

48/85

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكنية
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT ÉLECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

**Modèle Informatique d'un distillateur à effet de serre
et influence des paramètres météorologiques sur son
fonctionnement.**

Proposé par :
Mme HAMAMI

Etudié par :
ROUIDI Anissa
FELLOUS Samira

Dirigé par :
Mme HAMAMI

PROMOTION :
JUN 1985

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

**Modèle Informatique d'un distillateur à effet de serre
et influence des paramètres météorologiques sur son
fonctionnement.**

Proposé par :

Mme HAMAMI

Etudié par :

ROUIDI Anissa
FELLOUS Samira

Dirigé par :

Mme HAMAMI

PROMOTION :
JUN 1985

-REMERCIEMENTS-

- notre projet de fin d'étude s'est déroulé au sein de
de l'école polytechnique d'Alger .
Nous saisissons cette occasion pour exprimer toute notre
gratitude à tous ceux qui ont contribué à notre formation.
Nous tenons à remercier notre promoteur Madame HAMAMI
pour l'assistance et la sympathie qu'elle nous a témoigné le
long de cette étude .
Nous remercions également le personnel de la station de
bouzareha pour l'aide qu'ils nous ont apporté et en parti-
-culier Monsieur BOUALLOUCHE .

TABLE DES MATIERES

I- Introduction

II- Definitions

- 1/ Nature du rayonnement solaire .
- 2/ Absorption , reflexion, transmission.
- 3/ Corps noir .
- 4/ Transfert d'energie
 - a- Transfert de chaleur .
 - b- Transfert de masse.
- a- Transfert de chaleur.
 - _ Conduction.
 - _ Convection.
 - _ Rayonnement.
- b- Transfert de masse.

III- La distillation solaire

- 1/ Transfert simultané de chaleur et de masse .
- 2/ Effet de serre .

IV- Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire statique.

- 1/ Système solaire passif.
- 2/ Distillateur solaire.
- 3/ Principe de fonctionnement.
- 4/ Bilan.

V- Caractéristiques principales d'un distillateur

- 1/ Rendement .
- 2/ Efficacité.
- 3/ Performance.
- 4/ Rendement d'absorption .
- 5/ Efficacité de distillation.

./...

VI- Paramètres influençant la production du distillateur.

- A/ Paramètres de construction.
- B/ Paramètres de la saumure.
- C/ Paramètres météorologiques.

VII- Modèle mathématique.

- 1/ Introduction .
- 2/ Schéma électrique.
- 3/ Coefficient d'échange.
- 4/ Hypothèses simplificatrices.
- 5/ Modèle logique.
 - A- Classification des paramètres.
 - B- Méthodologie.
- 6/ Organigramme.

VIII- Structure des programmes.

* PARTIE EXPERIMENTALE *

1/ Etude des différents blocs du montage.

- a- Système de chauffage d'eau.
 - Schéma de principe des chauffe eau solaire.
 - Principe de fonctionnement.
 - Conditions de travail.
- b- Distillateur.

2/ Appareil de mesure.

- a- Chaîne d'acquisition de données.
- b- Thermocouples.

./...

3/ Fichier météo.

4/ Resultats expérimentaux.

A- Tableaux de mesure:

a) Tableaux de données.

b) Tableaux de résultats.

B- Tracés de courbes:

a) Introduction.

b) Courbes.

c) Conclusions.

CONCLUSION GENERALE.

ANNEXE:
Programmes.

BIBLIOGRAPHIE.

INTRODUCTION :

L'histoire de la science a toujours prédit un brillant avenir à l'énergie solaire.

Déjà dans l'antiquité on raconte l'étonnante anecdote d'Archimède enflammant les vaisseaux romains à l'aide de ce qu'on appela avec admiration les "Ardents miroirs". Si on devait utiliser les combustibles fossiles de la planète pour obtenir une énergie équivalente à celle qui nous parvient du soleil, les réserves terrestres seraient épuisées en quelques jours.

Cette quantité fantastique d'énergie gouverne l'agriculture essentiellement par la photosynthèse, et tous les phénomènes hydrauliques et météorologiques.

C'est une énergie de type thermonucléaire, qui provient d'un cycle de réaction se déroulant à 100 km de notre planète. Elle n'a pas besoin d'être transportée car disponible partout. De même par sa propreté, elle ne crée ni pollution chimique ni contamination radio-active.

Malgré toutes ses qualités et le rôle important auquel elle semblait prédestinée, l'énergie solaire est restée à l'écart. L'explication d'un tel dédain est simple : elle résulte du prix dérisoire de l'énergie fossile.

Mais c'est le réajustement du prix du pétrole et des matières premières qui a brutalement fait prendre conscience au monde développé qu'il était en train de dilapider des ressources précieuses et éphémères.

Voilà maintenant que l'énergie solaire, pourtant source immémoriale de la vie appartient à ce qu'il est convenu d'appeler les "énergies nouvelles".

./...

Plusieurs procédés élémentaires d'utilisation de l'énergie solaire ont été mis au point .

Ces procédés reposent sur la conversion de l'énergie solaire en une énergie :

- Thermique ;
- Mécanique
- Électrique ou
- Chimique.

Chacune d'elle devant correspondre à des utilisations spécifiques.

La distillation solaire est basée sur la conversion du rayonnement solaire en énergie thermique.

C'est le moyen le plus anciennement utilisé pour le dessalement des eaux salées ou saumâtre, surtout dans les lieux isolés , les zones arides ou le problème de l'eau se pose avec acuité .

Ce type de distillateur est déjà utilisé depuis plus d'un siècle étant donné qu'une installation de ce genre a été construite au Chili en 1872 d'une superficie de plus de 5000 m², cette installation fonctionna de façon satisfaisante pendant plus de 40 ans produisant près de 22 m³ d'eau distillée par jour .

La distillation par énergie solaire pourra s'imposer véritablement que si son coût est inférieur à celle utilisée actuellement c'est-à-dire il faut améliorer le rendement .

./...

ETUDE
THEORIQUE

N O M E N C L A T U R E

Ab = surface du bas du distillateur	m ²
Ac = surface du couvercle vitré	m ²
Ap = surface de l'unité de distillation	m ²
Aw = surface de l'eau	m ²
Cp = capacité calorifique de l'eau	Kcal/ Kg°C.
L = chaleur latente de vaporisation	Kcal/ Kg.
λ = conductivité thermique	Kcal/ hm°C.
md = masse de l'eau distillée recueillie	Kg.
Ta = température ambiante	°C.
Tb = " du bas du distillateur	°C.
Tv = " de la vitre	°C.
Te = " de l'eau	°C.
ξ_c = emissivité de la surface du verre	sans dimension.
ξ_p = émissivité du plan noir	" "
σ = constante de STEPHAN. BOLTZMANN.	Kcal/ h.m ² . K ⁴ .
Nu = nombre de NUSSELT.	sans dimension.
Gr = " de GRASHOFF.	" "
Pr = " de PRANDT.	" "
α_w = absorptance effective du distillateur	sans dimension.

II- DEFINITIONS:

1/ Absorption , reflexion et transmission du rayonnement

Lorsqu'un rayonnement q est incident sur un corps, une partie q_r sera réfléchié , une autre partie q_a sera absorbée et si le corps n'est pas opaque une dernière partie q_t sera transmise .

On introduit les 3 coefficient suivants:

$$\alpha(\text{ facteur d'absorption }) = \frac{\text{rayonnement absorbé}}{\text{" incident}} = \frac{q_a}{q}$$

$$\rho(\text{ facteur de réflexion }) = \frac{\text{rayonnement réfléchi}}{\text{" incident}} = \frac{q_r}{q}$$

$$\tau(\text{ facteur de transmission}) = \frac{\text{rayonnement transmis}}{\text{" incident}} = \frac{q_t}{q}$$

La relation entre ces trois coefficients est : $\alpha + \rho + \tau = 1$

2/ Corps noir:

C'est un corps ou une surface, qui a une température donnée, et pour une longueur d'onde donnée, émettrait le maximum de flux par rayonnement .

Un corps noir est une abstraction dont on peut s'approcher plus ou moins en pratique.

L'énergie émise par rayonnement d'un corps noir est donnée par la loi de STEPHAN :

$$E \text{ émise} = \sigma \cdot T^4$$

3/ Le transfert d'énergie :

Dans un distillateur, le transfert d'énergie se fait de 2 manières :

- Transfert de chaleur .
- Transfert de masse .

a) Le transfert de chaleur :

Le transfert de chaleur peut être défini comme la transmission de l'énergie d'une région à une autre sous l'influence d'une différence de

On distingue trois modes de transmission de la chaleur :

* La conduction : La conduction est un phénomène au moyen duquel la chaleur s'écoule à l'intérieur d'un milieu (liquide, solide ou gazeux) d'une région à haute T° à une autre à basse T° ou encore différents milieux mis en contact.

La conduction est le seul mécanisme au moyen duquel la chaleur peut s'écouler dans le corps solide.

La conduction est également importante dans les fluides mais dans ce cas elle est accompagnée d'une transmission par convection et dans certains cas par rayonnement.

* Convection : La convection est un mode de transport d'énergie par l'action combinée de la conduction, de l'accumulation de l'énergie et du mouvement du milieu.

La convection est le mécanisme le plus important de transfert d'énergie entre une surface solide et un liquide ou un gaz.

* Rayonnement : Le rayonnement est le mécanisme par lequel la chaleur se transmet d'un corps à haute T° vers un autre à basse T° , lorsque ces deux corps sont séparés dans l'espace ou même lorsqu'un vide existe entre eux.

b) Le transfert de masse : Désigne le transport d'un constituant d'une solution fluide d'une région de haute concentration à une région de concentration plus faible. La masse est transférée dans une direction où le gradient de concentration existant va en diminuant tout comme la chaleur se transmet dans une direction où le gradient de T° va en diminuant.

./...

Le transfert de masse peut s'effectuer en phase liquide ou en phase gazeuse comme il peut avoir lieu entre 2 phases différentes. Dans la distillation ce transfert de masse a lieu du liquide vers la vapeur.

III LA DISTILLATION SOLAIRE :

Le principe de la distillation solaire repose sur :

- le transfert simultané de chaleur et de masse.
- L'effet de serre.

1°) Transfert simultané de chaleur et de masse :

Dans la plupart des cas, et particulièrement dans celui que nous allons étudier (évaporation de l'eau dans l'air), le transfert de masse est lié au transfert de chaleur. En effet, la concentration des composés du milieu matériel dépend fréquemment de la T° . Donc de ce fait, le processus de transfert simultané de chaleur et de masse

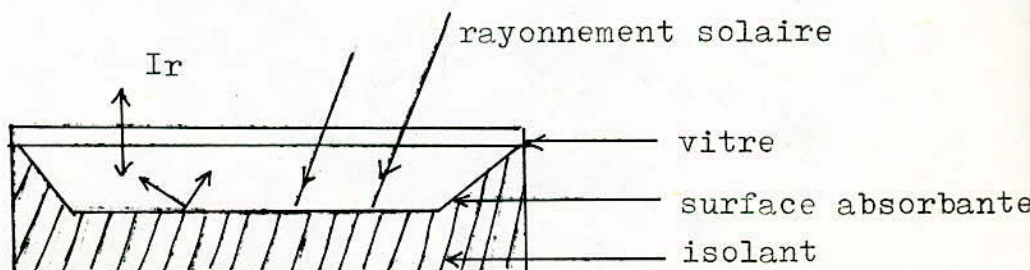
2°) L'effet de serre :

Le principe de l'effet de serre repose sur :

- L'aptitude du verre à laisser passer le rayonnement solaire
- La récupération du maximum émis par l'absorbeur.

Il est intéressant de rappeler les différentes étapes se déroulant lors de la traversée de la vitre par le rayonnement solaire.

Le rayonnement solaire arrive sur la vitre, il est transmis à l'intérieur et atteint alors la surface absorbante.



L'absorbeur se chauffe: Absorption entière du rayonnement solaire (il se comporte comme un corps noir), sa température augmente (la variation de cette dernière dépend du débit du fluide) .A son tour, il rayonne mais dans un domaine différent de celui du rayonnement solaire .

Le soleil rayonne entre 0,25 et 2,5 μm
l'absorbeur rayonne entre 4 et 70 μm donc dans l'infrarouge
le rayonnement émis par l'absorbeur arrive alors à la vitre et comme le verre est opaque au rayonnement infrarouge, la majeure partie de l'énergie incidente est donc conservée dans le capteur, ce phénomène constituant l'effet de serre .

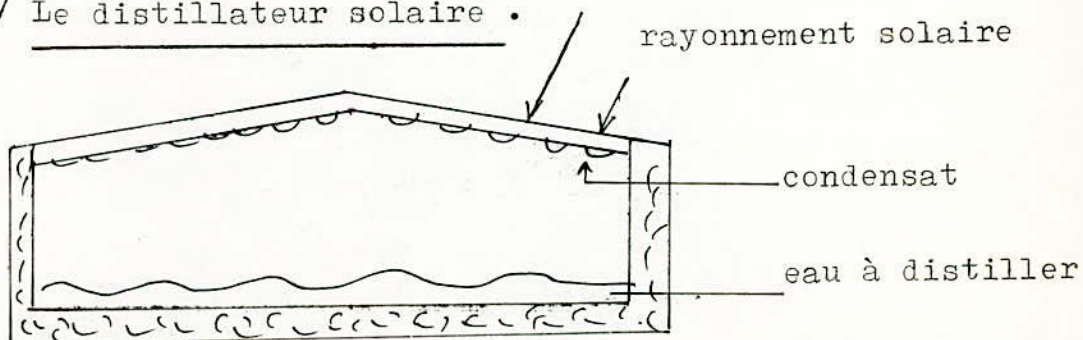
i IV- Principe de fonctionnement d'un distillateur solaire statique

1°) Systèmes solaires passifs :

Un système est dit passif lorsque les mouvements du fluide véhiculant l'énergie captée se produisent naturellement sans nécessiter l'utilisation d'une circulation forcée. Ces mouvements sont généralement dus à des phénomènes de convection naturelle ayant pour origine les différences de température se produisant dans les différentes parties du système.

Le distillateur solaire est un système passif .

2°/ Le distillateur solaire .



3°) Principe de fonctionnement :

L'eau à distiller recouvre le fond noirci du boîtier bien isolé, l'échauffement dû au flux solaire évapore cette eau qui monte et se condense au contact de la vitre plus froide que le fond.

Les gouttelettes glissent le long de la vitre avant d'être collectées.

4°) Le bilan extérieur

Voir figure 1

L'étude du bilan nous permettra de voir les pertes que peut avoir le distillateur au cours de son fonctionnement .

On assimile ce distillateur à un schéma électrique qui facilitera l'étude .

Pour établir ce bilan, le système thermodynamique choisi sera le distillateur même.

$$I = I_r + q_{c,v} + q_{r,v} + q_{c,e} + q_m + q_p$$

* I étant l'énergie proportionnelle à la projection horizontale de la surface totale A_p du distillateur.

$$I = I_o \cdot A_p$$

I_o étant l'intensité de la radiation solaire directe et diffuse (mesurée à l'aide d'un solarimètre).

* I_r : étant l'énergie de radiation solaire réfléchie et qui est proportionnelle à la surface A_{c_p} du couvercle.

$$I = R I_o A_c$$

$$R \text{ étant le facteur de réflexion ; } R = \frac{I_r}{I}$$

./...

* $q_{c,v}$; $q_{r,v}$: flux thermiques perdus par la vitre par convection et rayonnement vers l'extérieur.

La partie du rayonnement solaire absorbée par le bac élève la température de l'eau, donc la pression partielle de la vapeur d'eau dans la couche d'air. Les vitres constituent une surface froide sur laquelle se condense la vapeur d'eau. Elle lui cède ainsi une certaine quantité de chaleur qui est perdue vers l'extérieur par convection ($q_{c,v}$) et rayonnement ($q_{r,v}$)

* $q_{c,e}$: flux perdu par le fond du bac

* q_m : Chaleur emportée par le distillateur

C_p étant la capacité calorifique de l'eau.

* q_p : Ce sont :

- Les pertes par rayonnement et convection des structures latérales externes, minimisées par l'isolation du bassin et de ses surfaces.
- Les pertes par rayonnement du fond de l'appareil (vers le sol)
- Les pertes par fuites d'eau du bassin
- Les pertes par fuites de vapeur par l'atmosphère
- Les pertes par fuites du distillateur autre que la partie qui retombe dans le bac.

q_m et q_p sont négligés par construction.

2 - Bilan au niveau de la vitre

Voir figure 2.

On peut écrire au niveau de la vitre

$$q + q_{r,ev} + q_{c,ev} + q_{e,ev} + q_v - q_{cv} - q_{r,v} = 0 \quad (1)$$

T_a = température ambiante

T_v = température moyenne de la vitre (l'écart de température entre les deux faces de la vitre est négligeable)

T_e = Température du bac contenant l'eau à distiller

T'_a = température de la surface sur laquelle est placé le distillateur.

*q_{e,ev}: Flux thermique par évaporation condensation entre le film d'eau et le vitrage.

*q_{,ev}: Flux thermique par rayonnement entre le fond du bac et le vitrage.

*q_{c,ev}: Flux thermique par convection entre le fond du bac et le vitrage.

Le facteur réalisant cette convection est le mélange d'air sec + vapeur d'eau. Ce mouvement du mélange est dû au fait que la température de l'eau est supérieure à la température interne du couvercle vitré.

*q_v : Flux absorbé par le vitrage

*q : Ce terme comprend :

- Les quantités de chaleur apportées par conduction et convection des structures internes du distillateur avec la surface interne de la vitre par l'intermédiaire du mélange humide.

- Le rayonnement de ces mêmes structures vers la vitre.

3 - Bilan au niveau du bac et le film d'eau à distiller
 $q_e - q_{r, ev} - q_{c, ev} - q_{e, ev} - q = 0 \quad (2)$

* q_e = Flux absorbé par le bac et le film d'eau à distiller

Les relations donnant ces différents flux par unité de surface du distillateur sont données par ce qui suit :

* Le flux absorbé par la vitre s'écrit :

$$q_v = \alpha_{v,s} I_s + \alpha_{v,ir} I_{ir}$$

Le premier terme exprimant le flux solaire absorbé et le second le flux infra-rouge absorbé.

I_s comprend le flux solaire incident et réfléchi sur le plan d'eau.

Les coefficients $\alpha_{v,s}$ et $\alpha_{v,ir}$ doivent tenir compte de la présence de gouttelettes de condensat sur la vitre.

* Le flux absorbé par le fond du bac et le film d'eau s'écrit : $q_e = \tau_{v,s} \cdot \tau_{e,s} \cdot \alpha_{b,s} \cdot I_h$

I_h étant le flux solaire global incident et les trois coefficients désignant respectivement la transmissivité de la vitre et du film d'eau et l'absorptivité du fond du bac aux longueurs d'onde correspondant au flux solaire.

Connaissant la vitesse moyenne du vent, la température ambiante, l'hygrométrie et la couverture nuageuse du site, les flux $q_{c,v}$ et $q_{r,v}$ sont calculés par l'intermédiaire des équations

$$q_{r,v} = \epsilon_r \cdot \sigma \cdot T_a^4 (0,39 - 0,0096 \cdot v_s) (1 - a \cdot CN) + 4 \epsilon_r \sigma T_a^3 (T_v - T_a)$$

où S_{vs} est la pression de vapeur saturante en mm de mercure

CN : la couverture nuageuse moyenne en 1/8

a : constante dépendant de la latitude donnée par un tableau

v : vitesse du vent en m/s

ϵ_r : l'émittance hémisphérique .

$$* q_{r,ev} = A_w \cdot \sigma \cdot \epsilon \cdot (T_e^4 - T_v^4) .$$

ϵ = facteur d'émission équivalent (eau-vitre).

$$\frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{\epsilon_c} + \frac{1}{\epsilon_e} - 1 .$$

σ = constante de Stephan - Boltzmann.

ϵ_c = émissivité du verre.

ϵ_e = " de l'eau .

A_w = surface de l'eau (évaporation).

$$* q_{c,ev} = h_{c,ev} \cdot (T_e - T_v) .$$

$$\text{Ou } h_{c,ev} = 0,9 \left\{ (T_e - T_v) + \left[\frac{P_{vs}(T_e) - P_{vs}(T_v)}{267 - P_{vs}(T_e)} \right] T_e \right\}^{1/3}$$

Où $P_{vs}(T_e)$ et $P_{vs}(T_v)$ sont respectivement les pressions de vapeur saturante à la température de l'eau et à la température de la vitre exprimées en kPa

$$* q_{e,ev} = 6,3 \cdot 10^{-3} P_{vs}(T_e) - P_{vs}(T_v) \cdot l \cdot h_{c,ev} .$$

Où l est la chaleur latente d'évaporation à la température moyenne soit $l \hat{=} 2350$ KJ/Kg, P_{vs} étant exprimé en kPa.

