comprise entre 20 et 30°C.
- **Milieu Humain** : Seul un personnel biomédical est habilité à l'entretien et au dépannage de l'autorégulateur. Seul un personnel soignant qualifié est habilité à ajuster les paramètres de programmation de l'autorégulateur AR400, notamment :

La programmation initiale de l'O.T.

La sélection du MODE de régulation. (ambient ou cutané)

La sélection de la température de CONSIGNE.

La sélection du "TROP CHAUD AMBIANT". La limite d'alarme trop chaud ambient se définit par rapport à la température de consigne. Il est possible de choisir le déclenchement de l'alarme à 0.5 ; 1 ; 1.5 ; 2 ou 2.5 °C au dessus de la consigne de régulation.

La sélection du "TROP CHAUD ET TROP FROID CUTANE". La limite d'alarme trop chaud cutané et trop froid cutané se définit par rapport à la température de consigne. Il est également possible de choisir le déclenchement de l'alarme à 0.5 ; 1 ; 1.5 ; 2 ou 2.5 °C au dessus (TROP CHAUD CUTANE) ou au dessous (TROP FROID CUTANE) de la consigne de régulation.

Exemple : Si l'on est en mode de régulation AMBIANT et que l'on programme une température de consigne AMBIANT de 36,5°C puis un TROP CHAUD AMBIANT de 1,5°C, alors l'alarme se déclenchera si la température AMBIANTE atteint 38,0°C.

- **Milieu technique** : L'appareil doit être mis sous tension 24 heures avant l'utilisation, ceci afin de charger la batterie qui a pour rôle de signaler l'absence d'alimentation secteur. Comme dans tous les appareils à usage médical, les composants utilisés ont fait l'objet d'une sélection rigoureuse quant à leur précision et leur fiabilité. La mesure de la température ambiante $T^{\circ}\text{amb}$ est réalisé par 2 fonctions indépendantes. L'une fournit l'information destinée à être affichée, alors que l'autre la compare en permanence aux seuils maximum et minimum autorisés. Les deux mesures de $T^{\circ}\text{amb}$ sont ensuite comparées, si elles ne sont pas identiques (à 0,8 °C près), une procédure d'alarme est engagée.

Afin de répondre aux normes de sécurité en vigueur, l'AR 400 est capable de détecter et de signaler les défauts du système par des alarmes. Toute alarme se manifeste par :

- L'allumage du **voyant** d'alarme rouge
- L'émission d'un signal **sonore** (qui peut être inhibé)
- L'affichage d'un **message** d'alarme sur l'écran LCD.

