

## **REGULATION & OPTIMISATION D'UNE CHAUDIERE – Micro-Info.**

Modifié le 23/06/2010 - marqué en marge par (&), suite à la réunion M-I.

Modifié le 07/07/2010 - ajout de hardware dans description du matériel.

Modifié le 16/07/2010 - marqué en marge par (&).

Modifié le 23/09/2010 - marqué en marge par (#).

Modifié le 18/10/2010 - le MENU, suite à la réunion M-I du 13/10/2010.

Modifié le 10/11/2010 - marqué en marge par (@), suite à la réunion M-I.

Modifié le 25/11/2010 - marqué en marge par (\$), suite à la réunion M-I.

Modifié le 31/01/2011 - marqué en marge par (£), suite à la réunion M-I du 26/01/2011.

Modifié le 10/02/2011 - marqué en marge par (\$), suite à la réunion M-I du 09/02/2011.

Lexique: Eau Chaude Sanitaire = ECS

### **CAHIER DES CHARGES.**

\* But : réguler la température d'une pièce.

\* Éléments nécessaires au contrôle de la chaudière.

& #Entrées : 6

1 - sonde de température extérieure.

2 - sonde de température de départ d'eau chaude (voir NB1).

3 - sonde de température de la pièce.

4 - sonde de température du ballon d'ECS.

5 - heure.

& 6 - brûleur de la chaudière (contact de détection si brûleur est <ON>

afin de comptabilisé le temps d'utilisation en % sur chaque tranche de 24 heures.

#Sorties : 3 ou 4 (voir NB1) (voir NB2).

A) Régulation de la chaudière

1 - circulateur d'eau chaude de la chaudière.

2 - circulateur d'ECS.

3 - commande de la chaudière

ou ouverture de la vanne à 3 voies (voir NB2).

4 - fermeture de la vanne à trois voies

ou commande analogique(voir NB3).

NB1 : Dépend du type de la régulation choisie par l'utilisateur:

régulation de la chaudière ou régulation par vanne à 3 voies après la chaudière (donc sans régulation sur la chaudière).

NB2 : Prévoir un paramètre qui indique si on fonctionne en "commande de chaudière" ou en "commande de vanne à 3 voies".

NB3 : Prévoir un paramètre qui indique si la vanne à 3 voies est commandée en positionnement (ouvert/fermé) ou analogiquement.

& #Paramètres : (= "constante que l'on introduit dans le programme" )

Nous avons supprimer "cycle de la chaudière", car inutile.

1 - température de consigne de jour.

2 - température de consigne de nuit.

3 - température d'ECS.

4 - hystérésis pour la température ambiante (habitation).

5 - hystérésis pour la température d'ECS.

6 - hystérésis pour la température de départ d'eau pour les radiateurs.

7 - température minimum extérieure (voir tableau).

8 - température maximum chaudière (voir le manuel du constructeur de la chaudière).

9 - régulation chaudière ou régulation par vanne à 3 voies.

10 - vanne à 3 voies analogique ou commandée en positionnement.

## Description sommaire du fonctionnement :

- Réguler la température d'une pièce de référence (celle contenant la sonde de température) et la température de l'ECS.  
NB : On suppose que la maison est bien équilibrée thermiquement.
- Régulation de la température de la pièce : on arrête le chauffage lorsqu'on arrive à la température de consigne plus l'hystérésis et on rallume le chauffage lorsqu'on arrive à la température de consigne moins l'hystérésis.
- Régulation de l'ECS : idem.
- Hystérésis réglable entre 0,1 °C et 1 °C pour l'eau chaude des radiateurs.
- Hystérésis réglable entre 0,5 °C et 5 °C pour l'ECS.
- La température d'eau sera réglée en fonction d'une courbe de chauffe ( à définir plus tard ).

## Sécurité :

- Sécurité de l'immeuble ( = pour éviter que la température de l'immeuble ne descende en-dessous de + 5°C ) ( = "Protection antigel de l'immeuble" ).
- Protection de l'installation: lorsque la température extérieure est inférieure à + 1,5°C, on fait fonctionner le circulateur 10 minutes toutes les 6 heures.  
Et lorsque la température extérieure est inférieure ou égale à - 5°C, le circulateur fonctionne en permanence.