* Connaissant la résistance du fond du bac R_f , on calcule $q_{e,v}$.

$$q_{e,v} = \frac{(T_e - T_a)}{R_f}$$

Si on substitue ces différents flux dans (1) et (2), on obtient deux équations aux inconnues T_e et T_v . Afin d'éliminer $P_{vs}(T_e)$ et $P_{vs}(T_v)$, on peut les exprimer en fonction de T_e et T_v utilisant le polynôme suivant, obtenu par la méthode des moindres carrés à partir des tables de vapeur d'eau.

$$P_{vs} = -16,037 + 1,8974 T - 0,0699 T^2 + 0,0012 T^3 - 5,8511 \cdot 10^{-6} T^4 .$$

Ce polynôme donne des valeurs acceptables de P_{vs} pour $20 < T < 80^\circ\text{C}$.

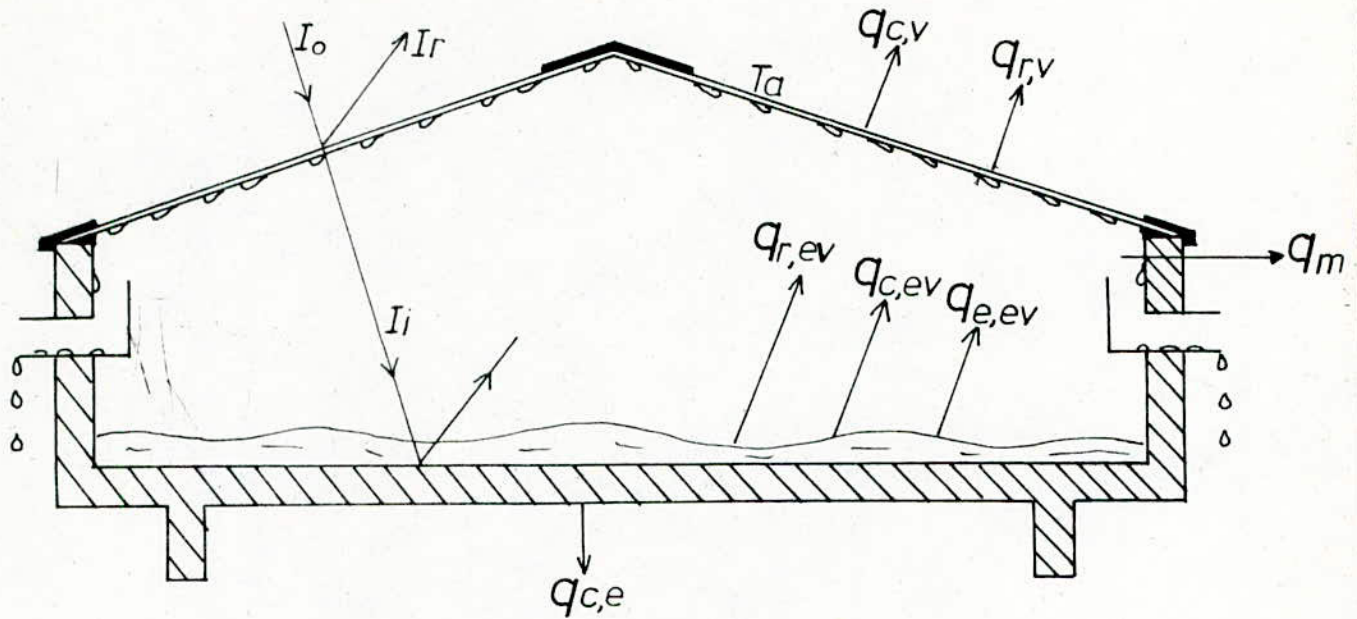


fig1: BILAN THERMIQUE

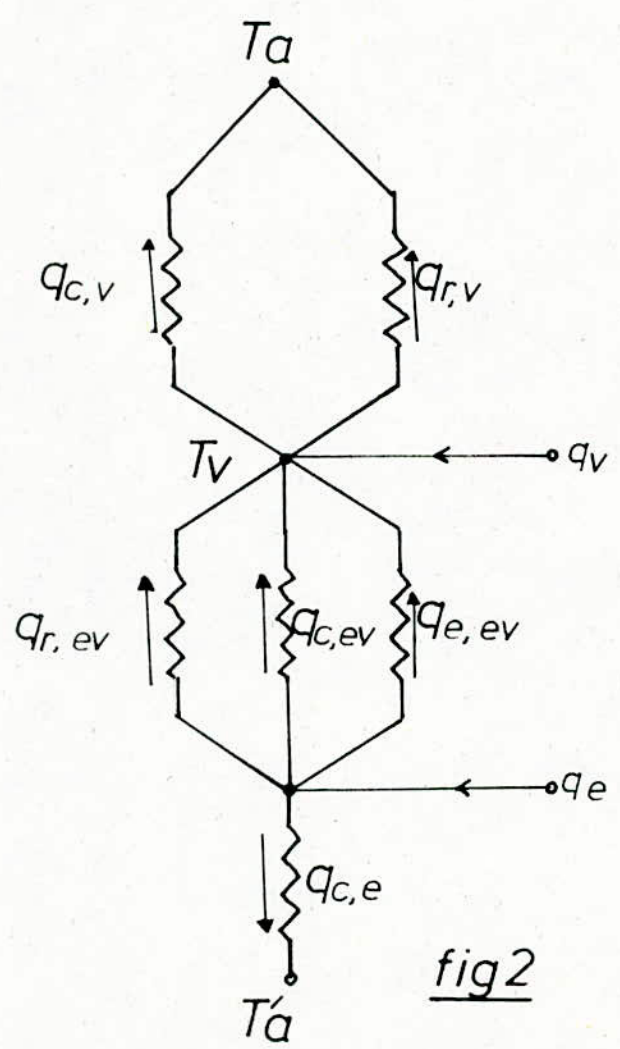


fig2

On caractérise généralement un distillateur à effet de serre par rendement, son efficacité, sa performance, le rendement d'absorption et l'efficacité de distillation.

1°) Le rendement.

C'est la quantité d'eau produite (en litre) par unité de surface de plan noir et par jour.

Le rendement s'avère une grandeur relative dans la mesure où il ne fait pas mention à l'énergie solaire qui arrive sur le distillateur. Par exemple, un appareil situé dans une région tropicale, aurait un rendement supérieur à celui qu'aurait donné le même appareil dans une région moins ensoleillée.

Le rendement dépend essentiellement de 3 facteurs.

- L'orientation par rapport aux rayons solaires
- La nature de la surface absorbante
- L'intensité de l'effet de serre

2°) L'efficacité.

L'efficacité apparaît comme étant le rapport de la quantité de chaleur utilisée pour chauffer l'eau du bac et pour l'évaporation sur l'énergie reçue du soleil, l'efficacité apparaît comme étant :

$$\text{effic globale} : \eta_o = Q_e / E$$

$$\text{effic interne} : \eta_i = Q_e / \alpha_w \cdot E$$

QE = chaleur d'avap par m² durant la journée

= Absorption effective du dist (de la saumure)

E = Energie solaire globale reçue sur une surface horizontale de 1 m² pendant la journée.

E. α_w = Energie absorbée par l'eau et le plan noir pendant 24 h.

Dans tous les cas et pour un fonctionnement du dist de T₁ à T₂, on peut diviser la durée T = T₂ - T₁ en intervalles de temps égaux de valeur Δt et les efficacités réelles sont alors les moy des N efficacité relatives à chacun des N instants et on obtient.

Avec EI = effic interne moy
 EG = " globale "

$$EI = \frac{\sum_{k=1}^N n_{ik}}{N}$$

$$EG = \frac{\sum_{k=1}^N n_{ok}}{N}$$

EI et EG seron d'autant plus, représentatives du fonctionnement réel du distill que dt sera petit et que N grand car ni et no seront fonction de la TO de la saumure qui peut varier fortement entre 2 instances successifs.

3°) La performance.

L'efficacité ne fait pas intervenir la quantité d'énergie entrant réellement dans le distillateur.

En général, un distillateur est construit pour un lieu donné et avec une pente de couverture fixe.

Un changement de pente, ou de localité fait varier la quantité d'énergie qui entre dans le distillateur.

Afin de pouvoir caractériser un distillatuer d'une manière plus absolue, SATCUNANATHAN et HANSEN ont défini les facteurs suivants :

FPB = Facteur de performance brute
 = Quantité d'eau produite au bout de 24 H
 // d'Energie entrée.

FPH = Facteur de performance horaire
 = quantité d'eau produite au bout de 24 H
 // d'énergie entrée pendant 1 H

4°) Le rendement d'absorption :

Il est défini par COOPER de la manière suivante :

$$\alpha_m = \int_0^{T_s} \alpha_w \cdot q / Q_T \cdot dt$$

α_m = Rendement d'absorption

q = Quantité dénergie solaire par unité de surface horizontale et par unité de temps.

QT = Energie solaire globale reçue dans la journée par unité de surface horizontale.

V est un nombre sans dimension, positif qui simule l'intermittence des nuages.

Θ = Durée du jour

Ts = Temps écoulé depuis le lever du soleil.

5°) Efficacité de distillation:

C'est le critère que nous avons introduit, il représente le rapport de l'énergie d'évaporation et de condensation d'une part à l'énergie totale Cédée par la saumure et transmise vers le haut d'autre part.

Il permet de comparer l'intensité du processus d'évaporation et l'intensité des processus de convection et de rayonnement interne à partir de la saumure.

Par la suite, dans l'étude d'optimisation d'un distillateur à effet de serre, on pourra observer que l'augmentation des températures de saumure et de vitre puis de leur écart n'entraîne pas toujours une croissance de l'efficacité interne, à ce moment là, la décroissance ou la constance de l'efficacité de distillateur expliquera bien le phénomène.

Dès lors, il apparaît que l'efficacité interne traduit précisément la conversion thermique utile et le fonctionnement général du distillateur. L'efficacité de distillation quand à elle décrit parfaitement l'intensité de la conversion thermique interne relative à la distillation.

./...

CHAPITRE VI .

* Etude des paramètres qui influencent
la production du distillateur*

A/ Les paramètres de construction :

La construction :

La couverture intervient essentiellement par

- Sa nature
- Son inclinaison
- Le nombre de vitre

a) La nature de la couverture :

Les 4 paramètres suivants caractérisent la nature de la couverture

1) La transmittance :

Pour les distillateurs à effet de serre la couverture ne doit pas être transparente à infra-rouge

2) La mouillabilité :

La surface intérieure de la couverture doit posséder une bonne mouillabilité autrement la condensation de l'eau sur la couverture se fait sous forme de gouttelettes qui retombent dans la saumure.

3) La résistance :

La couverture doit résister aux attaques de vent et aux particules solides

4) Transparence :

Elle doit être transparente aux rayonnement solaires.

B) Inclinaison :

Son choix est important car elle détermine d'une part, la quantité d'énergie solaire qui entre dans le distillateur et intervient d'autre part selon les types de distillateur dans le transfert interne de chaleur et de masse entre la saumure et la vitre de condensation.

Les travaux de BAUM ont montré qu'il existe une zone tampon qui ne participe pas aux transferts de chaleur et de masse.

BAUM montre que lorsque l'évaporation augmente, la condensation augmente et réciproquement de cela il est aisé de conclure que l'augmentation de ce fait augmente le volume de la zone tampon et la diminution ainsi le taux d'échange.

./....

Donc pour avoir de bon transfert de chaleur et de masse, on a intérêt de prendre l'inclinaison de toit la plus petite possible mais on est limité dans le choix car cette inclinaison doit assurer l'écoulement du condensat vers les gouttières sans que celui-ci retombe dans l'eau saumâtre.

II Distance entre la surface d'évaporation et la surface de condensation.:

La lame d'air située entre la vitre et l'absorbeur se comporte comme un isolant vis à vis de la transmission de la conductibilité ; Mais si cette épaisseur est trop grande, une convection naturelle de l'air intervient, ce qui entraîne des pertes on négligeables par convection.

Les conditions optimums sont d'éprès CHAPMAN

$$e^3 \cdot \Delta T = e^3 (T_s - T_{it}) < K.$$

K dépend du fluide considéré

III Surface absorbante.

Les tests menés par certains chercheurs ont montré que la surface absorbante peut-être construite en béton, bois, matières synthétiques, métal ou verre ordinaire.

Le choix de la matière dépend de son inertie thermique, de sa résistance à l'oxydation par l'eau et les dépôts de minéraux, et de son coût

L'utilisation du verre ordinaire ou de matière synthétique entraîne une inertie thermique plus faible et des rendements supérieurs de 10 à 15 % à ceux obtenus avec le béton.

B/ Les paramètres de la saumure :

1°) Epaisseur de la saumure

Le rendement est meilleur avec une épaisseur de saumure faible car on met beaucoup plus de temps à chauffer une grande épaisseur d'eau qu'une petite.

2°) Concentration en sel.

Lorsque la concentration de la saumure croit, le rendement décroît linéairement.

C / Les paramètres météorologiques :

1°) L'intermittence des nuages

Elle est simulée par la grandeur V dans la relation qui donne

la quantité d'énergie solaire reçue sur une surface horizontale par unité de temps :

$$Q = \frac{Q_t}{2 T_s} \cdot \sin\left(\frac{\pi \theta}{T_s}\right) \left(1 + \cos\left(\frac{V \pi \theta}{T_s}\right)\right)$$

Cela revient à considérer la radiation solaire comme une fonction, oscillant à la fréquence V qui représente la fréquence de passage des nuages.

2°) Le vent et la température ambiante :

Aux températures de saumure élevées, augmenter la différence de température entre la saumure et la vitre en augmentant la vitesse du vent en abaissant la température ambiante ou encore en refroidissant la couverture par l'eau circulant entre 2 vitres, contribue à élever le taux d'évaporation.

Par contre, aux basses températures de la saumure, augmenter la vitesse du vent revient à faire chuter le taux d'évaporation.

Il apparait dès lors que les effets d'une augmentation de la vitesse du vent et d'un abaissement de la température ambiante équivaut à un refroidissement de couverture.

3°) L'orientation des collecteurs :

D'après COOPER, l'absorptance varie linéairement en fonction de l'orientation.

Si celle-ci augmente de 0 à 90° degré, l'orientation optimale correspond à α_w minimum est l'orientation nord-sud.

Dans certains cas, l'orientation 0 degré est plus favorable notamment en été.

.../...

1°) INTRODUCTION

Parmi les applications les plus importantes et les plus répandues de l'ordinateur, c'est son utilisation comme un simulateur que l'on retient.

La simulation est une technique qui permet de représenter des systèmes réels par des modèles physiques.

Si un système peut se décrire mathématiquement, il existe un système de nature différente, système analogique et que régissent les mêmes équations.

Il revient au même d'étudier le problème sur le modèle mathématique ou le modèle analogique.

L'avantage avec le modèle analogique est qu'il permet de substituer la résolution de système d'équation différentielle, dont la manipulation n'est pas toujours aisée, par simple application de la loi d'OHM, il permet aussi une facilité de mise en oeuvre, une souplesse d'emploi, une étude approfondie sur l'influence des principaux paramètres du système, ainsi un coût modéré vis à vis de la richesse des informations obtenues.

On peut dire de la "Simulation que c'est l'art de faire des expériences sur un modèle de façon à en tirer des conclusions sur la réalité"

2°) SCHEMA ELECTRIQUE GENERAL EQUIVALENT.

Voir planche 1.

Dans le modèle de description des transferts de chaleur par analogie électrique, les températures des différents milieux, les flux de chaleur et les résistances de transfert thermique sont représentés respectivement par des potentiels, des intensités et des résistances électriques.

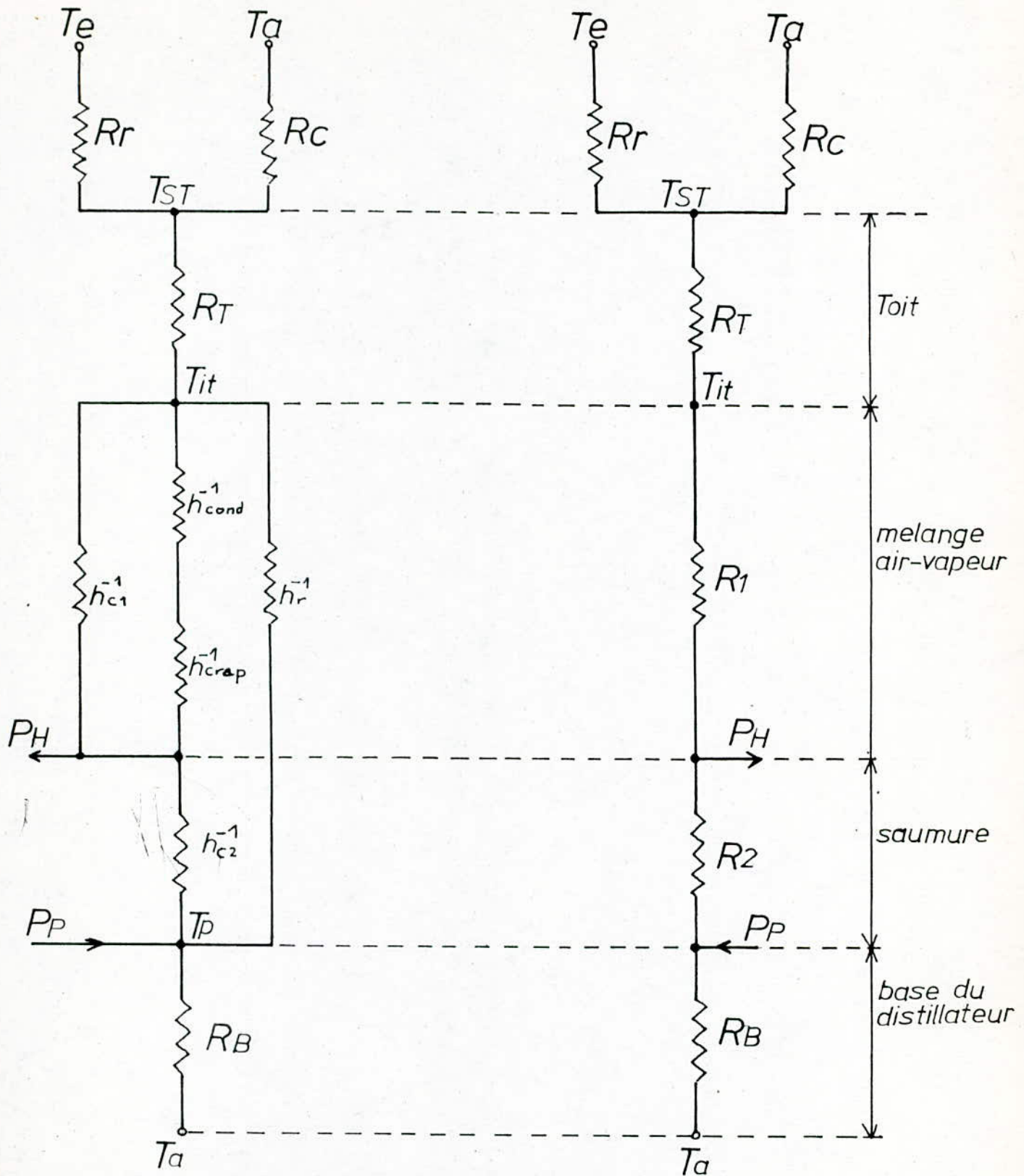
Ta = Température ambiante (°K)

Te = Température de la voûte céleste (°K)

Tp = Température du plan noir (°K)

Ts = Température de la saumure

Tm = Température du mélange air - vapeur



ANALOGIE ELECTRIQUE

- Tit = Température de la surface interne de la vitre
Tst = Température de la surface externe de la vitre
Pp = Puissance solaire absorbée par le plan noir (W/m²)
Ph = Puissance transmise à la saumure et convertie en échauffement (W/m²)
Rr = Résistance thermique de rayonnement entre vitre et voûte céleste
(W/m²/°K)⁻¹
Rc = Résistance thermique de convection entre la vitre et le milieu
ambiant (W/m²/°K)⁻¹
et = Epaisseur de la vitre (m)
λ = Conductibilité thermique de la vitre (W/m²/°K)
hc1 = Coefficient d'échange thermique par convection interne (W/m²/°K)
h évap, h cond = Coefficients d'échange thermique par évaporation et
condensation (W/m²/°K)
hc2 = Coefficient d'échange thermique par conduction convection naturelle
entre le plan noir et la saumure (W/m²/°K)
Rb = Résistance thermique de l'isolant (W/m²/K)⁻¹
Rt = Résistance thermique de conduction (W/m²/K)⁻¹
R1, R2 = Résistances thermiques auxiliaires.

3°° COEFFICIENTS D'ECHANGE.

L'utilisation des résultats expérimentaux établis grâce à la théorie des similitudes oblige le passage par des nombres adimensionnels.

ainsi pour passer du nombre de Nusselt aux coefficients d'échange, on utilisera l'expression :

$$Nu = \frac{h \cdot L}{\lambda}$$

- h = Coefficient d'échange
L = Longueur d'échange
λ = Conductibilité thermique du milieu.

a) Echange par convection entre la vitre extérieurs et le milieu ambiant (Rc = H_c¹)

Ce coefficient dépend essentiellement de la vitesse du vent.

- hc = 5,7 + 3,8V
V = Vitesse du vent -(m/s)
hc = (W/m²/K)

./...