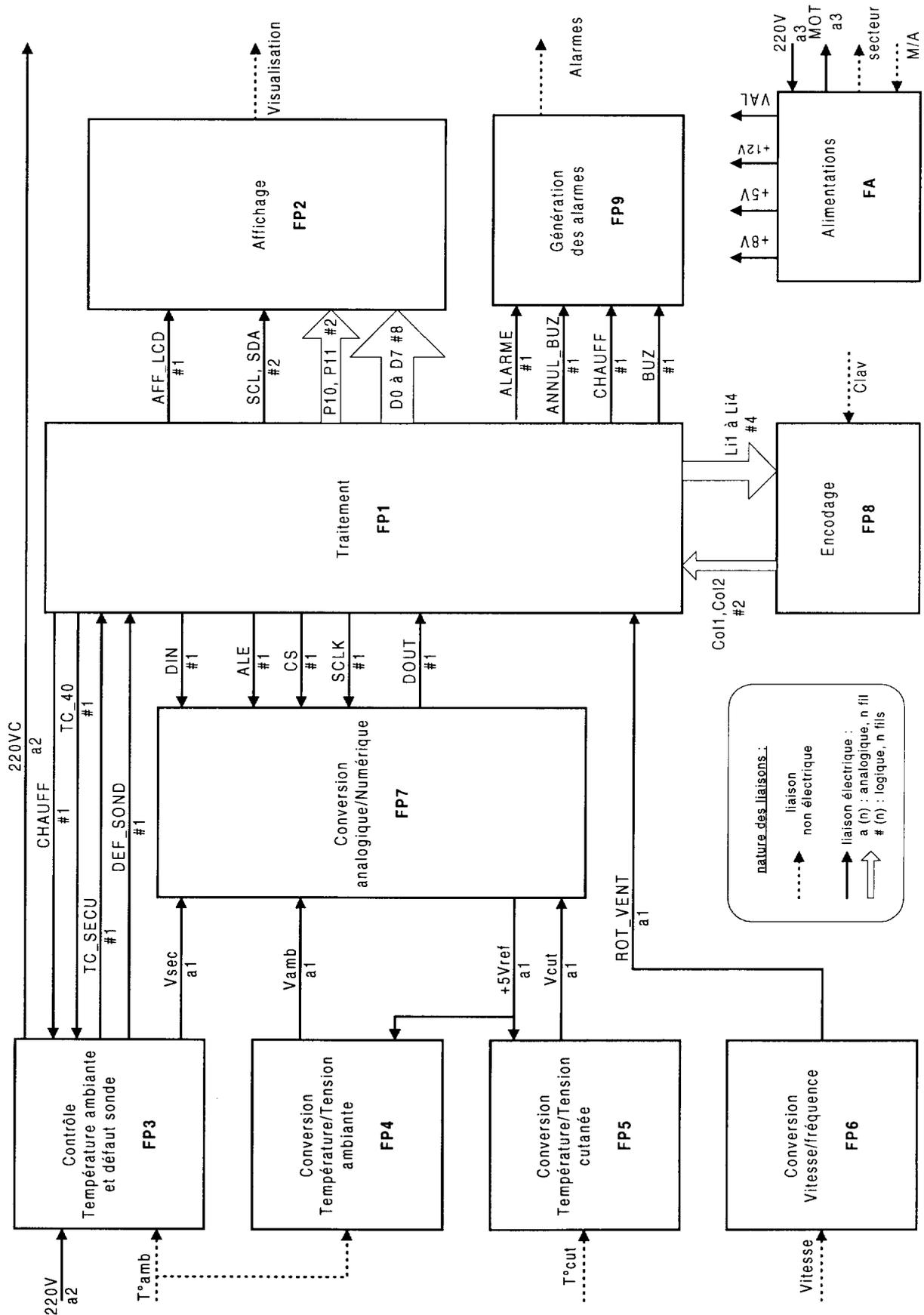
Les messages d'alarme générés par l'afficheur LCD sont décrits ci-dessous :

| MESSAGE | DEFAUT PROBABLE |
|--|---|
| TROP FROID CUTANE | La température cutanée est inférieure à la limite fixée (T° consigne cutanée - seuil de trop froid cutané) |
| TROP CHAUD CUTANE | La température cutanée dépasse la limite fixée (T° consigne cutanée + seuil de trop chaud cutané). |
| TROP CHAUD AMBIANT | 1) La température ambiante est supérieure à la limite fixée (T° consigne ambiante + seuil de trop chaud ambiant). 2) La température ambiante dépasse le seuil de 37°C (ou 40°C) qui est le seuil de sécurité absolu. |
| DEFAUT SYSTEME (DIFF AMB) PREVENIR TECHNICIEN | Anomalie : l'écart entre la sonde de sécurité et la sonde de régulation est supérieur ou égal à 0,8 °C |
| DEFAUT SONDE CUTANE VERIFIER BRANCHEMENT | Température cutané > 45°C (sonde en court circuit). |
| DEFAUT SONDE SECURITE PREVENIR TECHNICIEN | La Température ambiante relevée par le module de sécurité est > 45 °C ou < 10 °C. |
| DEFAUT SONDE AMBIANTE PREVENIR TECHNICIEN | La Température ambiante mesurée est > 45 °C ou < 10 °C. |
| DEFAUT VENTILATION PREVENIR TECHNICIEN | Vitesse de ventilation < 1200 tr/mn ou > 3000tr/mn. |
| TROP FROID AMBIANT | Absence de chauffage (vérifier fermeture des portes). |

Une double sécurité, prioritaire sur les réglages de l'utilisateur, coupe le chauffage si la T° ambiante atteint la limite absolue de 37°C (ou 40°C).