## Commande du circulateur :

On met en marche le circulateur lorsqu'on a besoin de chauffage.

Après l'arrêt du chauffage (ou de la vanne à 3 voies), on arrête le circulateur lorsque la température de l'eau est égale à la température de la pièce.

Si le circulateur n'a pas fonctionné pendant 24 heures, on le fait fonctionner pendant # 1 minute ( dégommeage de la pompe de circulation ).

## Courbe de chauffe :

### Définition des paramètres:

T°ext - Température extérieure.

T°eau - Température de l'eau de chauffage.

Pente - Pente de la courbe de chauffe.

Pivot – Température d'eau pour température extérieure de 0 °C.

La température de chauffage est alors définie par la formule :

$$T^{\circ}\text{eau} = \text{Pente} \times T^{\circ}\text{ext} + \text{Pivot} \quad (y = ax + b)$$

Détermination de la "première" courbe de chauffe.

Dans un premier temps, une droite de base est définie :

Deux points de la droite sont connus :

- Point 1 : T°ext1 = -9°C / T°eau1 = 80°C

( T°ext1 : valeur donnée par le tableau des températures en Belgique ( fichier xls ) )

( T°eau1 : valeur maximum donnée par le constructeur de la chaudière )

Ces valeurs sont rentrées en paramètres dans le programme.

Ces valeurs sont des bornes à ne pas dépasser.

- Point 2 : T°ext = 15°C / T°eau = 35°C ( valeur couramment admise dans nos régions )

$$a = ( Y_2 - Y_1 ) / ( X_2 - X_1 )$$

$$\text{Pente} = ( 35 - 80 ) / ( 15 - ( - 9 ) ) = - 45 / 24 = -1,875$$

$$b = Y_1 - ax_1$$

$$\text{Pivot} = 80 - ( -1,875 ) \times ( - 9 ) = 63,125$$

Dans un second temps, la droite est décalée parallèlement pour passer par le point 20°C, 20°C ( définit arbitrairement ).

Pour cela, la valeur de la pente est conservée et le point pivot est recalculé pour une coordonnée de 20,20.

$$b = Y_3 - ax_3$$

$$\text{Pivot} = 20 - (-1,875) \times 20 = 57,5$$

### **Variations sur la courbe de chauffe :**

La courbe de chauffe est modifiée selon un critère de "confort".

- Ce critère est déterminé par les valeurs Max. ( overshot ) et Min. ( undershot ) de la température de la pièce.
- Normalement, la moyenne de ces deux valeurs ( TempMoy ) doit correspondre à la température de consigne ( TempCons ).
- Si la moyenne est plus haute que la température de consigne, cela veut dire que la température de l'eau de chauffage est trop élevée. ( IF TempMoy > TempCons ).
- Par contre, si la moyenne est plus basse que la température de consigne, la température d'eau est trop basse. ( IF TempMoy < TempCons ).

Adaptation de la courbe de chauffe si trop chaud. ( TempMoy > TempCons )

Diminution de la pente en gardant le point pivot.

$$y = Ax + B \rightarrow A = (y - B) / x$$

Pivot : ne change pas

$$\text{Pente} = (\text{TempEau1} - (\text{TempMoy} - \text{TempCons}) - \text{Pivot}) / \text{TempExt1}$$

Adaptation de la courbe de chauffe si trop froid. ( TempMoy < TempCons )

Déplacement du point pivot vers le haut

Pente : ne change pas

$$\text{Pivot} = \text{Ancien pivot} + (\text{TempCons} - \text{TempMoy})$$

Il faut alors vérifier que la nouvelle courbe ne passe pas au-dessus du point de référence ( TempEau1, TempExt1 ).

$$\text{TempEau} = \text{Pente} \times \text{TempExt1} + \text{pivot} \leq \text{TempEau1}$$