- b) Echange par rayonnement entre la vitre externe et la voûte céleste
 Le coefficient est donné par la formule de BOLTZMANN - STEPHAN :

$$hr = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \cdot F \cdot (T_e^4 + T_{st}^4) (T_e + T_{st})$$

On fixe l'émissivité du ciel à $\epsilon_p = 1$

et le facteur de forme : $F = 1$

$$= Rr^A = \epsilon_r \sigma \cdot (T_e^4 + T_{st}^4) (T_e + T_{st})$$

avec $T_e = 0,552 Ta^{1,5}$ (T_a et T_e en OK)

- c) Echange par conduction entre les deux faces du toit :

Le coefficient de transfert de chaleur par conduction sera :

$$Rt = \frac{et}{\lambda t}$$

- d) Echange par convection entre saumure et vitre de condensation

Les études de BAUM ont contribué à montrer que dans ce type de distillateur l'intensité de l'échange par convection interne dépend du Grashaff et de l'inclinaison de la couverture. Par exemple, dans les conditions suivantes

$$- B = 30^\circ \quad \text{et} \quad 3 \cdot 10^3 < \text{Grashaff} < 5 \cdot 10^4$$

$$\text{Nu} = 0,0588 \cdot (\text{Grashaff})^{0,37}$$

$$- \text{Grashaff} < 3 \cdot 10^3 \quad \text{on a} \quad \text{Nu} = 1 \quad \text{Quelque soit la valeur de B.}$$

$$- \text{Grashaff} > 5 \cdot 10^4 \quad \text{Nu} = 0,0354 \cdot (\text{Grashaff})^{0,37}$$

L'expression de Grashaff est alors :

$$\text{Grashoff} = \frac{g \cdot B \cdot D^3 (T_s - T_{it})}{\nu^2 m^2}$$

ν_m = Viscosité cinématique du mélange air-vapeur.

D = Longueur caractéristique du distillateur = $\frac{4 \cdot S}{P}$

P = Périmètre du distillateur.

S = Surface de la base du distillateur.

m = Conductivité thermique du mélange air-vapeur

$$\text{d'où} \quad = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda m}{D}$$

D

E) Echange par évaporation condensation entre saumure - toit

$$h \text{ évap} = \frac{Nu \text{ ev. } \lambda_m}{D/2} ; \quad h \text{ cond} = \frac{Nuc. \lambda_m}{D/2}$$

Les résultats obtenus par BAUM et BAIRAMOV, établis en 1963, sont :

- A l'évaporation : $2,17 \cdot 10^6 < (Gre. \text{pre}) < 1,78 \cdot 10^7$
 $Nu_{ev} = 39,8 \quad \xi_{ev} (Gre. \text{Pre})^{0,17}$
 $1,58 \cdot 10^8 < (Gre. \text{Pre}) < 4,7 \cdot 10^8$
 $Nu_{ev} = 2,767 / \xi_{ev} (Gre. \text{Pre})^{0,34}$

- A la condensation

$2,35 \cdot 10^6 < (Gre. \text{Pre}) < 2,51 \cdot 10^7$
 $Nu. c = 1,413 \cdot 10^4 \quad \xi_{Cond} (Gre. \text{Pre})$
 $1,66 \cdot 10^8 < (Gre. \text{Pre}) < 7,39 \cdot 10^8$
 $Nu. c = 5,164 \cdot 10^{-2} \quad \xi_{cond.} (Gre. \text{Pre})^{0,61}$
 d'où $H^{-1} = h^{-1} \text{ évap} + h^{-1} \text{ cond}$

La connaissance de H, permet de calculer le taux d'eau distillée produite M :

$$M = H. (T_s - T_{it}) / L (T_m)$$

- L (T_m) = Chaleur latente d'évaporation de l'eau à la température T_m du mélange air-vapeur (W/kg)

$$L = 4,18. (7,965 - 0,007. T_p)$$

- Nu_{ev}, Nu_c : nombre de Nusselt à l'évaporation et à la condensation
- Gre; Gr_c : nombre de Grashoff à l'évaporation et la la condensation.
- Pre, Pr_c : Nombre de Prandtl à l'évaporation et à la condensation.
- p_{ev}, p_{cond} : Pression de vapeur d'eau à l'évaporation et à la condensation.

F) Echange par rayonnement entre plan noir et vitre de condensation

$$hr = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1}{\epsilon_c} - 1} \sigma F. (T_p^2 + T_{it}^2) (T_p + T_{it})$$

- ϵ_p, ϵ_c : Emissivités du plan noir et de la vitre
- σ : Constante de Stephan.
- $F = 1/2 (1 + \cos B)$: Facteur de forme
- B = inclinaison de la couverture.

G) Echange par convection conduction entre saumure et plan noir :

$$hc_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{L}$$

$$Grashoff = \frac{B \cdot L^3 \cdot g (T_p - T_s)}{V s^2}$$

B = Coefficient d'expansion volumique de la saumure ($^{\circ}K^{-1}$)

g = Accélération de la pesanteur (m/s^2)

L = Longueur d'échange = longueur du plan noir (m)

$$- Grashoff < 10^5 \quad Nu = 1$$

et l'échange thermique entre le plan noir et la saumure se fait uniquement sous forme de conduction pure.

$$- 10^5 < Grashoff < 2 \cdot 10^7$$

$$Nu = \frac{\lambda s}{L} \cdot 0,54 (Grashoff \cdot Prandtl)^{0,25}$$

$$- Grashoff > 2 \cdot 10^7$$

$$N = 0,14 \cdot (Grashoff \cdot Prandtl)^{0,33}$$

$$\text{Avec} \quad Pr = \frac{Vs \cdot Cp}{s} = \text{Nombre de Prandtl}$$

Vs = Viscosité cinématique de la saumure (m^2/s)

Cp = capacité calorifique de la saumure (J/Kg. OK)

s = Conductivité thermique de la saumure (W/m/ $^{\circ}K$)

H) Echange par conduction à travers le bas du distillateur.

$$RB = \frac{eB}{\lambda B} = \frac{Elac}{\lambda bac} = \frac{e \text{ isolant}}{\text{isolant}} + \frac{ec-p}{\lambda c-p}$$

4°) Hypothèses simplificatrices.

* Les pertes à travers les parois du distillateur sont négligeables autrement dit, il n'y a pas condensation sur ces parois.

Celles-ci n'interviennent pas dans le processus de transfert de chaleur et de masse.

* La concentration en sels et impuretés de la saumure n'interviennent pas dans les transferts de chaleur et de masse c à d que la capacité calorifique et la chaleur latente de vaporisation ne sont pas affectées par cette différence de concentration.

* L'enceinte de distillation est étanche. il n'y a pas de fuite de vapeur.

* La condensation de la vapeur sur la surface interne du toit se fait en film mince, homogène et continu.
On peut donc considérer que la température du film d'eau distillée est égale à celle de la surface interne du toit.

5°) Le modèle logique.

Le distillateur étant statique, la saumure ne ruisselle pas sur la surface absorbante noire et sa température qui régit l'évaporation ne change pas d'une extrémité du distillateur à l'autre ; par contre l'évolution thermique de l'ensemble du distillateur pendant l'intervalle de temps T et pour des paramètres météorologiques donnés est prépondérante.

On peut logiquement admettre que les échanges de chaleur de l'ensemble du distillateur avec le système extérieur se produisent par quantités finies de l'instant t à l'instant $t + T$

Cela autorise le découpage fictif du temps T en IT intervalles finis de valeur dt . Un calcul itératif permet d'avoir comme précédemment la répartition des températures dans l'ensemble du distillateur à la fin de chaque intervalle de temps et l'efficacité instantanée correspondante.

En juxtaposant ces différents intervalles de temps, on décrit le comportement du distillateur pendant tout le temps T et on détermine ainsi l'efficacité moyenne qui sera la moyenne arithmétique des IT efficacités instantanées.

./...

A) Classification des paramètres.

Pour clarifier l'étude de l'influence de certains paramètres sur l'efficacité du distillateur, ceux-ci ont été divisés auparavant en trois groupes :

- * Les paramètres météorologiques
- * Les paramètres de construction
- * Les paramètres intermédiaires.

Chacun d'eux pouvant être de type entrée ou sortie.

1. Les paramètres principaux.

a) En entrée :

Ce sont ceux dont on veut étudier l'influence de la variation sur les grandeurs caractérisant la production d'eau (efficacité, rendement...)

On peut noter :

- Ta : Température ambiante
- Do : épaisseur de la saumure sur le plan noir
- D2 : Distance moyenne entre saumure et vitre de condensat
- B : Angle d'inclinaison de la vitre par rapport à l'horizontale
- Tu : T° de l'eau
- Qo : Puissance solaire incidente globale sur une surface horizontale.

b) Sortie :

Ce sont les paramètres qui caractérisent la performance des distillateur :

- EI : efficacité interne du distillateur
- EG : efficacité globale
- R : rendement du distillateur.

2. Les paramètres secondaires

a) En entrée

Ce sont les paramètres qui, au cours des diverses exécutions des programmes, demeurent constants, ou qui ne modifient pas beaucoup les résultats, ou qui sont simplement inintéressants ; Il y a notamment :

- Les caractéristiques physiques des structures matérielles des distillateurs (dimension, facteurs optiques)

- X long : Longueur du distillateur
- X Larg : Largeur du distillateur
- M1 : émissivité de la vitres
- M2 : émissivité de l'eau

- Les caractéristiques physico-chimiques des fluides (saumure, mélange air-vapeur, eau pure) qui dépendent en général de la température

- K3 = conductivité thermique de la saumure
- K2 = conductivité thermique du mélange air - vapeur
- Wo = capacité calorifique de l'eau

b) Sortie :

Ce sont les paramètres dont la connaissance permet de contrôler la vraisemblance des résultats et de favoriser l'exploitation de ceux-ci.

T S F = Température finale de la saumure.

3. Les paramètres intermédiaires.

Ce sont les paramètres qui prennent des valeurs différentes d'un intervalle de temps à un autre.

- Do , DF : épaisseur de la saumure au début et à la fin élémentaire.
- TSF : température de la saumure à la fin de temps élémentaire.
- Po : puissance solaire réellement absorbée par le plan noir et la saumure.
- V2, V1 : Efficacités instantanées internes et globales.
- Q dist : rendement instantané de l'ensemble du distillateur.

B) Méthodologie.

Au premier intervalle de temps M1, et pour l'ensemble du distillateur on injecte.:

- Une épaisseur et une température initiale pour la saumure
- Une température initiale pour le condensat.

Notre programme de simulation reposant sur la transcription par analogie électrique des transferts de chaleur donne à la fin de ce premier instant, les paramètres intermédiaires (Q_{dist} , T_{sf} , T_v , EI , EG), les valeurs de Q_{dist} , EI , EG , sont stockées en mémoire pour la détermination du rendement final et des efficacités moyennes, on applique en entrée pour le deuxième intervalle du temps M_2 les valeurs (pour la saumure et le condensat) de l'épaisseur et de la température trouvées ci-dessus au bout de l'instant M_1 . On procède de la même manière pour les intervalles de temps suivants jusqu'à épuisement du temps total.

1- Programme général :

C'est un programme de simulation de l'unité du distillateur au modèle analogique .Il permet de calculer les efficacités internes , globales et les rendements, et d'imprimer les résultats.

On considère les deux cas, réel et théorique(modèle) Il sera aisé par la suite d'établir une comparaison.

Toutes les résistances de transfert thermique (excepté) celle de conduction) sont directement fonction du potentiel aux bornes (qui ne sont pas tous connus) ce qui nécessite la connaissance de toutes les températures du distillateur dans chaque intervalle de temps.

Néanmoins ce problème a été résolu grâce à la méthode suivante :

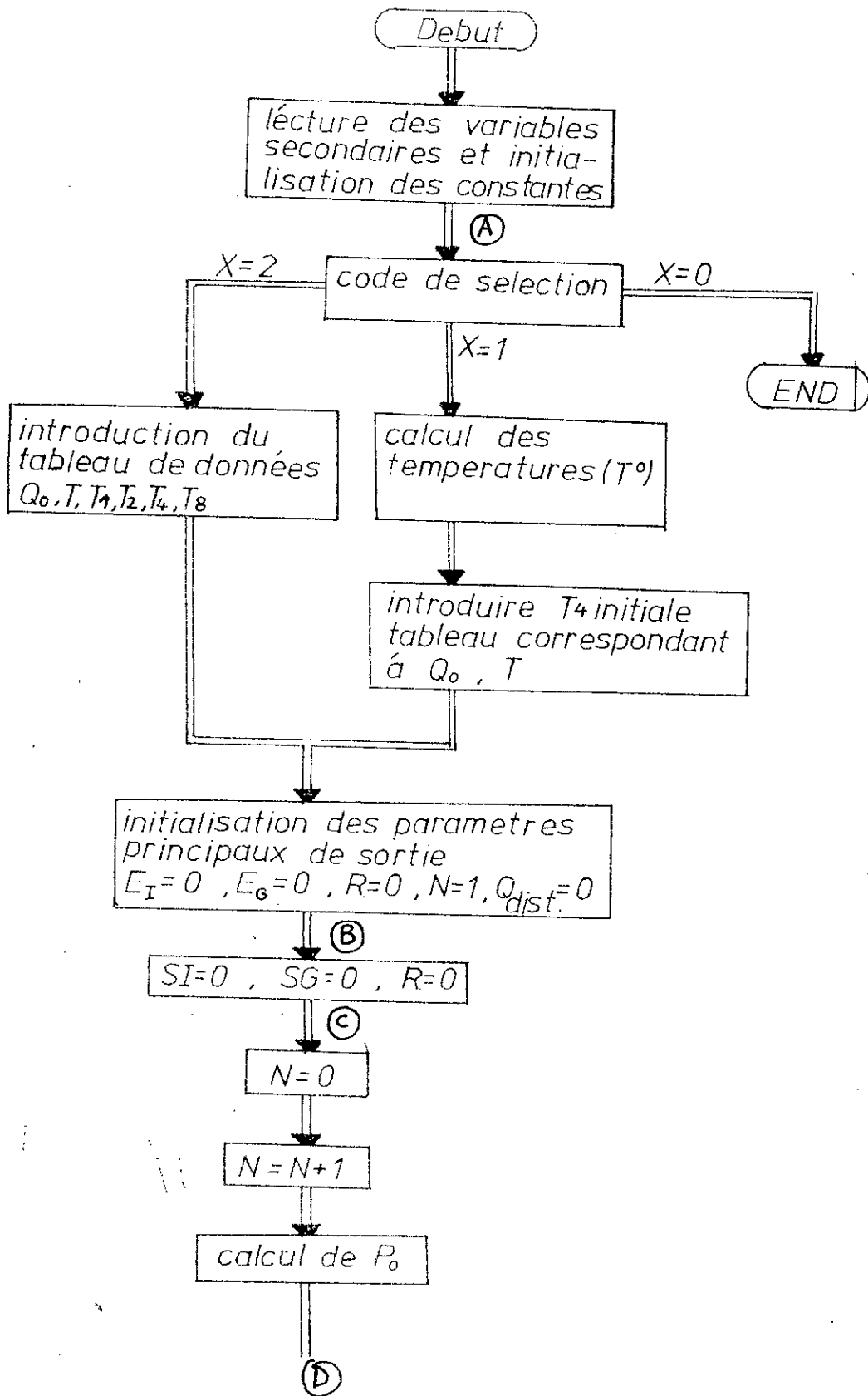
- Les potentiels connus sont : T_a , T^o , T_4
L'intensité P_0 est connu.
- Les potentiels inconnus sont : T_v , T_i .

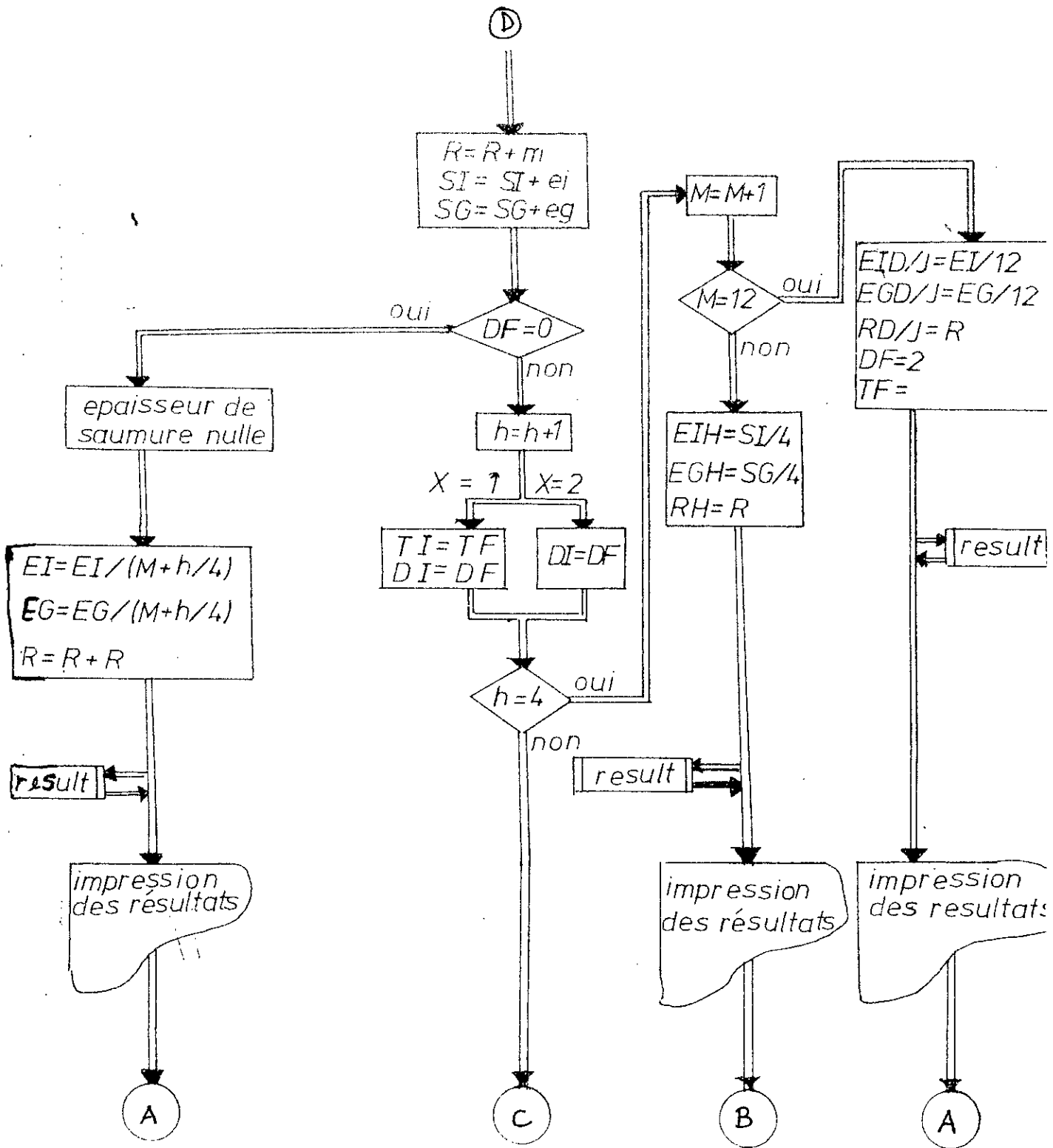
On donne des valeurs arbitraires ,ce qui permet donc le calcul de toutes les résistances et de toutes les intensités. Un calcul effectué donnera des nouveaux potentiels . On peut donc alors calculer X_{dist} (qui donne directement l'efficacité) et l'épaisseur finale de la saumure .

2-Programme de tracé de courbes .

Ce programme permet l'étude de l'influence des paramètres météorologiques sur le fonctionnement du distillateur .

./...





Ceci sera mis en évidence par le tracé des courbes, des efficacités, du rendement en fonction de ces paramètres.

3- Fichier météo :

C'est un programme conversationnel comportant des sous programmes de tracé de courbes et des tableaux de mesure de chaque paramètre météorologique en fonction du temps.

Les paramètres météorologiques considérés étant la vitesse du vent, la pression, l'humidité, la température ambiante, la nébulosité et l'irradiation solaire .

La programmation a été faite sur le Téktronix 4052A, qui est un ordinateur de table doté d'un niveau de performance très élevé, d'une souplesse remarquable de communication des données et d'un langage évolué.

Ces caractéristiques auxquelles s'ajoutent la haute définition de l'affichage graphique donnent au 4052A, la réponse nécessaire à la résolution de différents problèmes .

ETUDE

EXPERI

MENTALE

1/ Étude des différents blocs du montage :

a) Système de chauffage d'eau.

* Schéma de principe de chauffe-eau solaire:
voir planche 2

* Principe de fonctionnement des chauffe-eau solaire:

Dans une installation de chauffe-eau solaire, un liquide (pouvant être de l'eau) est chauffé sous très faible épaisseur dans une capacité métallique très plate, peinte extérieurement en noir. Celle-ci est faite de deux toles minces voisines l'une de l'autre. Certains isolateurs sont formés de toles d'acier écartées d'environ 10 mm , parfois moins.

