

103 153

C.D. 628.8

# ÉTUDE EXPÉRIMENTALE SUR LE COMPORTEMENT D'UN NOUVEAU TYPE D'ACCUMULATEUR D'ÉNERGIE THERMIQUE DÉTERMINATIONS PRÉLIMINAIRES SUR L'INSTALLATION EXPÉRIMENTALE

PAR

VALENTIN PAVEL, NELU-CRISTIAN CHERECHEȘ,  
SORIN THEODORU et CONSTANTIN-DORU LĂZĂRESCU

On présente la première partie d'une étude concernant le comportement d'un nouveau type d'accumulateur d'énergie thermique. Sont présentées les déterminations se référant au comportement de l'unité centrale de stockage dans la phase de relaxation (refroidissement libre) afin d'établir les pertes de chaleur, pour avoir une approche correcte des phénomènes dans les étapes ultérieures des études concernant l'accumulateur.

## 1. Introduction

L'étude a été imposée par la nécessité d'approfondir les recherches concernant les accumulateurs à eau qui utilisent l'électricité comme source d'énergie, à condition d'utiliser un système de tarifs différentiels.

Quelques résultats concernant le stockage dans un seul cylindre sont présentés en [1]. Dans le même travail, sont présentés les quatre temps du fonctionnement d'un tel système: la phase de charge (1), la phase d'attente (2), la phase de décharge (3) et la phase intermédiaire (4).

Dans ce qui suit on présente les résultats des déterminations préliminaires obtenus à l'aide d'une installation à 16 cylindres; c'est le premier travail d'une série qui va aborder le comportement d'un accumulateur dans toutes les phases.

## 2. Installation expérimentale

L'installation [2] a été conçue afin de réaliser des expérimentations ayant pour but d'étudier le comportement d'un tel accumulateur dans un cycle complet de fonctionnement. La Fig. 1 présente le schéma de principe pour l'installation expérimentale: 1 - enceinte parallélépipédique, 2 - réservoir d'eau, 3 - isolation thermique, 4 - cuve, 5 - couvercle mobile, 6 - thermoplongeur, 7, 8 - clapets de réglage, 9 - tuyaux inférieurs, 10 - tuyaux supérieurs, 11 - vase d'expansion, 12 - ventilateur, 13 - valve

de réglage entrée, 14 – conduit entrée air, 15 – raccord élastique, 16 – diffuseur, 17 – confuseur, 18 – conduit d'air, 19 – supportage, 20, 21, 22, 23, 24, 25 – thermomètres, 26 – échappement pour la vapeur, 27 – volets entrées et sorties.