Si température d'eau ( TempEau ) est trop haute, il faut recalculer une nouvelle pente :

$$\text{Pente} = (\text{TempEau1} - \text{pivot}) / \text{TempExt1}$$

---

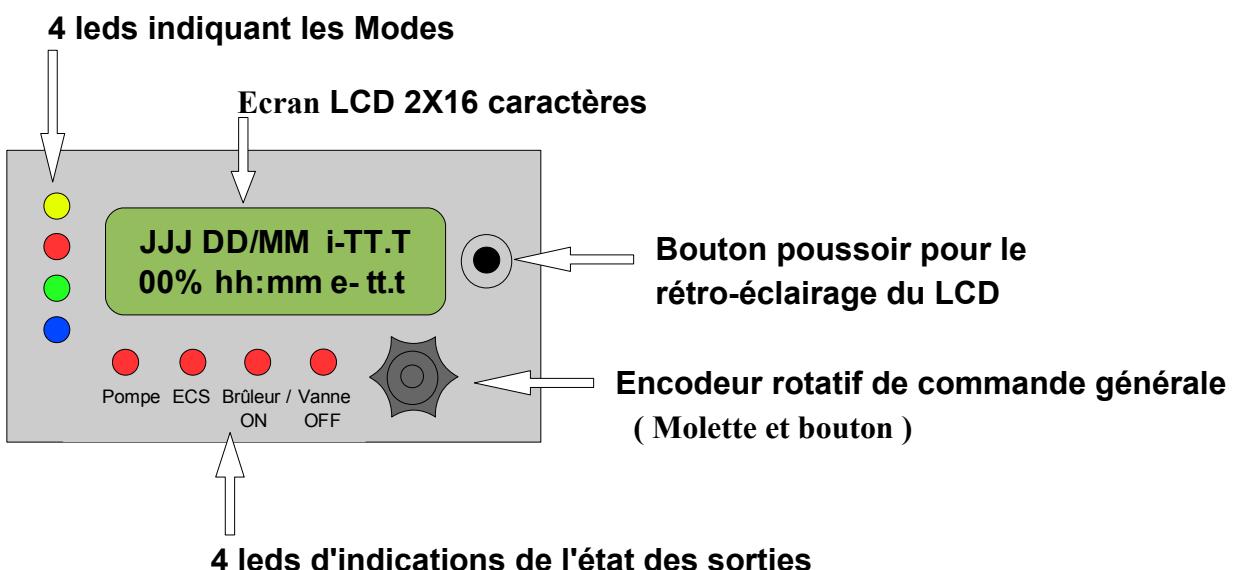
### **Description matérielle :**

L'optimiseur / thermostat est essentiellement composé des éléments suivants :

- Un écran LCD de 2 lignes de 16 caractères affichant les infos suivantes :
  - & Ligne1: - Le jour, la date, la température intérieure - JJJ DD/MM i-TT.T
  - Ligne2: - Le pourcentage d'utilisation de la chaudière - 00%
- & - L'heure - hh:mm
- La température extérieure - e-tt.t
- Quatre leds 3mm d'états indiquant l'état du système :
  - Led A Jaune = Système Off = en veille ( Sécurité seule ).
  - Led B Rouge = Mode "Nuit".
  - Led C Verte = Mode "Jour".
  - Led D Bleue = Mode "Horloge".
- Quatre leds 3mm rouges indiquant l'état des sorties :
  - Led 1 = circulateur d'eau chaude de la chaudière.
  - Led 2 = circulateur d'ECS.
  - Led 3 = commande de la chaudière ou ouverture de la vanne à 3 voies.
  - Led 4 = fermeture de la vanne à trois voies ou commande analogique.
- Un petit bouton poussoir pour allumer le rétro-éclairage du LCD.