La capacité plate ainsi constituée est placée dans un chassis fermé par une vitre et calorifugé à l'arrière et sur les cotés. Des constructeurs placent le chassis dans un coffre moulé formé de polyster et de mat de verre, avec une isolation de plusieurs centimètres d'épaisseur en polyester par exemple. De l'eau ainsi échauffée dans l'isolateur peut alors circuler par une thermo-circulation appelée thermo-siphon dans un circuit avec serpentín échangeur placé au sein d'un réservoir d'accumulation dont on veut chauffer l'eau.

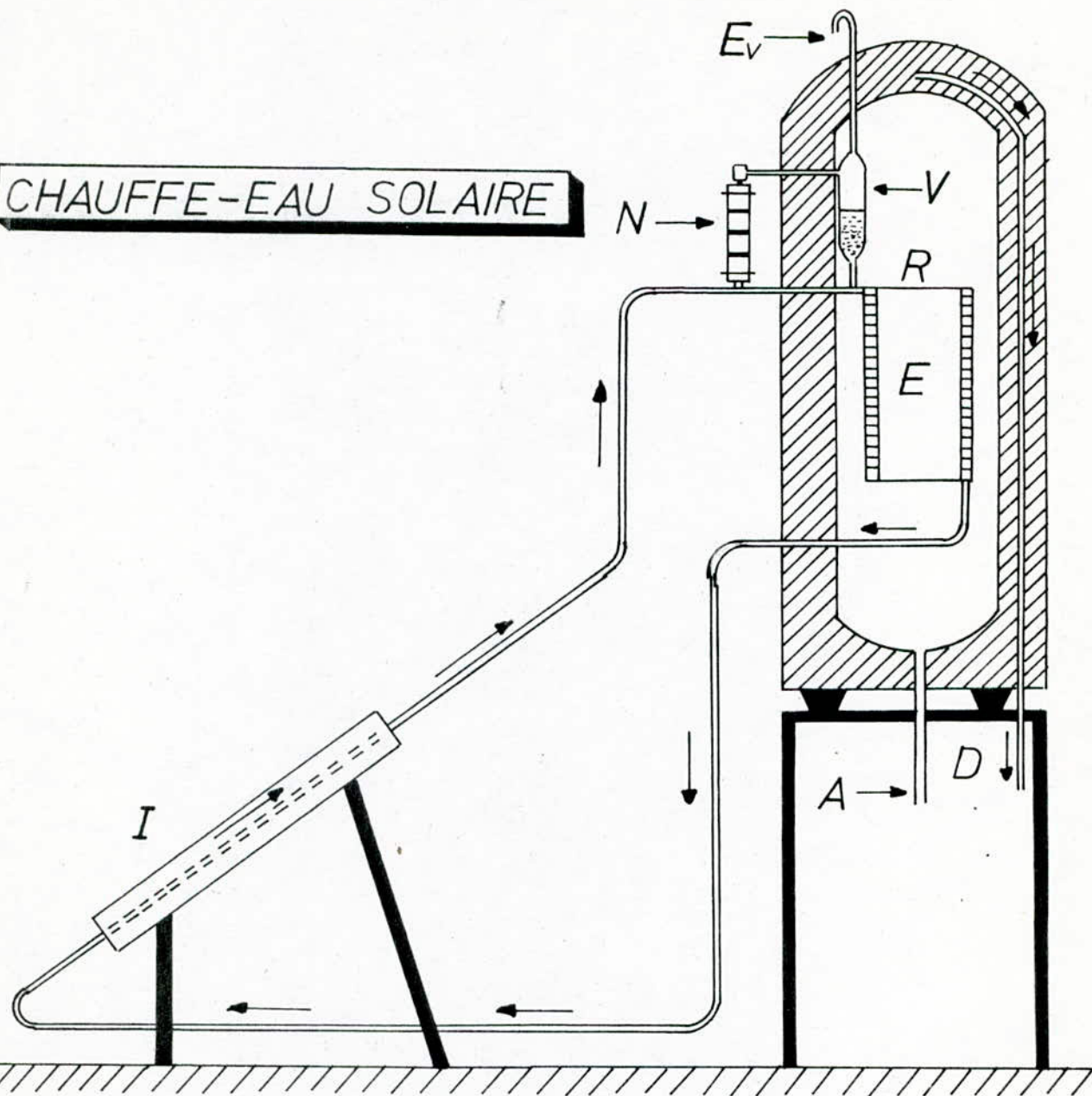
*Conditions de travail d'un chauffe-eau solaire. La circulation par thermo-siphon a des avantages tels que la simplicité l'absence d'un dispositif mécanique mais elle exige que le réservoir d'accumulation d'eau chaude soit situé à un niveau plus élevé que l'isolateur.

b) Distillateur: Voir planche -3-

Le distillateur utilisé est du type classique à verrière, son bassin est réalisé en fibre de verre aggloméré.

Le toit est en verre à vitre ordinaire de trois mm d'épaisseur, ces vitres sont inclinées de 30 degré par rapport à l'horizontal. L'orientation nord-sud du distillateur est choisie de façon à avoir un maximum d'ensoleillement sur la vitre est le matin et sur la

CHAUFFE-EAU SOLAIRE



I : insolateur

R : réservoir accumulateur

E : échangeur annulaire

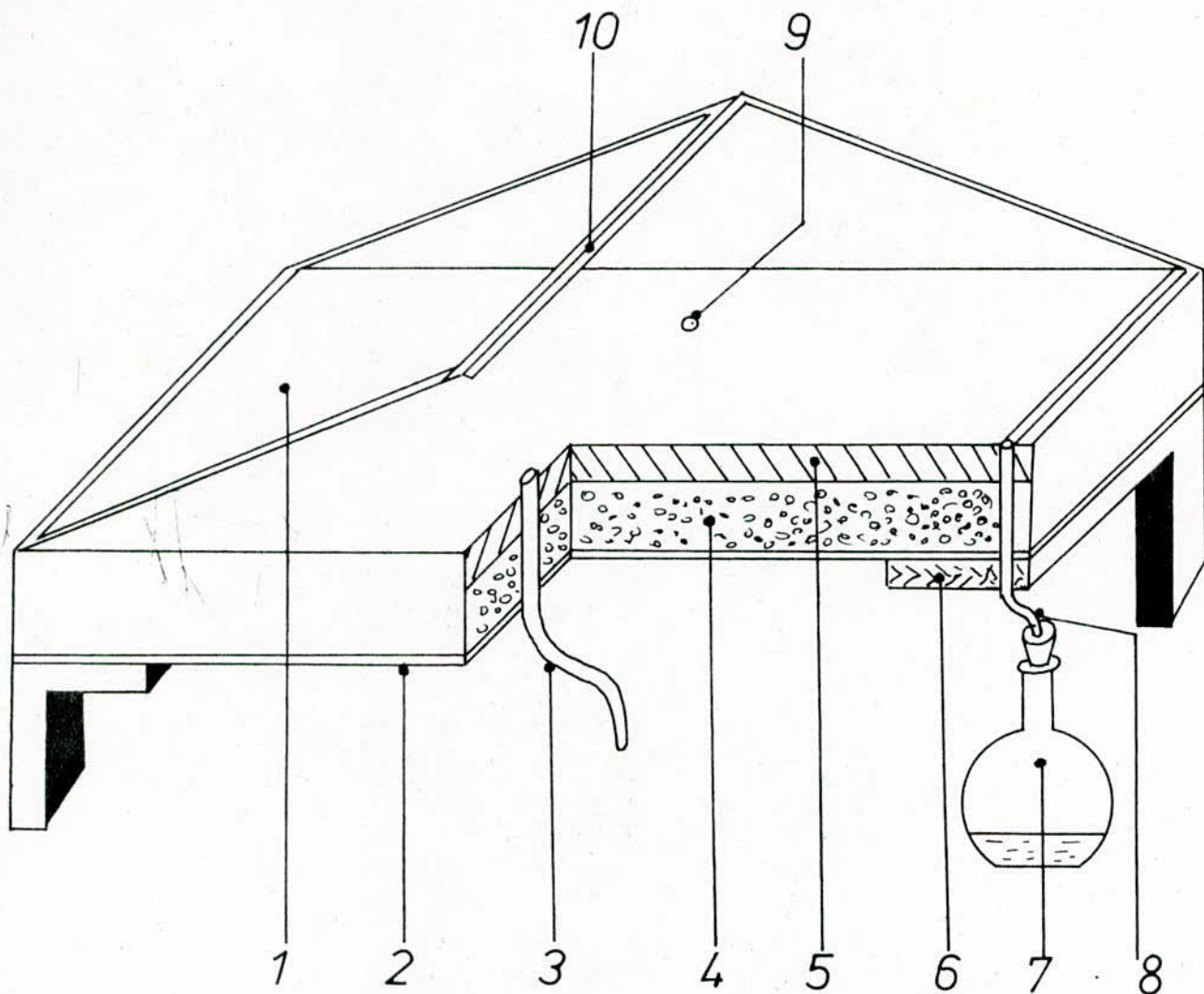
V : vase d'expansion

N : niveau

A : arrivée d'eau fraîche

D : départ d'eau chaude

Ev : évent



DISTILLATEUR SOLAIRE

- 1 toit en verre
- 2 contre-plaqué
- 3 entrée de la saumure à distiller
- 4 isolant (Polyester)
- 5 bac contenant la saumure peint en noir
- 6 boitiers en bois
- 7 recipient d'eau distillée
- 8 tube de sortie du distillateur
- 9 trou de vidange
- 10 joint d'étancheite en caoutchouc

vitre ouest l'après-midi. L'eau condensé sur chaque vitre tombe dans une rigole et est acheminée vers un trou d'évacuation.

L'isolation du bas du bassin est assurée par une couche de polyester soutenue par une plaque de contre-plaqué.

L'alimentation en eau et la vidange se font par l'intermédiaire de trous aménagés à cet effet au fond du bassin.

Les caractéristiques du distillateur :

-Longueur et largeur des vitres: 135 cm X 54'4cm.

-Longueur et largeur interne du bassin: 121cm X 91cm.

-Hauteur maximale base-toit: 15cm .

-Surface de condensation : 1,46m².

-Surface d'évaporation : 1,1m².

2/ Les appareils de mesure:

Voir planche -5-

a) La chaîne d'acquisition de données:

La centrale de mesure à micro-processeur type SAM 60 est un système d'acquisition de données, programmable par clavier, d'une capacité de 60 voies. Elle permet la mesure de températures par couples thermo-électriques et sondes à résistance de platine de 100 Ohms à 0 degré Celsius.

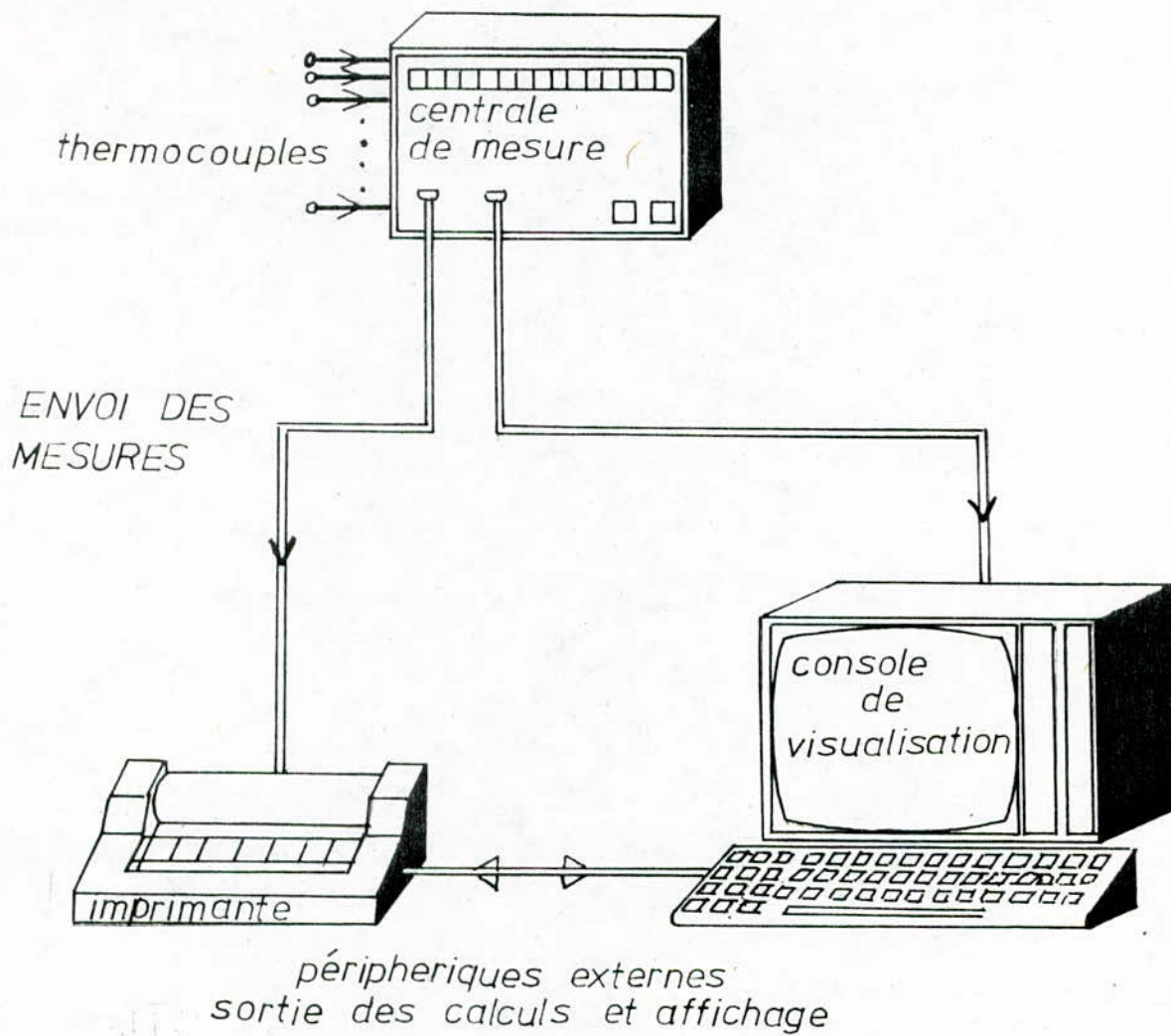
La centrale peut imprimer toutes les voies à des intervalles choisis par l'opérateur à l'aide de la minuterie.

Elle peut aussi enregistrer toutes les informations sur bande magnétique et permet en outre :

L'envoi des mesures sur deux périphériques extérieures.

Périphérique 1: Imprimante, écran de visualisation ou ensemble imprimante-écran.

La console de visualisation permet de contrôler à tout instant, l'état des paramètres stockés. L'imprimante quand à elle sert à les lister.



CHAINE D'ACQUISITION DE DONNEES

b) Thermocouples :

La mesure des différentes températures prises sur le distillateur se fait grâce aux thermocouples électriques.

-Détermination des points de prise de température :

Voir planche -4-

La température en tout point du distillateur varie d'un point à l'autre et cela est dû à la variation du flux solaire variable reçu par celui-ci.

Une étude a déjà été faite pour sélectionner des points représentatifs pour la mesure des températures de la vitre interne et externe (Est et Ouest), de la saumûre et du mélange air-vapeur.

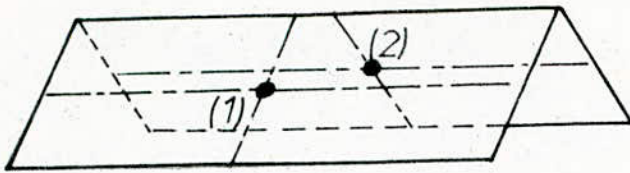
Nous ne donnons alors que les résultats.

- Les points représentatifs de la face externe de la vitre Est, et celle de la vitre Ouest par symétrie sont respectivement les points (1) et (2) (fig A)

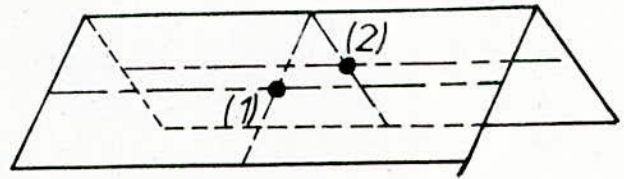
- De même, les points représentatifs de la face interne de la vitre Est et Ouest sont respectivement les points (1) et (2) (fig B).

- Le point (3) a été sélectionné comme étant le point représentatif du mélange air-vapeur (fig C).

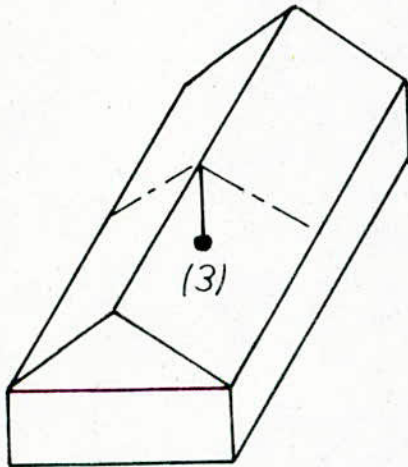
- Le point (4) est représentatif de l'emplacement du thermocouple de fer constantan dans l'eau saumâtre (fig D).



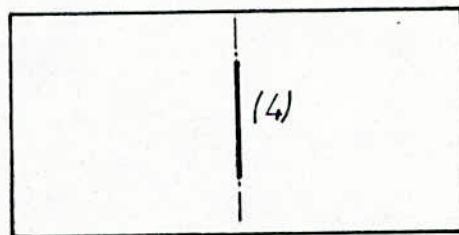
(A)



(B)



(C)



(D)

EMPLACEMENT DES THERMOCOUPLES

FICHIER
METEO

3/ Fichier météo.

Le fichier météo a été établi à partir des données que nous a communiqué la station météorologiques de DAR-EL-BEIDA (ENEMA).

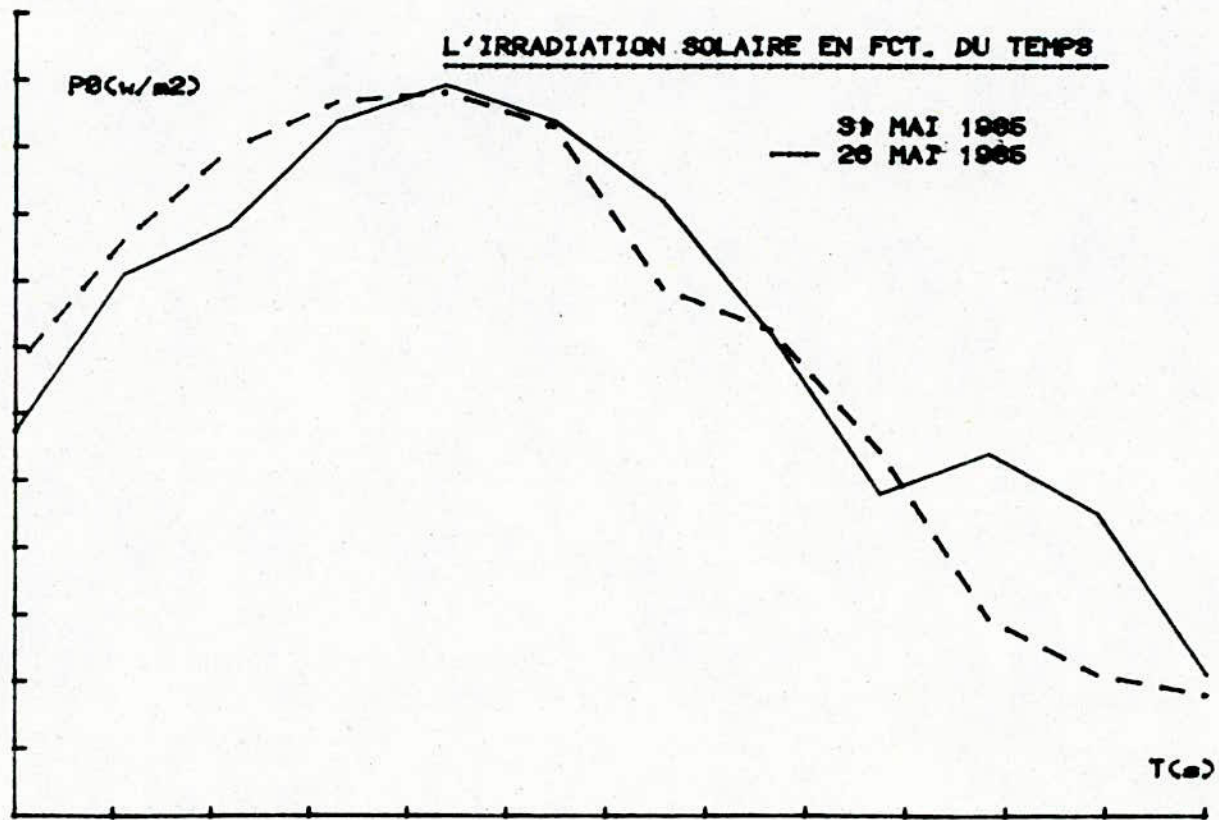
Ce fichier nous permet de voir l'évolution des paramètres météorologiques durant les journées pendant lesquelles l'étude a été faite.