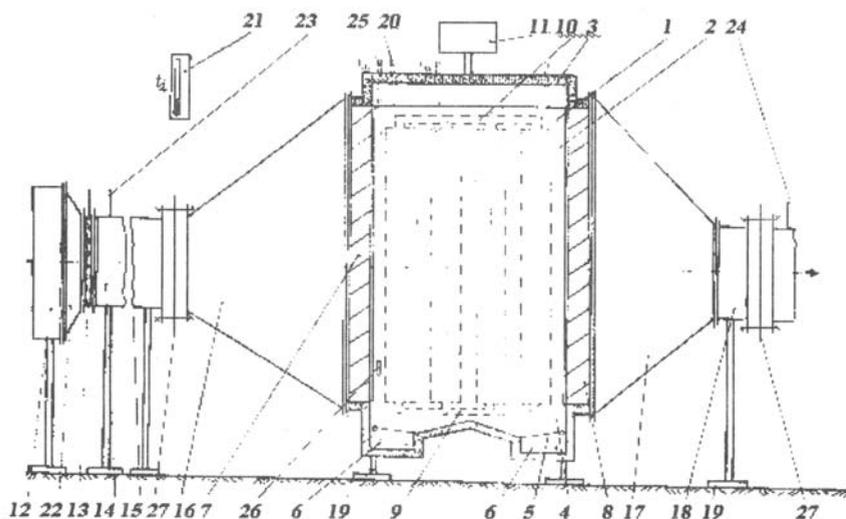


Fig. 1

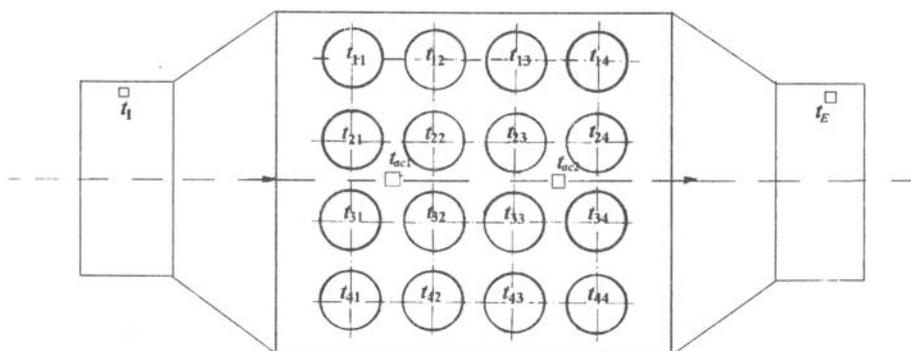


Fig. 2

Dans une enceinte parallélépipédique (1), isolée du point de vue thermique, sont placés 16 réservoirs cylindriques verticaux,  $R_{ij}$ , ( $ij = 11, \dots, 44$ ) [2], chacun avec les dimensions  $\varnothing 150 \times 1000$  mm. Les réservoirs  $R_{ij}$  sont rangés conformément au schéma présenté dans la Fig. 2, où on précise les notations utilisées pour les points de mesure de la température de l'eau dans les cylindres.

Les réservoirs  $R_{ij}$  sont remplis d'eau par le système de conduits (9) qui se trouve au dessous. Au dessus il y a le système de conduits (10) qui assure la liaison de chaque réservoir au vase d'expansion (11). L'enceinte (1), située au dessous de la

cuve (4), est divisée en deux compartiments, remplis d'eau, chacun protégé avec un couvercle mobile (5). Dans chaque compartiment est immergé un thermoplongeur ayant une puissance de 1600 W. L'enceinte (1) est séparée du réseau d'air, à l'entrée et à la sortie, par les clapets de réglage (7) et (8).

Des volets étanches (27) sont aussi prévus pour assurer une fermeture complète à l'entrée et à la sortie pendant la phase de charge et qui sont complètement ouverts pendant la phase de décharge.

Le ventilateur (12) assure la circulation de l'air. La température a été mesurée comme suit: les thermomètres (20), pour l'eau dans les réservoirs  $R_{ij}$ ; le thermomètre (23), pour l'entrée de l'air ( $t_1$ ); le thermomètre (24), pour la sortie de l'air ( $t_2$ ); les thermomètres (25), placés à l'intérieur de l'enceinte (deux points de mesure,  $t_{ac1}$  et  $t_{ac2}$ ); le thermomètre (21), pour la température du laboratoire.

Pour les mesurages ont été utilisés: des thermomètres digitaux TESTO 920, ayant une précision de  $\pm 1^\circ\text{C}$  et des thermomètres de mesure pour l'intervalle  $0^\circ \dots 150^\circ\text{C}$ , ayant une précision de  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

### 3. Objectifs

Les objectifs principaux des recherches effectuées à l'aide de l'installation décrite ci-dessus ont été les suivants:

- a) à établir le comportement de l'accumulateur dans un cycle complet de fonctionnement;
- b) à établir la manière de variation des températures dans chaque cylindre dans les phases de charge et de décharge;
- c) à déterminer la quantité d'énergie thermique accumulée en 8...10 h de charge;
- d) à déterminer la chaleur fournie par l'accumulateur, en réalisant des échelons pour les débits d'air;
- e) à calculer les coefficients de transfert de chaleur pour les différentes phases de fonctionnement.

### 4. Partie expérimentale

Ont été prévues trois étapes principales:

I. Déterminations préliminaires: refroidissement libre (la phase de relaxation).

II. Déterminations dans la phase de charge.

III. Détermination dans la phase de décharge.

La première étape a eu comme but principal la détermination de certaines propriétés spécifiques de l'installation expérimentale pour avoir des approches correctes sur les valeurs mesurées dans les étapes suivantes. Il s'agit d'établir la quantité de chaleur perdue par l'enceinte isolée de l'accumulateur. Dans ce but l'eau contenue dans les cylindres a été chauffée et a subi ensuite une relaxation. On peut ainsi évaluer correctement les pertes de chaleur à travers les parois extérieures de l'accumulateur.