PANNE SECTEUR : l'alarme sonore et visuelle est activée, à condition que la batterie soit chargée. Il ne peut pas y avoir de message dans ce cas, car toutes les autres fonctions sont désactivées.

2) Schéma fonctionnel de 1er degré de l'O.T.



3) définitions des Entrées et Sorties

| | |
|----------------------|--|
| T°amb | : Température intérieure de l'habitacle de l'incubateur |
| T°cut | : Température cutanée du prématuré |
| Vitesse | : Vitesse de rotation du ventilateur. |
| 220V | : Réseaux EDF 220v/50Hz $\pm 0.4\%$ |
| 220VC | : Alimentation 220V commutée, destinée à alimenter la résistance chauffante. |
| Clav | : Frappe au clavier |
| Alarmes | : Signal sonore et lumineux (pavé de Led rouge) représentatif d'une alarme : Visualisation (Led jaune) de l'état du chauffage : Visualisation (Led rouge) de l'état d'inhibition du buzzer. |
| Visualisation | : Affichage LCD (2 x 20 caractères) des menus de programmation, messages : d'erreurs et bargraph image de la puissance de chauffage : Affichage 7 segments (3 digits) de la température de consigne : Affichage 7 segments (3 digits) des températures mesurées : Visualisation (Led jaune) d'une surchauffe (consigne $> 37^{\circ}\text{C}$) : Visualisation (2 pavés de Led jaunes) du type de température en cours d'affichage |
| Secteur | : Visualisation (Led verte) de la présence secteur. |
| +5V | : Tension continue 5V $\pm 5\%$ ondulation $< 50\text{mV}$, présente uniquement en position Marche |
| +8V | : Tension continue 8V $\pm 5\%$ ondulation $< 50\text{mV}$, présente uniquement en position Marche |
| +12V | : Tension continue 12V $\pm 5\%$ ondulation $< 50\text{mV}$, permanente dès que l'O.T. est raccordé au secteur EDF. |
| VAL | : Tension continue d'alimentation des circuits d'alarme |
| MOT | : Alimentation du moteur du ventilateur (24V) |
| M/A | : action manuelle Marche/Arrêt général. |

liaisons internes:

| | |
|-------------------|--|
| Col1, Col2 | : Lecture d'une colonne du clavier |
| Li1 à Li4 | : Validation d'une ligne du clavier |
| CHAUFF | : Commande alimentation chauffage et commande Led Chauffage |
| DIN | : Sélection de la tension image de la température à convertir. |
| DOUT | : Donnée numérique série, image de la tension (température) sélectionnée. |
| CS, SCLK | : Demande de conversion et horloge de synchronisation |
| ALE | : Validation de sélection du périphérique |
| ALARME | : Commande d'alarme visuelle |
| BUZ | : Commande d'alarme sonore |
| ANNUL_BUZ | : Commande de l'état d'inhibition du buzzer |
| TC_40 | : Commande de <i>commutation trop chaud</i> à 40°C |
| TC_SECU | : Information <i>mesure trop chaud sécurité</i> . |
| +5Vref | : Tension de référence 5V00 |
| DEF_SOND | : Information <i>défaut sonde</i> (sonde en court circuit). |
| Vsec | : Tension image de la température sécurité (T°secu) |
| Vamb | : Tension image de la température de l'habitacle de l'incubateur (T°amb). |
| Vcut | : Tension image de la température cutanée du prématuré (T°cut). |
| ROT_VENT | : Signal dont la fréquence est l'image de la vitesse de rotation du ventilateur. |
| D0 à D7 | : Bus de donnée 8 bits de commande de l'afficheur LCD |
| P10, P11 | : Sélection de l'afficheur LCD |
| AFF_LCD | : Validation de l'afficheur LCD |
| SCL | : Liaison I2C de commande des afficheurs 7 segments et pavés de leds (synchronisation) |
| SDA | : Liaison I2C de commande des afficheurs 7 segments et pavé de leds (données) |