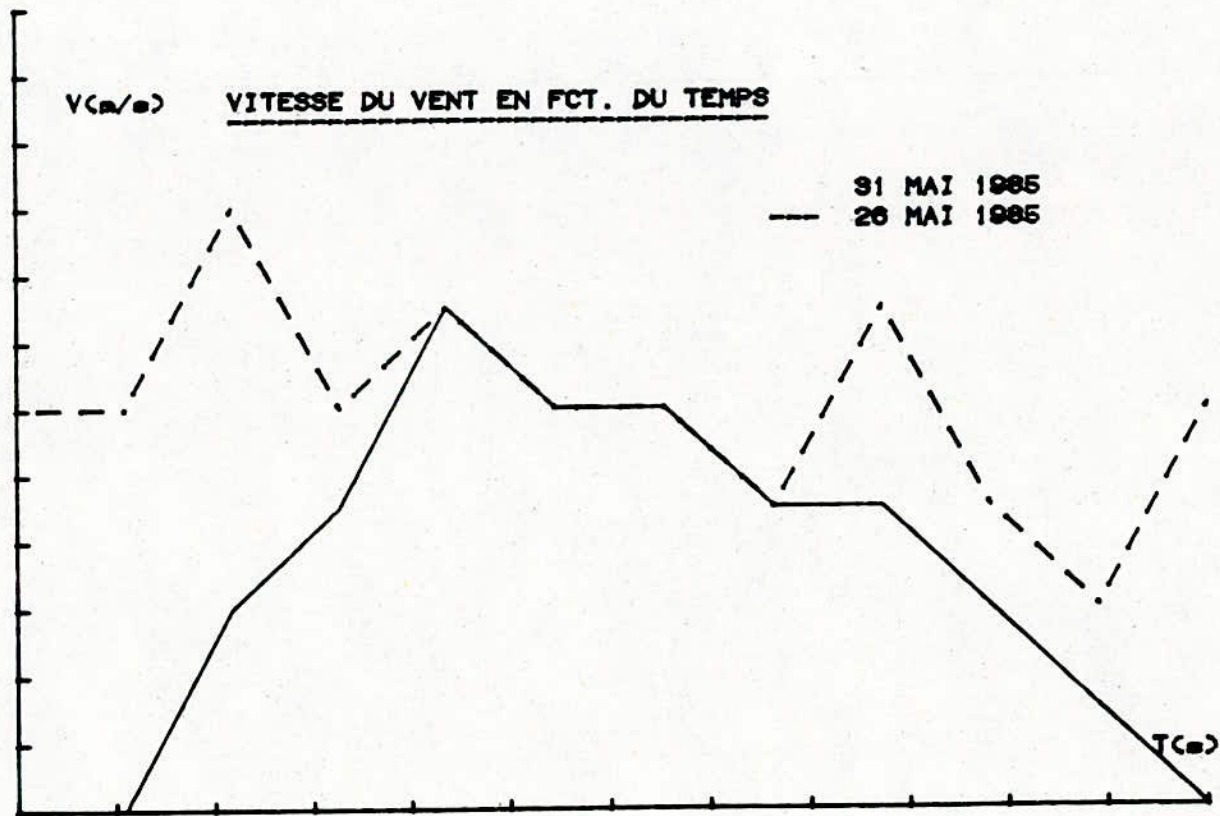
Les paramètres étudiés sont : L'irradiation solaire la vitesse du vent, l'humidité relative, la pression atmosphérique, la nébulosité et la tension de vapeur d'eau.

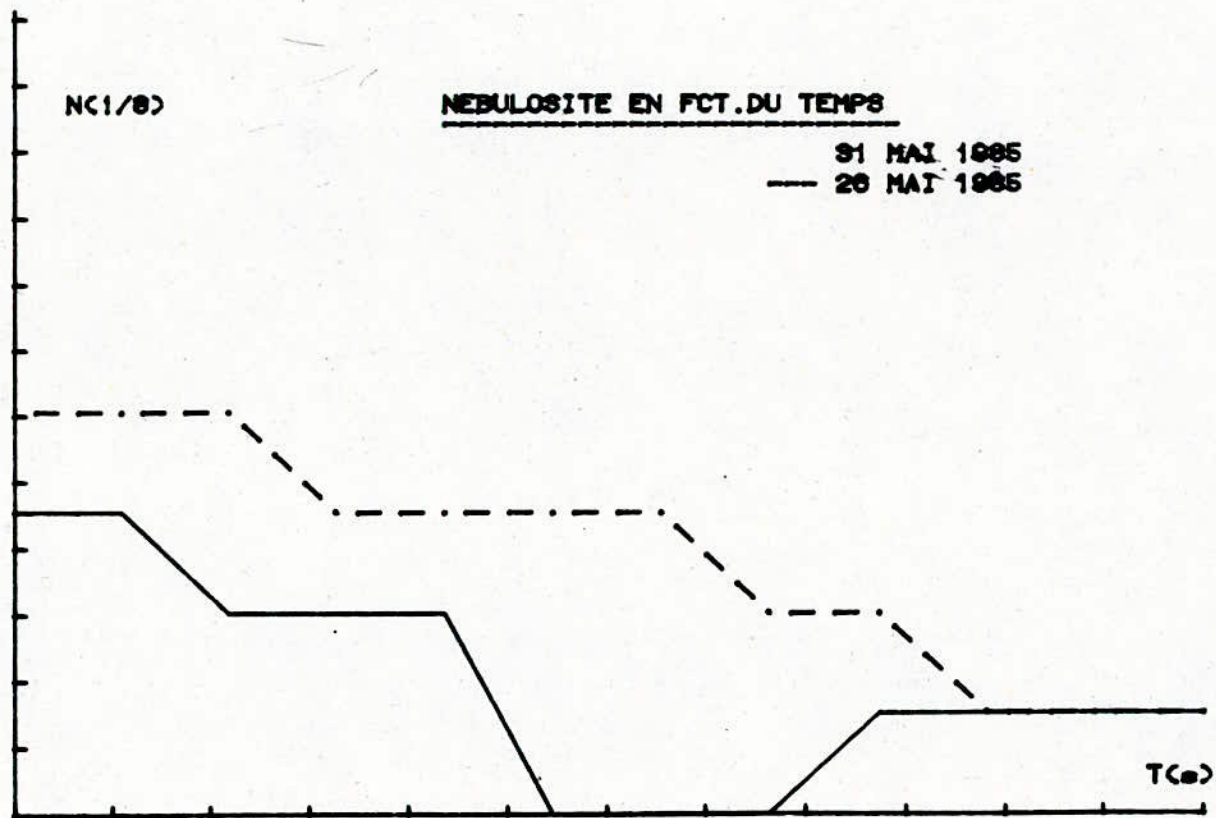
Ces paramètres sont données toutes les heures.

Notre étude a été limitée à 12 heures.

Nous avons effectué le tracé de chaque paramètre en fonction du temps.





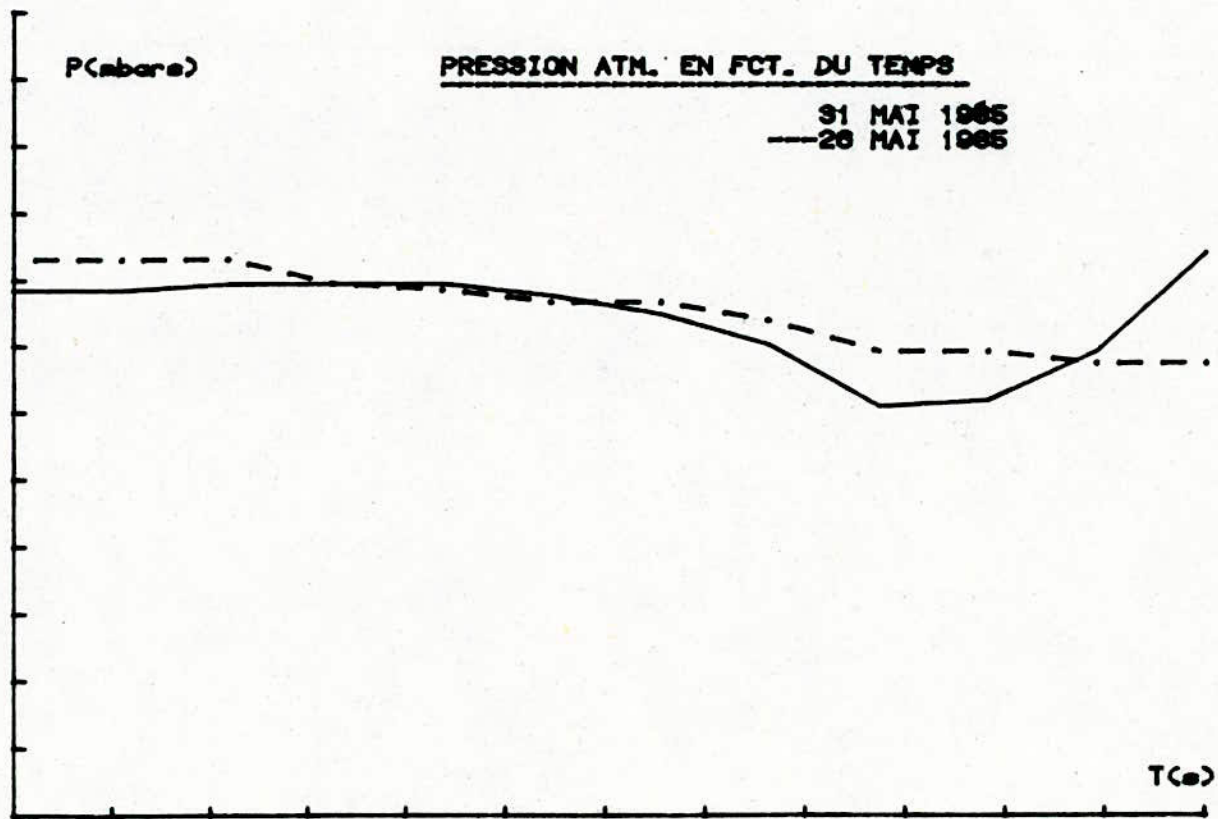


P(mbars)

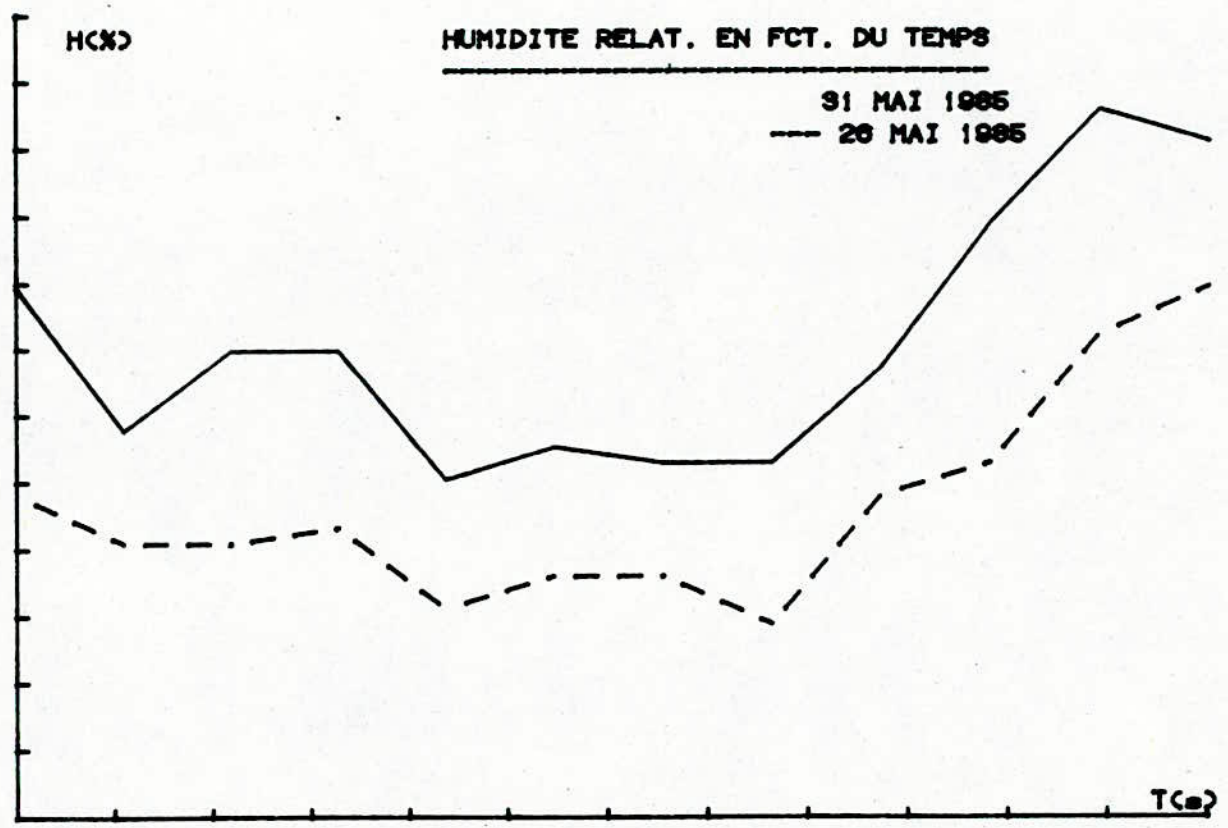
PRESSION ATM. EN FCT. DU TEMPS

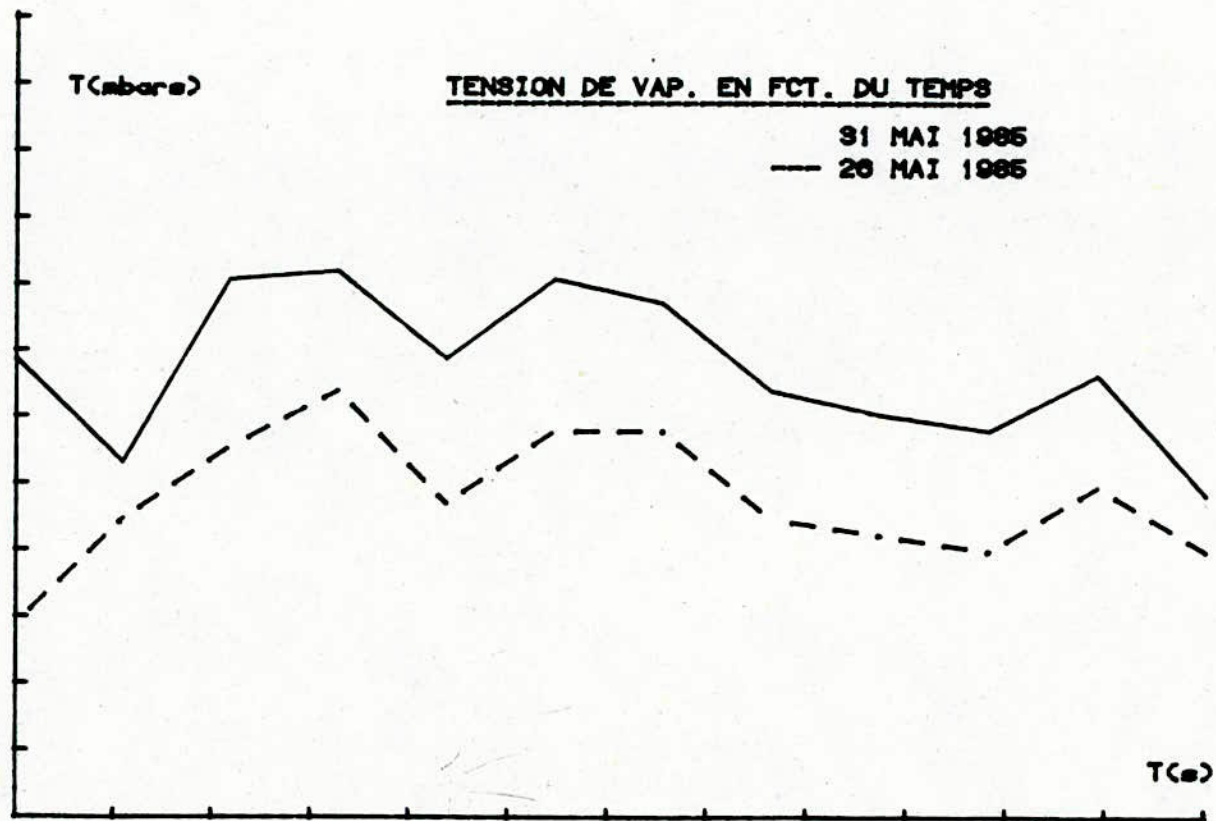
— 31 MAI 1965

- - - 26 MAI 1965



T(h)





CONCLUSION.

Les tracés ayant été effectués , on alors conclure que :

* Pour les deux journées 31/05/85 et 26/05/85, on a un maximum d'ensoleillement entre 12 heures et 13 heures et un minimum en fin de journée (vers 19 H).

* On remarque que les journées d'étude sont à faible vitesse de vent étant donné que sur les 12 heures , elle varie entre 0 et 6 m/s.

* Durant la journée, la pression atmosphérique reste à peu près constante.

* Le ciel n'étant pas couvert , la nébulosité n'atteint jamais son maximum (1) .

* L'humidité relative croit considérablement à partir de 17 heures.

* La tension de vapeur d'eau varie très peu durant la journée .

A- Tableau des mesures :

Les températures introduites dans le programme principal et qui permettront le calcul des efficacités internes, global et du rendement ont été relevées à la station solaire de BAB-EZZOUAR.

Ces températures sont mesurées à l'aide de thermocouples placés aux différents points sélectionnés du distillateur.

On relève donc, les températures de la vitre interne et externe, la température du mélange air-vapeur et la température de la saumure.

La température ambiante et l'irradiation solaire nous ont été communiqués par l'ENEMA .

* Pour la première journée d'expérience , le 26 mai 1985, on a établi un premier tableau de mesure.

A celui-ci, le programme principal, fera correspondre deux tableaux de résultats, donnant les efficacités et le rendement pour les deux cas réel et simulé.

* Dans une deuxième journée, l'eau alimentant le distillateur a été préchauffé à $T_1 = 34,5 \text{ } ^\circ \text{C}$.

Ce préchauffage de l'eau a été effectué grâce aux panneaux solaires placés à la station, dans ce but. L'eau ainsi préchauffée, apporte un certain nombre de calories supplémentaires accélérant ainsi le processus d'évaporation.

Et dans une troisième journée, on a chauffé l'eau à une température $T_2 = 50^\circ \text{C}$.

Et pour les deux températures T_1 et T_2 des tableaux de résultat sont donnés.