- Un encodeur rotatif ( Molette ) avec poussoir incorporé ( Bouton ) utilisé comme suit :
    - Rotation → Changement de la température de consigne.
    - Poussée courte → Dérogation ( Override ).
    - Poussée courte suivie d'une rotation → Changement du mode.
    - Poussée Longue → Entrée dans le menu.
  - Un micro-contrôleur de type AT-Mega16 ( voir un AT-Mega32 ).
  - Quatre sondes de températures en interface "1Wire" de type DS18B20-PAR.
  - Un circuit RTC à TCXO intégré en interface "I2C" de type DS3231S.
  - Une pile lithium de type CR2032 pour le maintien de l'horloge RTC.
  - Éventuellement un module de réception DCF77.
- & - Un circuit RS232 pour communiquer avec le PC via le port série.
- & - Hyperterminal sur PC ou programme d'interface à développer dans le futur ( GUI ).
- & - Éventuellement une mémoire EEPROM externe ( 1wire ou I2C ).
- & - Un étage de puissance octuple ULN2803, ce dernier fournit au port de l'µC, la puissance nécessaire pour commander les LEDs et les relais.
- 4 relais simples inverseurs pour les commandes.
  - Un jumper inverseur de configuration pour la sortie 4 :
    - Position 1 : Sortie du micro-contrôleur sur le relais.
    - Position 2 : Sortie du micro-contrôleur sur la sortie analogique.
- & - Un circuit pour piloter la vanne à 3 voies analogique.
- Une alimentation stabilisée pour l'ensemble des composants.
  - Un ensemble de borniers à visser comprenant les éléments suivants :
  - Un bornier triple ( N, P, terre ) pour l'arrivée 220V.
  - Quatre borniers triples ( c, no, nc ) pour les sorties.
  - Un bornier double pour la sortie analogique.
- @ - Un bornier triple ( +, -, Data ) pour les sondes "1Wire".
- & - Un bornier double ( c, nc ) pour la détection du brûleur en fonctionnement pour le calcul du temps de fonctionnement pour les installations avec vannes à 3 voies.

## Description de l'interface utilisateur :



## Utilisation "Mode normal"

- Le système peut fonctionner selon 5 modes :

- |                          |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1 - OFF</b>           | - Le système est en veille. Il n'y a pas de régulation du chauffage.<br>Seules les sécurités du bâtiment et antigel sont actives.                                                                                                                             |
| <b>2 - Nuit</b>          | - Le système régule le chauffage sur la température de consigne de nuit.                                                                                                                                                                                      |
| <b>3 - Jour</b>          | - Le système régule le chauffage sur la température de consigne de jour.                                                                                                                                                                                      |
| <b>&amp; 4 - Horloge</b> | - Le système régule le chauffage en fonction des "Plages horaires ou Programmes" et des cycles ( travail en pause ) qui ont été programmés.<br>Le système propose une programmation hebdomadaire avec des plages par pas de 15 minutes, soit 96 pas par jour. |

**5 - Dérogation** - Il s'agit en fait du Mode horloge dans lequel le Mode ( jour ou nuit ) a ( Override ) été inversé. Ce Mode dure jusqu'au prochain changement, qu'il soit provoqué par l'horloge ou l'utilisateur.

A chaque mode correspond un état des Leds d'indication du Mode:

- |                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| <b>1 - OFF</b>     | - Led A ( jaune ) allumée |
| <b>2 - Nuit</b>    | - Led B ( rouge ) allumée |
| <b>3 - Jour</b>    | - Led C ( verte ) allumée |
| <b>4 - Horloge</b> | - Led D ( bleue ) allumée |

Lors du fonctionnement en Mode "Horloge", deux Leds sont allumées:

- Horloge en Mode Jour : Led D + Led C
- Horloge en Mode Nuit : Led D + Led B

Si l'on se trouve en Mode Dérogation, la Led supplémentaire ( B ou C ) est éteinte pendant 5 mS toutes les 2 secondes.

- L'élément principal de commande est l'encodeur rotatif avec poussoir ( Molette ).

- Un appui court sur le poussoir correspond à une durée inférieure à 0,5 seconde.

- Un appui long sur le poussoir correspond à une durée supérieure à 1 seconde.

En mode de fonctionnement normal, il y a quatre actions possibles sur l'encodeur:

### 1 - Rotation = ( de la Molette )

Cette action n'est suivie d'effet que dans les Modes : Nuit, Jour et Horloge.

Le but est de changer la température de consigne et . En Mode Nuit et Jour, la température de consigne est changée de manière définitive et la nouvelle valeur indiquée devient la nouvelle température de consigne. En Mode Horloge, la nouvelle température de consigne affichée n'est validée que jusqu'au prochain changement.

Lors du changement de la température de consigne, l'afficheur LCD se comporte de la manière suivante :

La première rotation du bouton ne change pas la température, mais fait basculer l'affichage du LCD en mode changement de température et provoque l'allumage du rétro-éclairage. L'affichage "changement de température de consigne" est défini comme suit :

Ancienne: TT.T °C  
Nouvelle: TT.I °C

\$ avec affichage du curseur sous les dixièmes de degré de température.

Chaque rotation supplémentaire du bouton provoque une augmentation ou une diminution par pas de 0,5°C de la température de consigne.