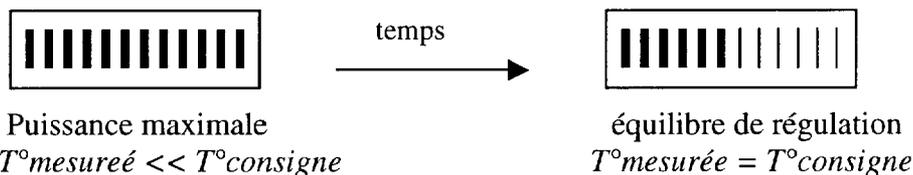
4) Rôle des Fonctions principales

Rôle de **FP1** : *TRAITEMENT*.

- ◆ Guider la programmation des paramètres par le personnel soignant : [température de consigne] , [trop chaud ambiant] , [trop chaud et trop froid cutané] , [arrêt alarme] etc.
- ◆ Générer la commande de chauffage à partir de la comparaison numérique entre la température de consigne et la température mesurée.
- ◆ Générer les signaux de commande d'affichage, d'alarme et de TROP CHAUD 40°C.
- ◆ Générer les signaux de demande de conversion analogique-numérique et de sélection de la tension image de la température à convertir.
- ◆ Vérifier le bon fonctionnement du ventilateur et des sondes de température.
- ◆ Stocker les programmes et les données (consignes, modes, affichage ...)

Rôle de **FP2** : *AFFICHAGE*.

- ◆ Elaborer l'affichage digital des températures de consigne et mesurée (ambiante ou cutanée).
- ◆ Visualiser le mode de régulation (pavé «ambiant » allumé si on est en mode ambiant ou pavé «cutané» allumé si on est en mode cutané)
- ◆ Visualiser le type d'affichage (pavé «ambiant » ou pavé «cutané») en cours
- ◆ Elaborer l'affichage des messages d'alarme et d'aide à la programmation sur LCD.
- ◆ Elaborer l'affichage du bargraph, image de la puissance de chauffage sur LCD. Cette puissance est proportionnelle à l'écart entre la température mesurée et la température de consigne.



Rôle de **FP3** : *CONTROLE TEMPERATURE AMBIANTE ET DEFAUT SONDE*.

- ◆ Effectuer la conversion de la température de l'habitable en une ddp proportionnelle (Vsec).
- ◆ Effectuer la comparaison entre cette tension et un seuil minimum 1,0V (soit 10°C), afin de détecter si la sonde est en court circuit (en effet il est impossible d'avoir une $T^{\circ} < 10^{\circ}\text{C}$ en utilisation normale de l'incubateur dans une salle d'hôpital), et produire un signal logique résultant de cette comparaison (DEF_SOND).
- ◆ Effectuer la comparaison entre cette tension et un seuil maximum 3.7V (soit 37°C), afin de détecter si la sonde est déconnectée ou si la température est trop élevée, avec la possibilité de programmer ce seuil à 4,0V (soit 40 °C), et produire un signal logique résultant de cette comparaison (TC_SECU).
- ◆ Assurer la mise sous et hors tension de la résistance chauffante sur ordre de FP1 (CHAUFF).
- ◆ Couper l'alimentation de la résistance chauffante dans le cas d'un défaut de sonde ou d'une température trop élevée : cette décision est autonome. FP3 à un rôle de sécurité puisqu'elle empêche de chauffer l'habitable de l'incubateur à plus de 37°C (ou 40°C), même en cas de défaillance de FP1.

NB : Pour plus de sécurité, FP3 possède ses propres alimentations.

Rôle de **FP4** : *CONVERSION TEMPERATURE/TENSION AMBIANTE*

- ◆ Effectuer la conversion température/tension de la température ambiante et la mise en forme de la tension qui en résulte (V_{amb}).

Rôle de **FP5** : *CONVERSION TEMPERATURE/TENSION CUTANEE*

- ◆ Effectuer la conversion température/tension de la température cutanée du prématuré et la mise en forme de la tension qui en résulte (V_{cut}).