./...

```

*****
*      *      *      *      *      *      *      *
*      I      *      Q0      *      T      *      T1      *      T2      *      T4      *      T8      *
*****
*      *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*2     *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*3     *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*4     *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*5     *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*6     *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*7     *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*8     *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*9     *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*10    *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*11    *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *
*12    *      *      *      *      *      *      *
*      *      *      *      *      *      *      *

```

- X=1 DISTILLATEUR SIMULE
- X=2 DISTILLATEUR REEL STATIQUE
- X=3 DISTILLATEUR REEL DYNAMIQUE
- X=0 SORTIE DU PROGRAMME

2
INTRODUIRE LA TEMPERATURE INITIALE DE L'EAU

INITIALISATION DES VARIABLES SECONDAIRES

D0, D1, D2, B, V

3E-3

2E-3

15E-2

00

2

JOURNEE DU 01 MAI 1985

ANGLE D'INCLINAISON DU TOIT=30DEGRES

DISTANCE MOY.SAUMURE-VITRE =0.15METRES

E0(%)

E(%)

R(L*E+3)

1.11527825364

0.8922222602915

1.155884342E-5

3.63600895454

2.90880716363

5.410199271E-5

12.5786461328

10.0629169062

2.075387356E-4

17.3298095923

13.8638476739

3.399522737E-4

25.6107713591

20.4886170873

5.326121763E-4

18.1727938242

14.5382350594

3.58793495E-4

14.0260434128

11.2208347302

2.43847127E-4

13.9178072521

11.1342458016

1.888417263E-4

10.049883047

8.03990643764

9.035044349E-5

9.10358804787

7.2828704383

9.09048941E-5

4.53406002628

3.62724802103

3.779799914E-5

2.2852418006

1.82819344048

8.858203783E-6

EFFIC. GLOBALE 1/2 JOURNALIERE=11.0299943086(%)

EFFIC. INTERNE 1/2 JOURNALIERE=8.82399544688(%)

RENDEMENT 1/2 JOURNALIER =0.00217401611424(L*E+3)

INITIALISATION DES VARIABLES SECONDAIRES

D0, D1, D2, B, V

3E-3

2E-3

30E-2

30

2

JOURNEE DU 01 MAI 1985

ANGLE D'INCLINAISON DU TOIT=30DEGRES

DISTANCE MOY. SAUMURE-VITRE =0.3METRES

***E0(%)**

***E(%)**

***R(L*E+3)**

0.557639126822

0.446111301457

5.77942171E-6

1.81800447727

1.45440358182

2.705099636E-5

6.28932306638

5.0314584531

1.037693678E-4

8.66490479617

6.93192383694

1.699761368E-4

12.8053856795

10.2443085436

2.663060881E-4

9.08639691212

7.26911752969

1.793967475E-4

7.0130217064

5.61041736512

1.219235635E-4

6.95890362603

5.56712290082

9.442086315E-5

5.02494152352

4.01995321882

4.517522174E-5

4.55179402394

3.64143521915

4.545244705E-5

2.26703001314

1.81362401051

1.889899957E-5

1.1426209003

0.91409672024

4.429101892E-6

EFFIC. GLOBALE 1/2 JOURNALIERE=5.5149971543(%)

EFFIC. INTERNE 1/2 JOURNALIERE=4.41199772344(%)

RENDEMENT 1/2 JOURNALIER =0.00108700805712(L*E+3)

RUN
INITIALISATION DES VARIABLES SECONDAIRES

D0, D1, D2, B, V

3E-3

2E-3

15E-2

30

2

1

JOURNEE DU 31 MAI 1985

ANGLE D'INCLINAISON DU TOIT =30DEGRES

DISTANCE MOY. SAUMURE-VITRE =0.15METRES

***E0(%)**

***E(%)**

***R0(L)**

4.53

3.15

2.75E-5

8.87

6.38

1.04E-4

27.93

25.45

4.78E-4

36.43

34.11

7.72E-4

42.03

40.2

0.001134

31.83

30.05

6.83E-4

27.17

24.29

4.39E-4

21.37

18.83

3.15E-4

18.9

16.12

1.505E-4

11.12

9.56

1.29E-4

9.43

7.39

9.87E-5

5.1

4.33

1.55E-5

EFFIC. GLOBALE 1/2 JOURNALIERE =20.39(%)

EFFIC. INTERNE 1/2 JOURNALIERE =18.32(%)

RENDEMENT 1/2 JOURNALIER =43.46(L*E+3)

```

*****
*           *           *           *           *           *           *
*   I       *   Q0     *   T       *   T1      *   T2      *   T4      *   T8      *
*****
*           *           *           *           *           *           *
*           * 113      * 24       * 24.5     * 28       * 34.5     * 35       *
*2          * 148      * 21       * 34       * 38       * 47       * 49       *
*3          * 158.6    * 20       * 44.5     * 50       * 58.5     * 63       *
*4          * 180.3    * 21       * 52.5     * 59       * 70       * 75       *
*5          * 182       * 20       * 57       * 62       * 72.5     * 80.5     *
*6          * 172.5    * 19       * 55       * 64       * 73.5     * 79       *
*7          * 153.3    * 19       * 51       * 62       * 69.5     * 77       *
*8          * 107.5   * 19       * 45.5     * 54       * 60.5     * 71.5     *
*9          * 80       * 18       * 38       * 46       * 52       * 63       *
*10         * 60       * 17       * 33       * 41       * 46       * 54       *
*11         * 40       * 16       * 27       * 38       * 40       * 47       *
*12         * 30       * 15       * 22       * 28       * 30       * 39       *

```

- X=1 DISTILLATEUR SIMULE
- X=2 DISTILLATEUR REEL STATIQUE
- X=3 DISTILLATEUR REEL DYNAMIQUE
- X=0 SORTIE DU PROGRAMME

2 INTRODUCTION LA TEMPERATURE INITIALE DE L'EAU

INITIALISATION DES VARIABLES SECONDAIRES

D0, D1, D2, B, V

3E-3

2E-3

15E-2

30

2

JOURNEE DU 01 MAI 1985

ANGLE D'INCLINAISON DU TOIT=30DEGRES

DISTANCE MOY. SAUMURE-VITRE =0.15METRES

***E0(%)**

***E(%)**

***R(L*E+3)**

4.11690845295

3.29352676236

5.099926229E-5

8.70163909169

6.96131127335

1.435819308E-4

13.6203976345

10.8963181076

2.450069112E-4

26.6197596578

21.2958077262

5.525515568E-4

28.1160744733

22.4928595787

5.932055423E-4

27.9517834245

22.3614267396

5.578993004E-4

20.5081104474

16.406488358

3.628536548E-4

16.5764889693

13.2611911755

2.042545405E-4

13.5138198055

10.8110558444

1.226177877E-4

10.8534526511

8.6827621209

7.304687837E-5

4.12924068652

3.30339254921

1.837018361E-5

3.1572843771

2.52582750168

1.04334718E-5

EFFIC. GLOBALE 1/2 JOURNALIERE=14.8220799727(%)

EFFIC. INTERNE 1/2 JOURNALIERE=11.8576639781(%)

RENDEMENT 1/2 JOURNALIER =0.00294525449229(L*E+3)

INITIALISATION DES VARIABLES SECONDAIRES

D0, D1, D2, B, V

3E-3

2E-3

30E-2

30

2

JOURNEE DU 01 MAI 1985

ANGLE D'INCLINAISON DU TOIT=30DEGRES

DISTANCE MOY SAUMURE-VITRE =0.3METRES

***E0(%)**

E(%)

***R(L*E+3)**

2.05845422648

1.64676338118

2.549963115E-5

4.35081954584

3.48065563667

7.17909654E-5

6.81019881727

5.44815905382

1.225034556E-4

13.3098798289

10.6479038631

2.762757784E-4

14.0580372367

11.2464297893

2.966027711E-4

13.9758917123

11.1807133698

2.789496502E-4

10.2540552237

8.20324417898

1.814268274E-4

8.28824448466

6.63059558773

1.021272702E-4

6.75690990276

5.40552792221

6.130889386E-5

5.42672632556

4.34138106045

3.652343918E-5

2.06462034326

1.65169627461

9.185091804E-6

1.57864218855

1.26291375084

5.216735898E-6

EFFIC. GLOBALE 1/2 JOURNALIERE=7.41103998633(%)

EFFIC. INTERNE 1/2 JOURNALIERE=5.92883198906(%)

RENDEMENT 1/2 JOURNALIER =0.00147262724615(L*E+3)

```

*****
*           *           *           *           *           *           *
*   I       *   Q0     *   T       *   T1      *   T2      *   T4      *   T8      *
*****
*           *           *           *           *           *           *
*           *   111.9   *   19      *   35      *   42.5    *   50      *   59      *
*2          *           *           *           *           *           *
*           *   143.4   *   19      *   39.5    *   48.9    *   57      *   71.5    *
*3          *           *           *           *           *           *
*           *   166.1   *   21      *   45.5    *   55.8    *   63.5    *   76.5    *
*4          *           *           *           *           *           *
*           *   177.8   *   22      *   55      *   64      *   73      *   80.5    *
*5          *           *           *           *           *           *
*           *   180.1   *   21      *   57.5    *   65      *   76      *   77.5    *
*6          *           *           *           *           *           *
*           *   171.4   *   20      *   54.5    *   64      *   73      *   82      *
*7          *           *           *           *           *           *
*           *   131.3   *   21      *   51      *   63      *   69.5    *   77      *
*8          *           *           *           *           *           *
*           *   120.9   *   20      *   45.5    *   58      *   65      *   70.5    *
*9          *           *           *           *           *           *
*           *   90.5    *   19      *   39      *   54      *   59      *   60      *
*10         *           *           *           *           *           *
*           *   48.9    *   18      *   35      *   45      *   48      *   58.5    *
*11         *           *           *           *           *           *
*           *   35      *   18      *   32.5    *   42      *   45      *   52      *
*12         *           *           *           *           *           *
*           *   30      *   17      *   25.5    *   37      *   38      *   49.5    *
*****

```

```

X#1 DISTILLATEUR SIMULE
X=2 DISTILLATEUR REEL STATIQUE
X=3 DISTILLATEUR REEL DYNAMIQUE
X=0 SORTIE DU PROGRAMME
2

```

INTRODUIRE LA TEMPERATURE INITIALE DE L'EAU
T6=
293

INITIALISATION DES VARIABLES SECONDAIRES

D0, D1, D2, B, V

3E-3

2E-3

15E-2

30

2

JOURNEE DU 01 MAI 1985

ANGLE D'INCLINAISON DU TOIT=30DEGRES

DISTANCE MOY SAUMURE-VITRE =0.15METRES

***E0(%)**

***E(%)**

***R(L*E+3)**

11.1161140271

8.89289122166

1.403871236E-4

13.3199725082

10.6559780066

2.189390282E-4

14.8296406888

11.863712551

2.841129412E-4

25.0701541537

20.056123323

5.167350112E-4

34.6940714048

27.7552571238

7.21615405E-4

26.0062625935

20.8050100748

5.177157517E-4

20.4764363769

16.3811491015

3.103007331E-4

19.6947444681

15.7557955744

2.725871545E-4

13.7051654016

10.9641323213

1.401558921E-4

8.24156128951

6.59324903161

4.545646329E-5

9.87052727013

7.8964218161

3.865723276E-5

2.16536402714

1.73229122171

7.246912278E-6

EFFIC. GLOBALE 1/2 JOURNALIERE=16.5991678508(%)

EFFIC. INTERNE 1/2 JOURNALIERE=13.2793342806(%)

RENDEMENT 1/2 JOURNALIER =0.00322115656123(L*E+3)

Interprétation des tableaux.

* Rendement en fonction de la T° initiale de l'eau:

La conclusion à tirer des deux tableaux avec préchauffage de l'eau est que, le processus de préchauffage est rentable.

En augmentant la température initiale de l'eau, le rendement croit considérablement en s'approchant du cas idéal ou théorique.

Cependant, on est limité par le prix de revient du préchauffage de l'eau.

* Efficacité et rendement en fonction de la distance saumure-toit:

Lorsque la distance moyenne saumure-toit augmente considérablement, cet effet tend à accroître la résistance d'évaporation, ce qui contribue à diminuer le rendement et les efficacités interne et globale, il apparaît ainsi qu'une diminution de D_2 produit une augmentation de l'efficacité moyenne, sans qu'il y ait une valeur maximum pour celle-ci mais en réalité on est limité dans ce choix, car cette inclinaison doit assurer l'écoulement du condensat vers les gouttières de récupération.

Ce résultat se conçoit aisément à partir des tableaux établis en faisant varier D_2 .

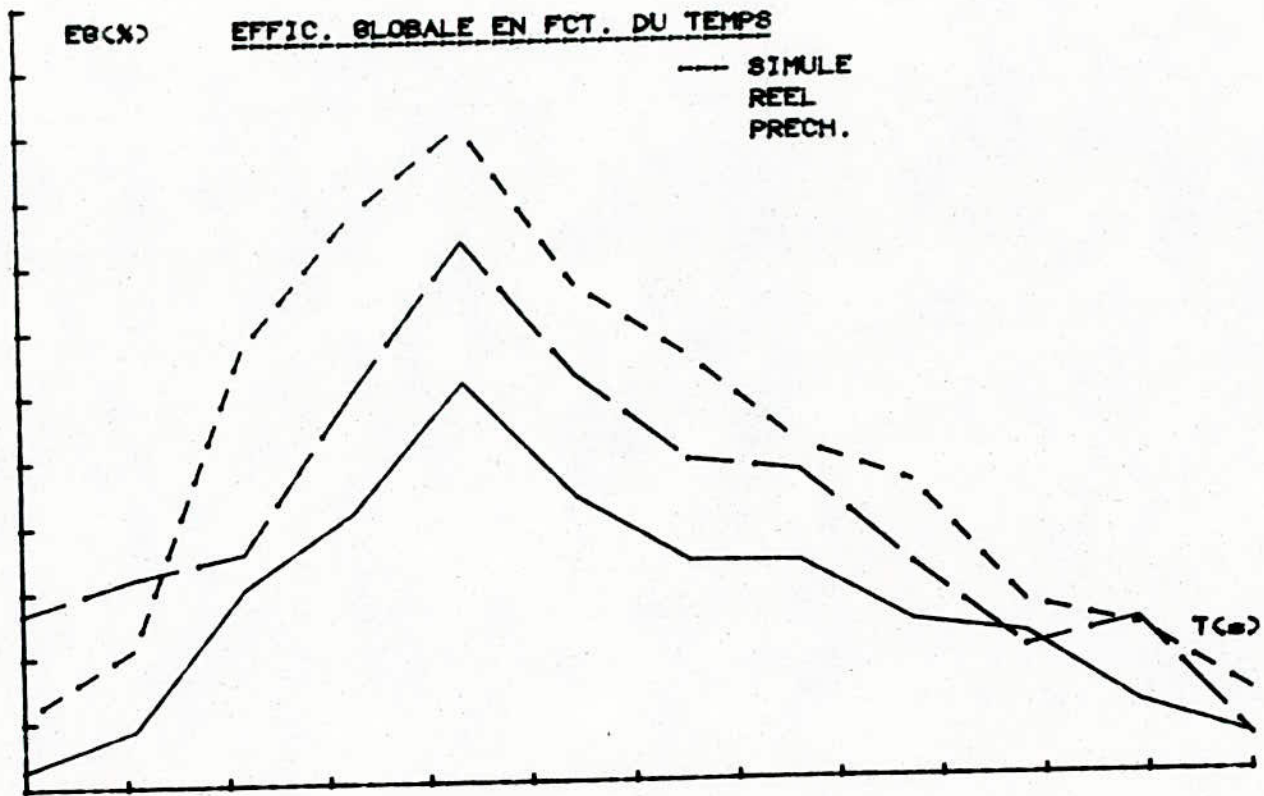
././...

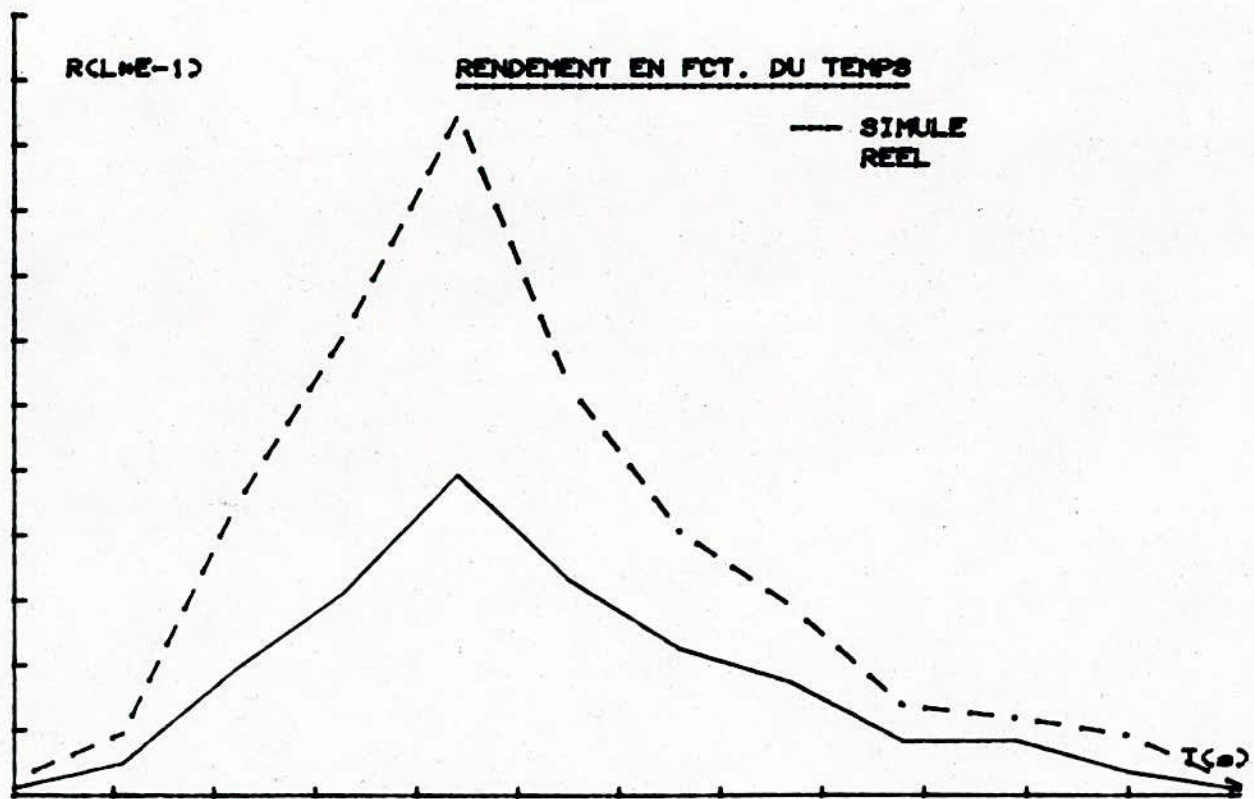
B- Tracé de courbes :

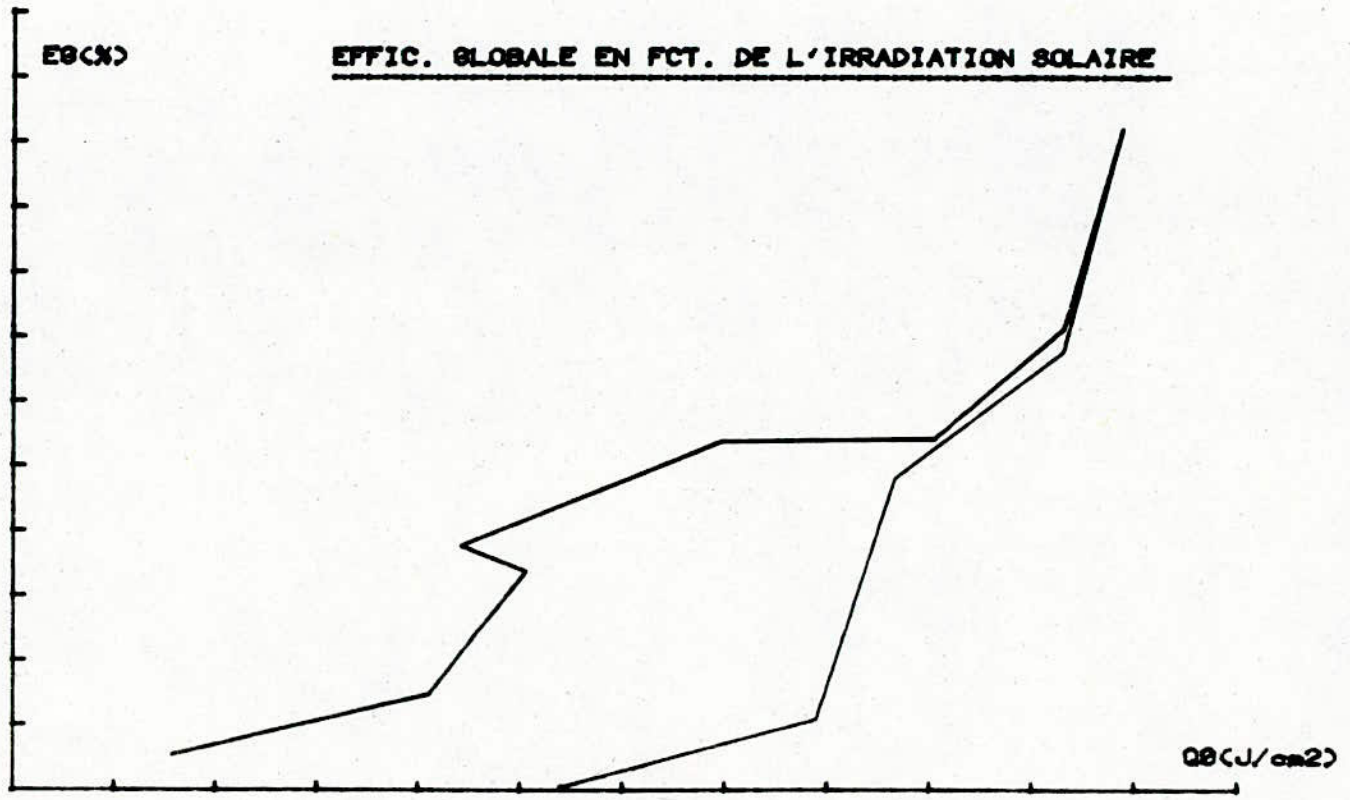
Le calcul du rendement et des efficacités interne et globale a été effectué pour des intervalles d'une heure par notre programme principal et ceci pour le cas réel avec et sans préchauffage de l'eau et le cas simulé.