Si la Molette reste inactive pendant plus de 3 secondes ou si il y a un appui sur le bouton, l'affichage "changement de température de consigne" est abandonné et l'écran LCD revient en mode d'affichage de base ( Normal ).

## **2 - Poussée courte = ( sur le bouton )**

Cette action n'est suivie d'effet que dans le Mode Horloge. Elle provoque une dérogation sur la programmation de l'horloge. En fait, la température de consigne ( jour ou nuit ) est inversée. Cette inversion n'est validée que jusqu'au prochain changement de la programmation ou bien, lorsque le système revient en mode de fonctionnement normal de l'horloge. En appuyant une seconde fois sur le bouton, le système revient en Mode Normal ( la dérogation est donc désactivée ).

Lors de la demande d'une dérogation, la Led de Mode Jour ou Nuit change, mais afin d'indiquer le Mode Dérogation, elle s'éteint brièvement ( 5ms ) toutes les 2 secondes.

## **3 - Poussée longue = ( sur le bouton )**

Cette action est active dans tous les modes.

Entrée dans le menu. ( Voir la description complète ci-dessous ).

## **4 - Poussée courte immédiatement suivie d'une rotation = ( Bouton + Molette )**

Cette action est active dans tous les modes.

Changement du Mode et la Led indicatrice du mode sélectionné s'allume.

---

### **Description du menu :**

Lors de l'utilisation du menu, l'encodeur est utilisé de la manière suivante :

- \$ - Rotation ( Molette ) - Choix de l'option ou variation de la valeur sur le curseur.
- \$ - Appuis ( Bouton ) - Sélection de l'option dont le premier caractère clignote.
- @ Après 30 secondes d'inactivité dans le "MENU", automatiquement le programme retourne en "Mode Normal" et les éventuels changements non validés sont perdus.
- \$ Dès l'entrée dans le "MENU", "PROGRAMME" est présélectionné et le P clignote.