Rôle de **FP6** : *CONVERSION VITESSE/FREQUENCE*

- ◆ Effectuer la conversion de la vitesse de rotation du ventilateur en un signal logique (ROT_VENT) de fréquence proportionnelle à cette vitesse, ce qui permettra de détecter si la vitesse de rotation du ventilateur est trop importante, trop basse ou même nulle.

Rôle de **FP7** : *CONVERSION ANALOGIQUE-NUMERIQUE*

- ◆ Effectuer le multiplexage analogique des différentes tensions images des températures mesurées.
- ◆ Effectuer la conversion analogique-numérique de la tension délivrée par FP3, FP4 ou FP5, et transmet le resultat à FP1 sous forme de données série.

Rôle de **FP8** : *ENCODAGE*

- ◆ Convertir la pression sur une des 7 touches du clavier, en code numérique destiné à FP1.

Les 7 touches du clavier : Les lettres (X) renvoient à la légende de la face avant (annexe 1)

| | |
|----------------------------|--|
| Programmation (B) | Permet de valider l'action de certaines touches (par appui simultané) ou d'accéder à un menu de programmation. |
| Mode (C) | Permet de basculer d'un mode à l'autre (AMBIANT/ CUTANE) ce mode est alors visualisé par un pavé de Led (U ou V). |
| Augmentation (D) | Augmente l'affichage présent en (F) pour définir la T° de consigne (AMBIANT ou CUTANE selon le mode programmé) Augmente la T° de consigne de 0.5°C en 0.5°C pour définir le TROP CHAUD AMBIANT ou CUTANE selon le mode programmé |
| Diminution (E) | Diminue l'affichage présent en (F) pour définir la T° de consigne (AMBIANT ou CUTANE selon le mode programmé) Diminue la T° de consigne de 0.5° en 0.5°C pour définir le TROP FROID CUTANE uniquement. |
| Selection (H) | Permute l'affichage en (I) de la température mesurée en cours (T°amb ou T°cut selon le mode) pendant quelques secondes. Le type d'affichage est alors indiqué par un pavé de Led (R ou S). |
| Test (K) | Lance une procédure de test de tous les indicateurs et d'activation des alarmes. Ce test doit être fait avant chaque utilisation. |
| Inhibition (M) | Inhibe le signal sonore (uniquement) d'alarme pendant 5 mn. Ceci permet de chercher les causes de l'alarme sans nuisances sonores. |

Rôle de FP9 : GENERATION DES ALARMES

- ◆ Emettre un signal lumineux d'alarme (pavé de Led rouge)
- ◆ Emettre un signal sonore (buzzer).
- ◆ Visualiser l'état d'inhibition du buzzer : désactivé (Led allumée) ou normal (Led éteinte).
- ◆ Visualiser l'état du chauffage : actif (Led jaune allumée) ou inactif (Led éteinte)

Rôle de FA : ALIMENTATIONS

- ◆ Génère une alimentation régulée +5V en position "MARCHE".
- ◆ Génère une alimentation régulée +8V (pour alimenter FP2) en position "MARCHE".
- ◆ Génère une tension régulée +12V dès que l'O.T. est raccordé au reseau EDF
- ◆ Assure la charge de la batterie de secours (même lorsque l'O.T. est en position "ARRET")
- ◆ Génère une tension d'alimentation flottante spécifique (VAL) destinée à FP9
 - Cette ddp est égale à 8,7V en fonctionnement normal.
 - Cette ddp est égale à 5,1V en cas de panne secteur, puis tend vers 0V quand la batterie se décharge.
- ◆ Assure la commutation de puissance du ventilateur (MOT).
- ◆ Assure la mise sous tension des cartes de régulation et d'affichage.
- ◆ Visualise la présence secteur par une Led verte.

FP3 est alimenté en 220V si l'interrupteur M/A est en position "MARCHE".

Valeur de la CTN de FP3 et FP4 en fonction de T°amb

| | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T°amb (°C) | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| Rctn (ohms) | 5000 | 4787 | 4584 | 4390 | 4206 | 4030 | 3863 | 3703 | 3551 |
| T°amb (°C) | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| Rctn (ohms) | 3406 | 3268 | 3136 | 3010 | 2890 | 2775 | 2665 | 2560 | 2461 |