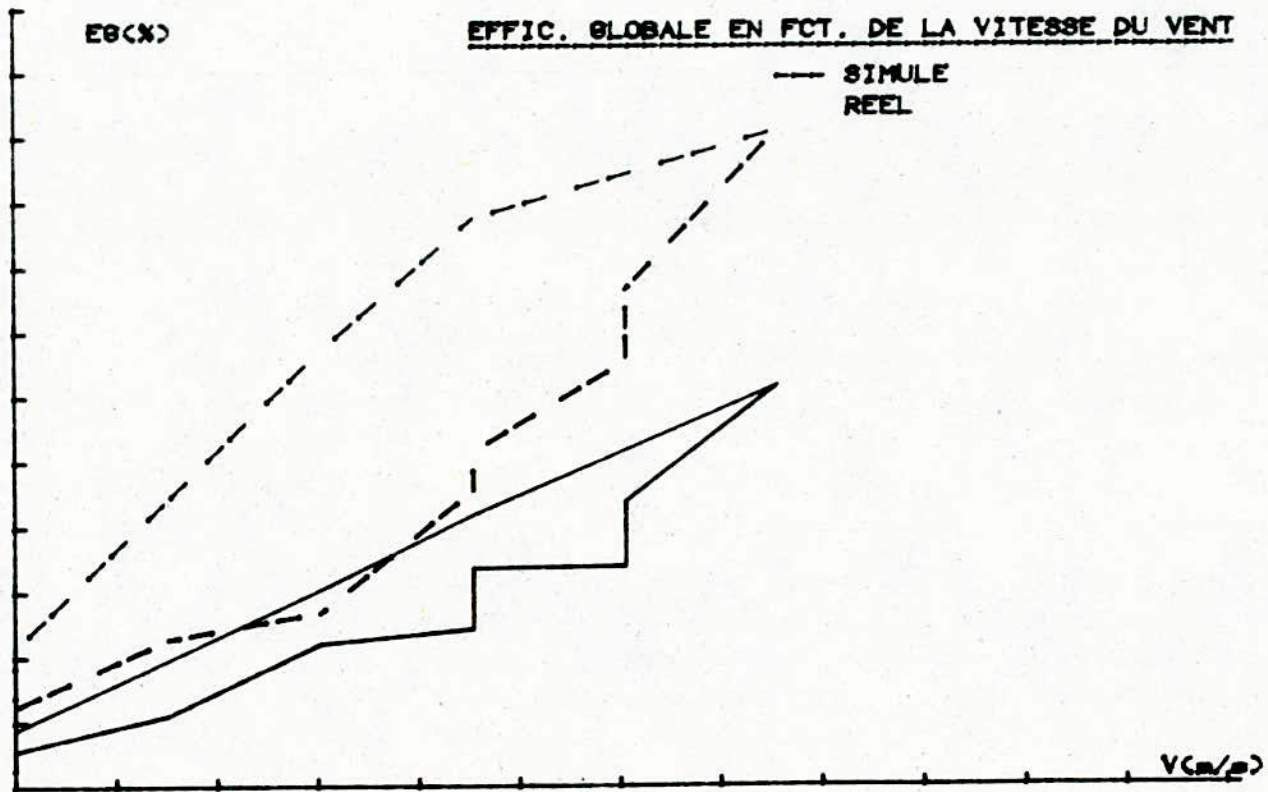
Nous avons donc tracé le rendement et l'efficacité globale en fonction de tous nos paramètres météorologique Ceci nous permettra de voir l'influence de chacun d'eux sur la production .

Nous déterminerons par là les meilleures conditions afin d'augmenter au maximum le rendement de notre distillateur .





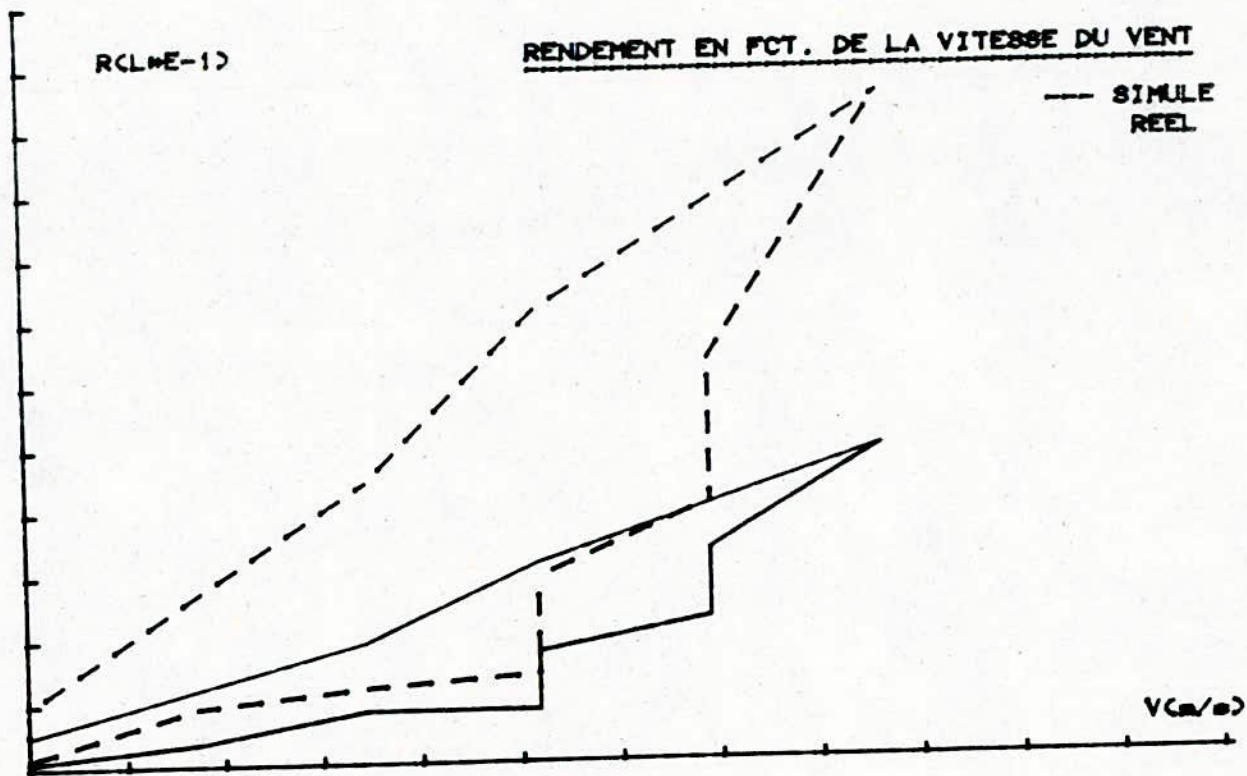




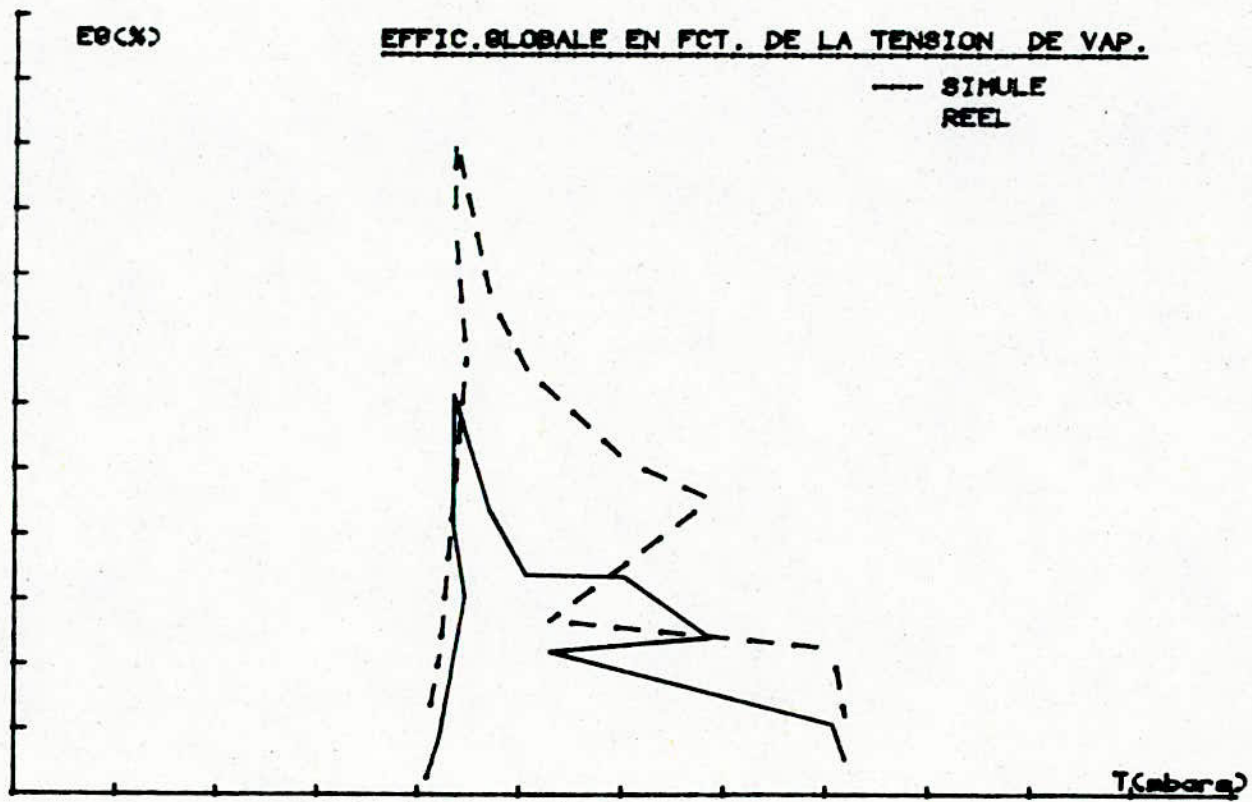
RCL#E-1)

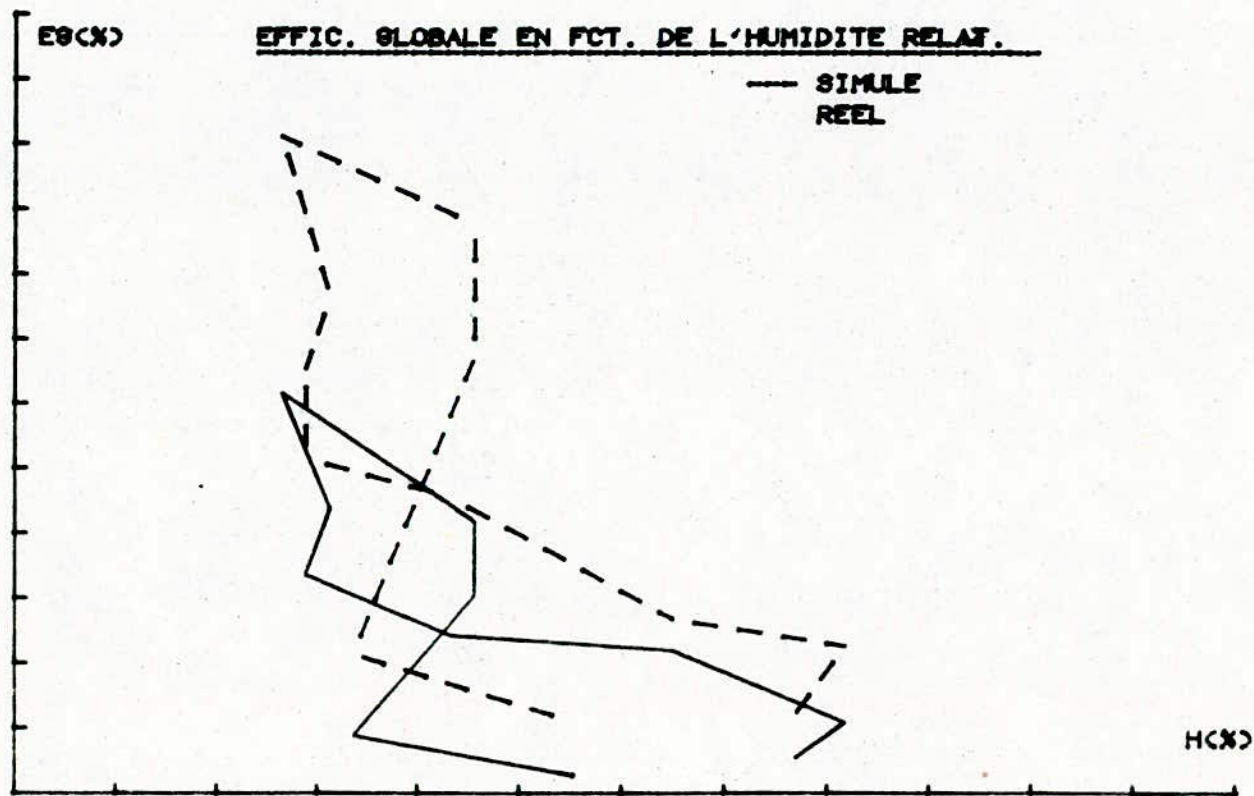
RENDEMENT EN PCT. DE LA VITESSE DU VENT

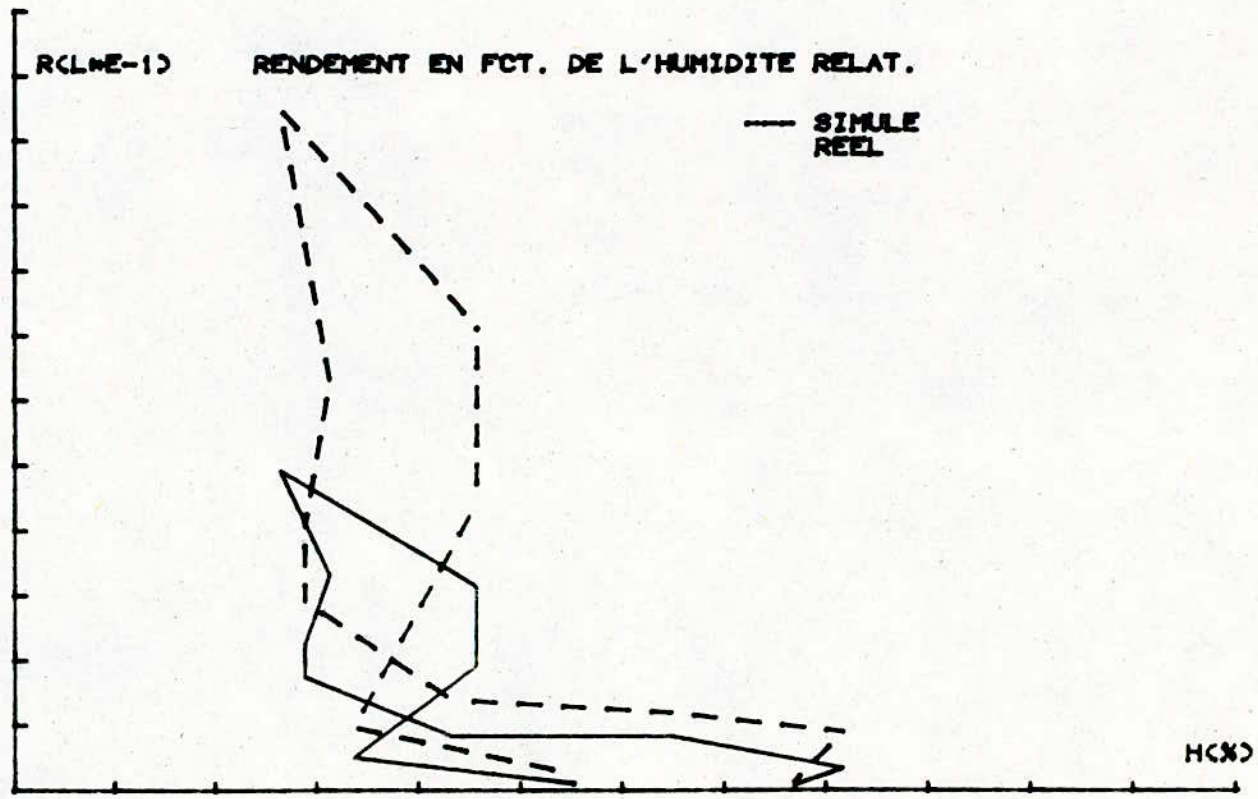
--- SIMULE
--- REEL

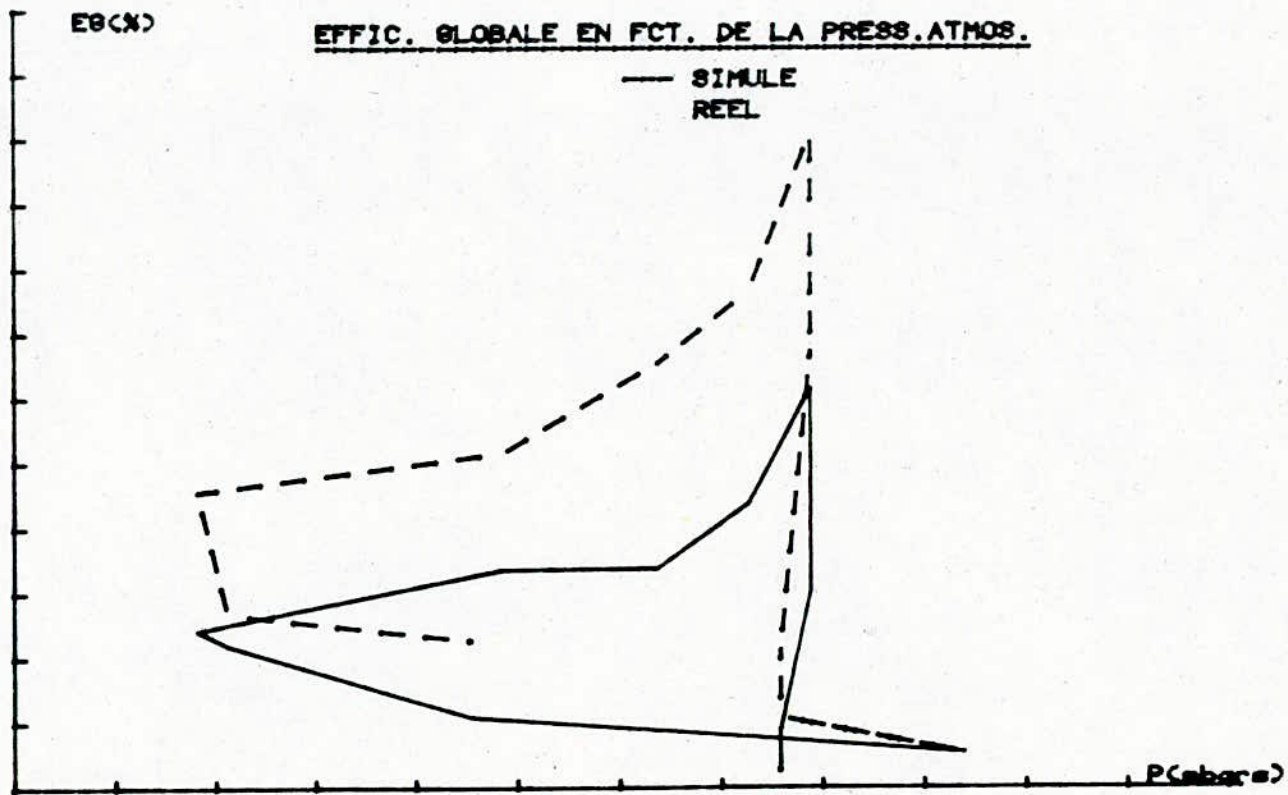


$V(m/s)$





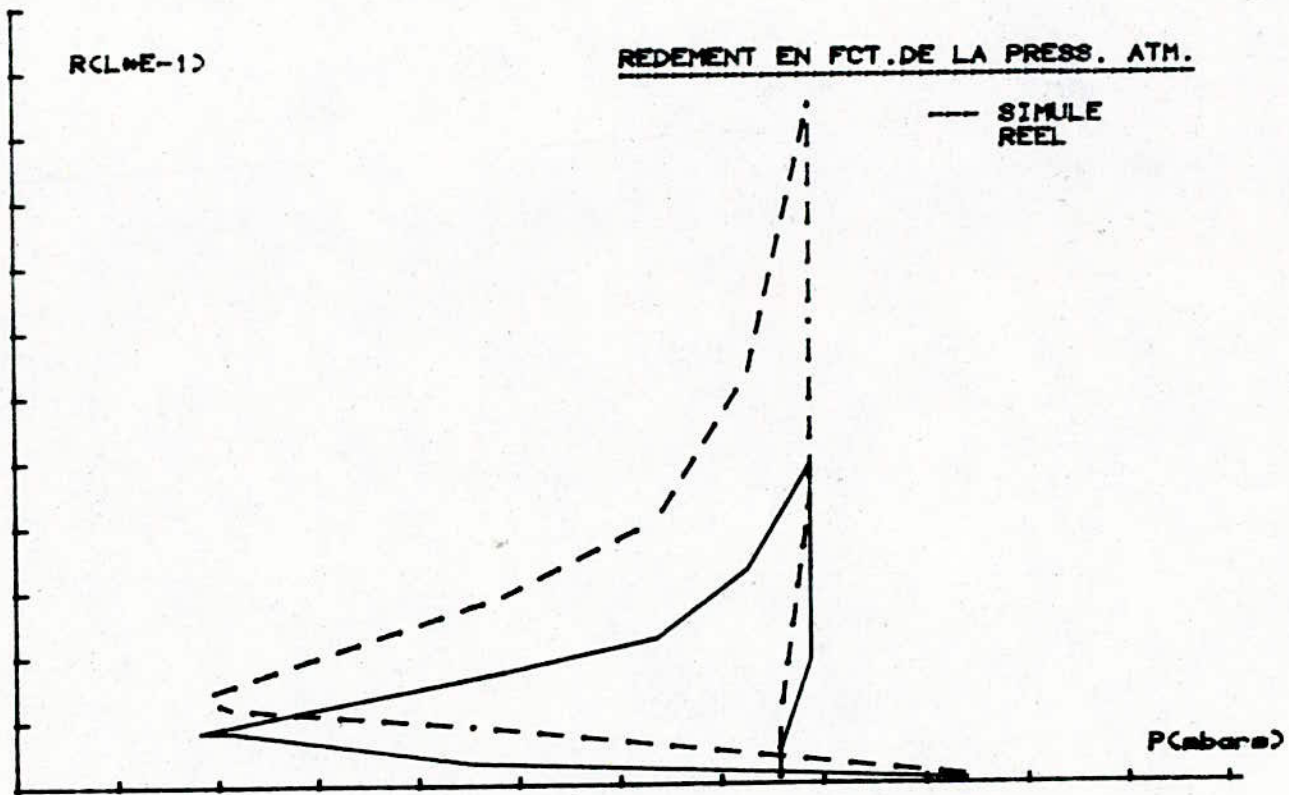




RCLWE-1)

REDEMENT EN FCT. DE LA PRESS. ATM.