La Fig.3 est une photographie qui montre la préparation de l'installation expérimentale pour les déterminations préliminaires.

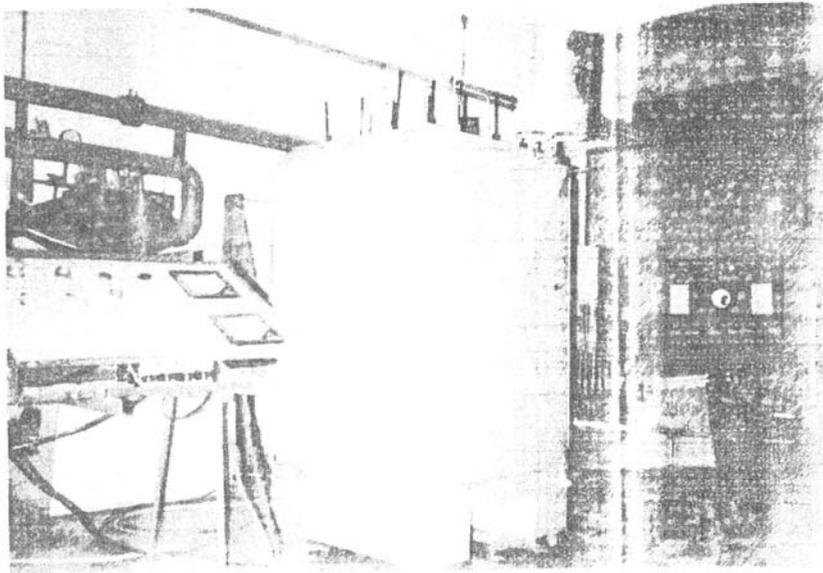


Fig. 3

L'accumulateur est quasiment coupé par rapport au réseau d'air et les clapets de réglage (7) et (8) ont été remplacés par deux parois isolantes ayant la même épaisseur et la même résistance thermique que les autres parois de l'accumulateur.

#### 4.1. Chauffage

Les deux thermo-plongeurs sont mis en fonctionnement. Sont mesurées les températures  $t_{ac1}$ ,  $t_{ac2}$  et  $t_{wij}$  à chaque heure. Le chauffage a une durée de 10 h. Les valeurs moyennes sont calculées avec les relations:

$$(1) \quad t_{ac\ med\ h} = \frac{t_{ac1h} + t_{ac2h}}{2}, \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (2) \quad t_{w\ med\ h} = \frac{\sum_{i=1}^{44} t_{wij}}{16}, \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

Les valeurs ainsi calculées sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1

$h$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{ac\ med}$	33	41	47,5	53	60	66	70	75	79	83	85
$t_w\ med$	31,166	40	46,833	53,33	60,33	67	72	77,433	81,66	85,833	87,66

#### 4.2. Relaxation

Après le chauffage a commencé une période de 15 h de refroidissement libre et ont été mesurées, de la même façon, à chaque heure, les mêmes températures,  $t_{ac1}$ ,

$t_{ac2}$  et  $t_{wij}$ . Les valeurs moyennes,  $t_{ac\ med\ h}$  et  $t_{w\ med\ h}$  sont présentées dans le Tableau 2. Avec ces valeurs ont été tracées les courbes de la Fig. 4.

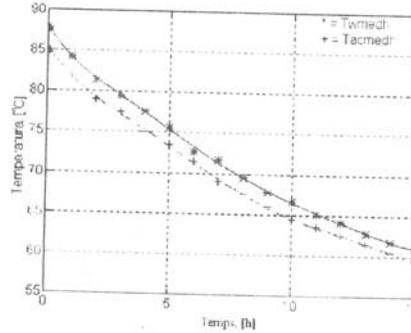


Fig. 4

Tableau 2

$h$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_{ac\ med}$	85	82	79	77,5	75	73,5	71,5	69	69,5	66	64,5	63,5	62,5	61,5	60,5	59,5
$t_{w\ med}$	87,7	84,3	81,5	79,5	77,5	75,7	72,7	71,7	69,5	67,8	66,7	65,2	64,2	62,8	61,8	61

### 5. Le calcul des pertes de chaleur

Les pertes de chaleur des réservoirs ont été déterminées en utilisant la relation:

$$(3) \quad \dot{Q}_{pr} = \sum_{ij=11}^{44} c_w m_{ij} (t_{wijh} - t_{wijh+1}), \quad [W].$$

En utilisant le logiciel MATLAB a on obtenu l'approximation linéaire:

$$(4) \quad f(x) = 0,0055x^5 - 0,066x^4 + 0,4348x^3 - 1,444x^2 + 1,989x + 0,179.$$

Les valeurs de  $\dot{Q}_{pr}$  pour chaque heure et la courbe approximée sont présentées dans la Fig. 5.