#### **11a- MENU (Programme, Date, Heure, Réglages, Sortie)**

#### **12a- PROGRAMME ( Choix\_cycle, Sortie ) - ( il y a maximum 4 Cycles ).**

**13a- CHOIX\_CYCLE - Cycle 1.**

**13b- CHOIX\_CYCLE - Cycle 2.**

**13c- CHOIX\_CYCLE - Cycle 3.**

**13d- CHOIX\_CYCLE - Cycle 4.**

**14a- CYCLE<x>** ( Sélection, Ajout\_plage, Editer\_cycle, Temp\_Jour, Temp\_Nuit, Sortie ).

#### **15a- SELECTION CYCLE<x>**

**OUI** = SORTIE du MENU avec prise en compte du cycle sélectionné.

#### **15b- SELECTION CYCLE<x>**

**NON** = saut en 12b sur SORTIE.

**14b- AJOUT\_PLAGE** ( Jour, Heure\_Début, Heure\_Durée, Sortie ).

**15c- Lundi** ( 1 ).

**15d- Mardi** ( 2 ).

**15e- Mercredi** ( 3 ).

**15f- Jeudi** ( 4 ).

**15g- Vendredi** ( 5 ).

**15h- Samedi** ( 6 ).

**15i- Dimanche** ( 7 ).

#### **£ 16a- HEURE Jour<x> ( JJJ )**

**DEBUT A xx:xx** - ( Heure de départ de chauffe par pas de ¼ heure ).

#### **£ 16b- JJJ hh:mm** - ( 96 pas de 15 minutes affichés en hh et mm ).

**DE xx:xx A xx:xx** - ( affiche l'heure de début et de fin – De hh:mm A hh:mm ).

#### **17a- CYCLE <x>**

**CONTINUER** = saut en 14b sur AJOUT\_PLAGE.

#### **17b- CYCLE <x>**

**SORTIE** = saut en 15j sur SORTIE.

- 15j- SORTIE** = Saut en 14d sur SORTIE.  
**14c- CYCLE <x>** ( Editer\_Cycle, Temp\_Jour, Temp\_Nuit, Sortie ).  
**15k- Editer\_Cycle** - Affiche ce qui suit sur l'afficheur :  
 CYCLE <x> Plage <xx> ( sur la ligne1 ).  
 JJJ hh:mm hh:mm ( ligne2 ) Toutes les plages programmées pour  
 le cycle affiché défilent à l'aide de la molette.  
**16d- SUPPRIMER PLAGE**  
 NON = saut en 14d sur SORTIE.  
**16e- SUPPRIMER PLAGE**  
 OUI = Effacement de la Plage horaire affichée du jour  
 également affiché et saut en 14d sur SORTIE.  
§ **14d- CYCLE <x>** ( Temp\_Jour, Temp\_Nuit, Sortie ).  
§ **15l- TEMP\_JOUR <xx,x°C>** ( de 15 à 25,5°C au ½ degré ), valider et saut en 14f.  
§ **14e- CYCLE <x>** ( TEMP, NUIT, Sortie ).  
§ **15m- TEMP\_NUIT <xx,x°C>** ( de 10 à 20,5°C au ½ degré ), valider et saut en 14f.  
§ **14f- SORTIE** = Validation et saut en 12b sur SORTIE.  
12b- SORTIE = Validation et saut en 51a sur SORTIE.  
**21a- DATE ( Année, Mois, Jour )**, Validation et saut en 22a sur ANNEE.  
**22a- ANNEE <20xx>** ( de 0 à 99 ), Validation et saut en 23a sur MOIS.  
**23a- MOIS <xx>** ( de 1 à 12 ), Validation et saut en 24a sur JOUR.  
**24a- JOUR <xx>** ( de 1 à 28, 29,30 ou 31 ), Validation et saut en 31a.  
**31a- HEURE ( Heure, Minute )**, Validation et saut en 32a sur Heure.  
**32a- Heure <xx>** ( de 0 à 23 ), Validation et saut en 33a sur Minute.  
**33a- Minute <xx>** ( de 0 à 59 ), Validation et mise à zéro des secondes et  
 mise à jour de la RTC, puis saut en 51a sur SORTIE.  
**41a- REGLAGES ( Température\_ECS, Hystérésis, Paramètres, Sortie ).**  
**42a- TEMPERATURE\_ECS**, Validation et saut en 43a sur JOUR.  
\$ **43a- TEMPERATURE\_ECS <xx°C>** ( de 60°C à 85°C par 1 degré ) - après  
 validation, saut en 42b sur HYSTERESIS.  
**42b- HYSTERESIS ( Hys\_T\_Ambiante, Hys\_T\_Radiateur, Hystérésis\_T\_ECS )**,  
 valider et saut en 43b sur Hystérésis\_Température\_Ambiante.  
**43b- HYSTERESIS\_TEMP\_AMBIANTE** ( de 0,1 à 1°C au dixième de degré ), après  
 validation, saut en 44b.  
**44b- HYSTERESIS\_TEMP\_RADIATEUR** ( de 0,5 à 5,0°C au demi-degré ), après  
 validation, saut en 45b.  
£ **45a- HYSTERESIS\_TEMP\_ECS** ( de 0,5 à 5,0°C au demi-degré ), - après  
 validation, saut en 42c.  
**42c- PARAMETRES (Température\_Mini\_Extérieur, Température\_Maxi\_Chaudière,  
 Type\_de\_Régulation, Sortie ).**  
£ **43c- T\_MINI\_EXTERIEUR**, après validation, saut en 44c.  
**44c- <-xx°C>**, ( voir tableau des régions ), après validation, saut en 43d.  
£ **43d- T\_MAXI\_CHAUDIERE**, ( voir constructeur ), après validation, saut en 44d.  
**44d- <xx°C>**, après validation, saut en 43f.  
£ **43e- TYPE\_REGULATION ( Type\_Chaudière, Type\_Vanne\_3\_voies ).**  
**44e- CHAUDIERE**, après validation, saut en 43f sur SORTIE.  
£ **44f- VANNE\_3\_VOIES** ( Ouvrir/Fermer, Analogique ), validation et saut en 45c.  
£ **45b- OUVRIR/FERMER**, après validation, saut en 43f sur SORTIE.  
£ **45c- ANALOGIQUE**, après validation, saut en 43f sur SORTIE.  
**43f- SORTIE** ( vers REGLAGES ), après validation, saut en 42d sur SORTIE.  
**42d- SORTIE ( vers MENU ), validation et saut en 51a sur SORTIE.**  
**51a- SORTIE** ( du MENU = Retour au Mode Normal ).