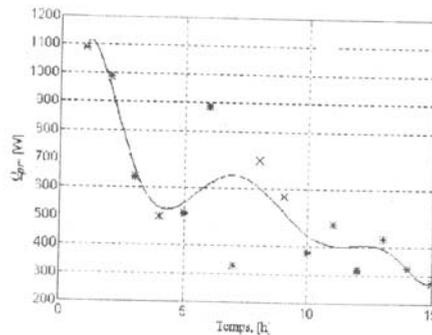


Fig. 5

## 6. Conclusions

En analysant les données obtenues et surtout la courbe de la Fig. 5 on peut faire les observations suivantes :

1. La quantité de chaleur perdue diminue avec le temps.
2. Le processus a un caractère oscillatoire.
3. Les oscillations sont provoquées par le phénomène de condensation alternative de la vapeur (présente dans l'enceinte après l'arrêt des thermoplongeurs) soit sur les parois extérieures de l'enceinte, soit sur les parois des cylindres, selon la température relative la plus basse à un certain moment.
4. Ce phénomène provoque un ralentissement du refroidissement des réservoirs et imprime à celui-ci un caractère pulsatif du refroidissement.

### Notations

- $t_{ac1h}$  - température de mélange air - vapeur à l'intérieure de l'enceinte, mesurée à l'heure  $h$ , conformément au Fig. 2, [°C], à l'aide du thermomètre  $t_{ac1}$  (Fig. 2);  
 $t_{ac2h}$  - ibidem, mesurée à l'aide du thermomètre  $t_{ac2}$  (Fig. 2);  
 $t_{wijh}$  - température de l'eau dans chaque réservoir à l'heure  $h$ , conformément à la Fig. 2, [°C];  
 $C_w = 1,162$  - chaleur spécifique de l'eau, [W.h/kg.°C];  
 $m_{ij}$  - la masse de l'eau contenue dans le réservoir  $R_{ij}$ , [kg];  
 $\dot{Q}_{pr}$  - la chaleur perdue par les réservoirs  $R_{ij}$  en refroidissement libre;  
 $t_{ac\ med\ h}$  - la valeur moyenne de la température de mélange air-vapeur dans l'enceinte, à l'heure  $h$ , [°C];  
 $t_{w\ med\ h}$  - la valeur moyenne de la température de l'eau dans les réservoirs à l'heure  $h$ , [°C].

Reçue le 5 mai 2004

Université Technique „Gh. Asachi”, Jassy,  
 Chaire d'Installations pour  
 Bâtiments et en Industrie

## BIBLIOGRAPHIE

1. Pavel V., Lăzărescu C.D., Androne I., Prisăcaru A.E., *Etude expérimentale sur les cylindres verticaux remplis d'eau, chauffés au-dessous*. Bul. Inst. polit., **XLVI** (L), 3-4, s. Constr. et Archit., 93-98 (2000).
2. Pavel V., Androne I., Prisăcaru A.E., Verdeș M., *A New Centralized System for Accumulating the Electrically Originated Heat Used in Warm-air Heating. Testing Installation for Experimental Determination of the Operational Characteristic Features*. Proc. of Internat. Conf. on Power Engng., Tokyo, Japan, Vol. **II**, 1997, 301-304.

### STUDIUL EXPERIMENTAL AL COMPORTĂRII UNUI NOU TIP DE ACUMULATOR DE ENERGIE TERMICĂ Determinări preliminare cu ajutorul instalației experimentale

(Rezumat)

Se prezintă prima parte a unui studiu referitor la comportarea unui nou tip de acumulator de energie termică. Sunt prezentate rezultatele determinărilor preliminare privind comportarea unității centrale de stocare în faza de relaxare (răcire liberă) cu scopul de a stabili pierderile de caldură pentru a avea o abordare corectă a fenomenelor în etapele ulterioare ale studiilor privitoare la acest tip de acumulator.