— SIMULE
- - - REEL



P (bars)

c/ Conclusions aux tracés de courbes :

1- rendement et efficacité globale en fonction du temps pour les deux cas réel et simulé avec les deux types d'alimentation :

- L'eau chauffée à 50 °C
- L'eau à une température initiale $T_4=24^{\circ}\text{C}$

La courbe donnant l'efficacité et le rendement en fonction du temps présente trois périodes distincts :

- La mise en régime s'étalant de 8h à 12 h .
- La période de régime entre 12h et 14h .
- La perte de régime à partir de 14h .

On remarque qu'en chauffant l'eau, on se rapproche considérablement du cas idéal qui est le modèle simulé.

La température initiale de l'eau joue un rôle important dans le transfert de chaleur et ceci accélère le processus d'évaporation donc améliore le rendement journalier . L'écart observé entre le modèle réel et le modèle simulé est dû aux grandes pertes présentées par le distillateur réel et qui sont minimisées dans le cas du distillateur simulé .

2- Rendement et efficacité globale en fonction de l'irradiation solaire :

pendant la matinée le rendement et l'efficacité croissent linéairement avec l'ensoleillement c'est la période de mise en régime .

L'après-midi l'efficacité décroît avec l'ensoleillement c'est la période de perte de régime .

3- Efficacité et rendement en fonction de la vitesse du vent :

Pour de faibles vitesse de vent le rendement et l'efficacité globale augmentent . Ceci est en accord avec la théorie .

4- Efficacité et rendement en fonction de l'humidité relative :

Pour des valeur d'humidité relative moyenne, l'efficacité et le rendement atteignent leurs valeurs maximums .

La variation est la meme pour le cas réel et simulé.

L'humidité varie peu le long de la journée, comme nous avons pu le constater dans le chifffier météo.

Par contre les variations de l'efficacité sont plus grandes .

5- Efficacité et rendement en fonction de la pression atmosphérique :

La pression atmosphérique -comme indiqué au fichier météo -reste à peu près constante durant la journée, alors que l'efficacité et le rendement croient normalement durant la journée .

6- Efficacité et rendement en fonction de la nébulosité
La nébulosité influe sur le rendement. Plus la nébulosité diminue , mieux sera le rendement .

7- Efficacité et rendement en fonction de la tension de vapeur d'eau :

Ce paramètre influe peu sur la production .

En résumé nous pouvons dire :

* Pour un maximum d'ensoleillement, correspond un rendement maximum .

* Les faibles vitesses de vent favorisent la production en eau distillée, par contre à vitesse nulle ou très élevées, le rendement chute .

* La nébulosité a un effet assez important sur le rendement et l'efficacité car elle est liée directement à l'ensoleillement .

On obtiendra un meilleur rendement en travaillant par temps clair .

* D'après l'étude de la courbe la pression atmosphérique n'a aucune influence sur l'efficacité et le rendement du distillateur .

* Les variations de l'humidité influent peu sur la production du distillateur .

- C O N C L U S I O N G E N E R A L E -

Parmis les paramètres qui influent sur la production du distillateur et qui accélère le processus d'évaporation, les paramètres météorologiques jouent un rôle important.

Notre étude a permis de voir avec exactitude l'influence de chacun d'eux sur le rendement et sur l'efficacité. Certains de ces paramètres comme la vitesse du vent ou l'irradiation solaire influent fortement d'autres pas du tout, et certains très peu.

On a pu constater, qu'en augmentant la température initiale de l'eau c'est à dire en préchauffant l'eau à des températures de plus en plus élevées on augmente le rendement en se rapprochant du cas idéal qui est le modèle simulé.

D'autres paramètres doivent aussi avoir leur importance, comme ceux de construction mais l'étude n'a pas été faite.

En résumé, on peut dire qu'en augmentant la température initiale de l'eau et en travaillant dans des conditions météorologiques favorables le rendement est maximum.

ANNEXE

D_0 = Epaisseur initiale de l'eau.
 D_f = Epaisseur finale de l'eau.
 D_1 = Epaisseur du toit.
 D_2 = Hauteur moyenne saumure -toit.
 D_3 = Epaisseur de la base.
 A_1 = Densité de l'eau.
 A_2 = Densité de l'air.
 A_3 = Densité de la vapeur.
 K_1 = Conductivité thermique du toit.
 K_2 = Conductivité thermique du mélange air-vapeur.
 K_3 = Conductivité thermique de la saumure.
 K_4 = Conductivité thermique de la base.
 M_1 = Emissivité du couvercle.
 M_2 = Emissivité de l'eau.
 M_3 = Emissivité du plan noir.
 W_0 = Capacité calorifique de l'eau.
 W = Constante de STEPHAN- BOLTZMAN.
 W_3 = Réfractance du verre .
 S_0 = Surface du couvercle .
 S_1 = Surface de la base.
 X_{long} = Longueur de la base.
 P_0 = Puissance solaire absorbée par le plan noir et la saumure.
 P_1 = Puissance absorbée par la saumure et convertie en chaleur.
 Q_0 = Puissance globale incidente par unité de surface.
 T = Temperature ambiante.
 T_0 Temperature la voûte celeste.
 T_1 = Temperature de la face externe du toit.
 T_2 = Temperature de la face interne du toit.
 T_4 = Temperature de la saumure.
 T_6 = Temperature du plan noir.
 T_8 = Temperature du mélange air-vapeur.
 T_{si} = Temperature initiale de la saumure.

- T_p = Temperature du plan noir.
- T_v = Temperature de la vitre.
- T_m = Temperature dumélange air-vapeur.
- T_{sf} = Temperature finale de la saumure.
- C_1 = Résistance thermique de convection vitre-milieu
ambiant.
- C_2 = Résistance thermique de rayonnement vitre-voûte
celeste.
- C_3 = Résistance thermique de conduction à travers la vitre.
- C_4 = Résistance thermique auxiliaire.
- C_5 = Résistance thermique de conduction convection
plan-saumure.
- C_6 = Résistance thermique de conduction à travers la base.
- C_7 = Résistance thermique de conduction interne.
- C_8 = Résistance thermique derayonnement plan noir-vitre.
- C_9 = Résistance thermique auxiliaire.
- H_1 = Coefficient d'échange thermique par évaporation.
- H_2 = Coefficient d'échange thermique par condensation.

```

10 REM ***MODELISATION INFORMATIQUE D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE***
20 REM***          A EFFET DE SERRE          ***
30 REM ***          INITIALISATION DES CONSTANTES          ***
40 DATA 4180,5.6E-8,0.08,0.07
50 READ W0,W,W3,V0
60 DATA 0.9,1,0.92,0.1
70 READ M1,M2,M3,D3
80 DATA 0.776,0.0437,0.626,0.0694
90 READ K1,K2,K3,K4
100 DATA 992,1.136,0.71,1.46,1.1
110 READ A1,A2,A3,S0,S1
120 PRINT "INTRODUIRE LE TABLEAU DE DONNEES"
130 PRINT "CORRESPONDANT A Q0,T,T1,T2,T4,T8 "
140 DIM A(12,6)
150 FOR I=1 TO 12
160   FOR J=1 TO 6
170     INPUT A(I,J)
180   NEXT J
190 NEXT I
200 PAGE
210 PRINT "*****"
220 PRINT "*           *           *           *           *           *           *           *"
230 PRINT "*   I   * Q0   *   T   *   T1   *   T2   *   T4   *   T8   *"
240 PRINT "*****"
250 FOR K=1 TO 22
260   PRINT "*           *           *           *           *           *           *           *"
270 NEXT K
280 PRINT "*****"
290 X=6
300 Y=88
310 FOR I=1 TO 12
320   PRINT I
330   FOR J=1 TO 6
340     MOVE X-4+14*J,Y-5*I

```

```

350 PRINT A(I,J)
360 NEXT J
370 NEXT I
380 REM *** CODE DE SELECTION ***
390 PRINT "CHOISISSEZ UN DISTILLATEUR "
400 PRINT "X=1 DISTILLATEUR SIMULE "
410 PRINT "X=2 DISTILLATEUR REEL STATIQUE "
420 PRINT "X=3 DISTILLATEUR REEL DYNAMIQUE"
430 PRINT "X=0 SORTIE DU PROGRAMME "
440 INPUT X
450 PRINT " INTRODUIRE LA TEMPERATURE INITIALE DE L'EAU "
460 PRINT "T6="
470 INPUT T6
480 PRINT "INITIALISATION DES VARIABLES SECONDAIRES "
490 PRINT "D0,D1,D2,B,V"
500 INPUT D0,D1,D2,B,V
510 LET R2=0
520 LET E3=0
530 E4=0
540 PRINT "JOURNEE DU 01 MAI 1985"
550 PRINT "ANGLE D'INCLINAISON DU TOIT=";B;"DEGRES"
560 PRINT "DISTANCE MOY.SAUMURE-VITRE =" ;D2;"METRES"
570 PRINT "***E0(%)***", "***E(%)***", "***R(L*E+3)***"
580 FOR I=1 TO 12
590 Q0=A(I,1)
600 T=A(I,2)+273
610 T1=A(I,3)+273
620 T2=A(I,4)+273
630 T4=A(I,5)+273
640 T8=A(I,6)+273
650 T0=0.552*T1+1.5
660 REM ***PUISSANCE UTILE ABSORBEE PAR LE PLAN NOIR ET LA SAUMURE***
670 P0=0.8*Q0
680 T6=T4+1
690 B=B*3.14/180

```



```

700 REM COEFF. THERM. PAR EVAPORATION-CONDENSATION
710 DEF FNP(Z)=10↑(17.43-2795/Z-3.868*LOG(Z)/2.3)
720 DEF FNS(Z)=Z*A3/(Z*A3+(1-Z)*A2)
730 Z1=FNP(T4)
740 Z2=FNP(T2)
750 IF T4=>373 THEN 770
760 G1=FNS(Z1)
770 G1=1
780 IF T2=>373 THEN 800
790 G2=FNS(Z2)
800 G2=1
810 Y1=G1*0.96+(1-G1)*0.72
820 Y2=G2*0.96+(1-G2)*0.72
830 U=1.12E+8*(S1/2)↑3*(T4-T2)↑0.5
840 N=2.77*FNP(T4)*(U*Y1)↑0.34
850 H1=2*N*K2/D2
860 N=0.056*FNP(T2)*(U*Y2)↑0.6
870 H2=2*N*K2/D2
880 H=1/(1/H1+1/H2)
890 REM*** CALCUL DES EFFIC. ET DU RENDEMENT***
900 REM BOUCLE RELATIVE A 1 HEURE
910 FOR S=1 TO 12
920 REM INITIALISATION DES SOMMES RELATIVES A 1 HEURE
930 B1=0
940 B0=0
950 R1=0
960 REM ***BOUCLE RELATIVE A 1/4 D'HEURE
970 Xdist=H*ABS(T4-T2)
980 L=4180*(796-0.695*T8)
990 Qdist=Xdist/L
1000 REM *** EFFIC. INSTANTANEEES ***
1010 V2=Xdist/P0*12
1020 V1=Xdist/Q0*12
1030 REM SOMMES CUMULEES PENDANT 1 HEURE
1040 B0=B0+V2

```

```

1050      B1=B1+V1
1060      R1=R1+Qdist
1070      REM EFFIC.MOY.HORAIRES ET RENDEMENT HORAIRE
1080      E2=B0/4
1090      E1=B1/4
1100      R=R1
1110      REM  SOMMES CUMULEES PENDANT TOUTE LA 1/2 JOURNEE
1120      E4=E4+E2
1130      E3=E3+E1
1140      R2=R2+R
1150      E5=B0/4
1160      E6=B1/4
1170      Rh=R
1180      Ei=0
1190      Eg=0
1200      Ei=Ei+E5
1210      Eg=Eg+E6
1220      PRINT E2,E1,R
1230      NEXT I
1240      R=R+R2
1250      E0=E4/12
1260      E=E3/12
1270      PRINT "EFFIC. GLOBALE 1/2 JOURNALIERE=";E0;"(%)"
1280      PRINT "EFFIC. INTERNE 1/2 JOURNALIERE=";E;"(%)"
1290      PRINT "RENDEMENT 1/2 JOURNALIER =" ;R;"(L*E+3)"
1300      END

```

```

10 REM ***MODELISATION INFORMATIQUE D'UN DISTILLATEUR SOLAIRE***
20 REM***          A EFFET DE SERRE          ***
30 REM ***          INITIALISATION DES CONSTANTES          ***
40 DATA 4180,5.6E-8,0.08,0.07.
50 READ W0,W,W3,V0
60 DATA 0.9,1,0.92,0.1
70 READ M1,M2,M3,D3
80 DATA 0.776,0.0437,0.626,0.0694
90 READ K1,K2,K3,K4
100 DATA 992,1.136,0.71,1.46,1.1
110 READ A1,A2,A3,S0,S1
120 PRINT "INTRODUIRE LE TABLEAU DE DONNEES"
130 PRINT "CORRESPONDANT A Q0,T,T1,T2,T4,T8 "
140 DIM A(12,6)
150 FOR I=1 TO 12
160   FOR J=1 TO 6
170     INPUT A(I,J)
180   NEXT J
190 NEXT I
200 PAGE
210 PRINT "*****"
220 PRINT "*           *           *           *           *           *           *           *"
230 PRINT "*   I   * Q0   *   T   * T1   * T2   * T4   * T8   *"
240 PRINT "*****"
250 FOR K=1 TO 22
260   PRINT "*           *           *           *           *           *           *           *"
270 NEXT K
280 PRINT "*****"
290 X=6
300 Y=88
310 FOR I=1 TO 12
320   PRINT I
330   FOR J=1 TO 6
340     MOVE X-4+14*J,Y-5*I

```

```

174 PRINT A(I,J)
176 NEXT J
178 NEXT I
190 REM *** CODE DE SELECTION ***
200 PRINT "CHOISISSEZ UN DISTILLATEUR "
210 PRINT "X=1 DISTILLATEUR SIMULE "
220 PRINT "X=2 DISTILLATEUR REEL STATIQUE "
230 PRINT "X=3 DISTILLATEUR REEL DYNAMIQUE"
240 PRINT "X=0 SORTIE DU PROGRAMME "
250 INPUT X
280 PRINT " INTRODUIRE LA TEMPERATURE INITIALE DE L'EAU "
310 PRINT "T6="
320 INPUT T6
340 PRINT "INITIALISATION DES VARIABLES SECONDAIRES "
350 PRINT "D0,D1,D2,B,V"
360 INPUT D0,D1,D2,B,V
370 LET R2=0
380 LET E3=0
382 E4=0
390 PRINT "JOURNEE DU 01 MAI 1985"
410 PRINT "EPAISSEUR INITIALE DE L'EAU =" ;D0;"METRES"
420 PRINT "ANGLE D'INCLINAISON DU TOIT=" ;B;"DEGRES"
430 PRINT "DISTANCE MOY.SAUMURE-VITRE =" ;D2;"METRES"
440 REM ***DONNEES POUR DISTILLATEUR SIMULE ***
445 FOR I=1 TO 12
450 Q0=A(I,1)
460 T=A(I,2)+273
470 T1=A(I,3)+273
480 T2=A(I,4)+273
490 T4=A(I,5)+273
500 T8=A(I,6)+273
510 T0=0.552*T1.5
520 REM ***PUISSANCE UTILE ABSORBEE PAR LE PLAN NOIR ET LA SAUMURE***
530 P0=0.8*Q0
540 REM RESISTANCE THERM.DE CONVECTION VITRE-MILIEU AMBIANT

```

```

550 C1=1/(5.7+3.8*V)
560 REM RESIST. THERM. DE CONDUCTION A TRAVERS LA VITRE
570 C3=D1/K1
580 REM RESIST. THERM. DE CONDUCTION A TRAVERS LA BASE
590 C6=D3/K4
610 W1=E+10*(0.1015*T4-30.1112)
620 IF T4>373 THEN 650
630 Y=2411-0.607*T4
640 GO TO 660
650 Y=2.69
655 T6=T4+1
660 U=W1*D0↑3*ABS(T6-T4)
670 IF U<100000 THEN 710
680 IF U<2.0E+7 THEN 730
690 N=0.14*(U*Y)↑0.33
700 GO TO 740
710 N=1
720 GO TO 740
730 N=0.54*(U*Y)↑0.25
740 C5=D0/N*K3
760 REM RESIST. THERM. PAR RAYT. PLAN NOIR-VITRELIS
770 B=B*3.14/180
780 R=((1/M3+1/M2-1)/(W*0.5*(1+COS(B))))
790 C8=R/((T6↑2+T2↑2)*(T6+T2))
800 REM COEFF. THERM. PAR EVAPORATION-CONDENSATION
810 DEF FNP(Z)=10↑(17.43-2795/Z-3.868*LOG(Z)/2.3)
820 DEF FNS(Z)=Z*A3/(Z*A3+(1-Z)*A2)
830 Z1=FNP(T4)
840 Z2=FNP(T2)
850 IF T4=>373 THEN 870
860 G1=FNS(Z1)
870 G1=1
880 IF T2=>373 THEN 900
890 G2=FNS(Z2)
900 G2=1

```

```

910 Y1=G1*0.96+(1-G1)*0.72
920 Y2=G2*0.96+(1-G2)*0.72
940 U=1.12E+8*(S1/2)1/3*(T4-T2)1/5
960 N=2.77*FNP(T4)*(U*Y1)1/34
980 Hi=2*N*K2/D2
1000 N=0.056*FNP(T2)*(U*Y2)1/6
1020 H2=2*N*K2/D2
1030 H=1/(1/H1+1/H2)
1040 REM COEFF. D'ECHANGE PAR CONVECTION SAUMURE-VITRE
1050 IF U<3000 THEN 1080
1060 IF U<50000 THEN 1090
1070 N=0.0354*U1/37
1080 N=1
1090 N=0.0588*U1/37
1100 C7=D2/(K2*N)
1110 REM RESIST. THERM. DE RAYT. VITRE-VOUTE CELESTE
1120 R0=(1/M1+1/M2-1)*W
1130 C2=R0/((T21/2+T01/2)*(T2+T0))
1135 NEXT I
1140 PRINT "TSI="
1150 INPUT Tsi
1160 PRINT "TP="
1170 INPUT Tp
1180 PRINT "TV="
1190 INPUT Tv
1195 C=1
1200 H0=(Tp-Tv)/(Tp-Tsi)*C8
1210 H3=(Tp-Tv)/(Tsi-Tv)*C8
1220 P6=(Tp-T)/C6
1230 C4=1/(1/C7+H+H3)
1240 C9=1/(1/C5+H0)
1250 P5=P0-P6
1260 P2=(C6*P0+T-Tsi)/(C9+C6)
1270 P3=(Tsi*(C1+C2)-C1*T0-C2*T)/((C3+C4)*(C1+C2)+C1*C2)
1280 P1=P2-P3

```

```

1290 Tp=(Tsi*C6+T*C9+P0*C6)/(C9+C6)
1300 Tv=(T0+T*C2/C1+C2*P3)/(1+C2/C1)
1310 Tm=0.5*(Tsi+Tv)
1320 Tsf=Tsi*P1/(W0*D0*A1)
1376 Tsi=Tsf
1377 Tp=Tp
1378 Tv=Tv
1380 C=C+1
1382 IF C<12 THEN 1200
2000 REM*** CALCUL DES EFFIC.ET DU RENDEMENT***
2010 REM BOUCLE RELATIVE A 1HEURE
2020 FOR S=1 TO 12
2030 REM INITIALISATION DES SOMMES RELATIVES A 1 HEURE
2040 B1=0
2050 B0=0
2060 R1=0
2070 Q9=0
2080 REM ***BOUCLE RELATIVE A 1/4 D'HEURE
2090 Xdist=H*(Tsi-Tv)*60
2100 L=4180*(796-0.695*Tm)
2110 Qdist=Xdist/L
2120 REM *** EFFIC.INSTANTANEEES ***
2130 V2=Xdist/P0*12
2140 V1=Xdist/Q0*12
2150 REM SOMMES CUMULEES PENDANT 1 HEURE
2160 B0=B0+V2
2170 B1=B1+V1
2180 R1=R1+Qdist
2190 Q9=Q9+Q0
2200 REM EFFIC.MOY.HORAIRES ET RENDEMENT HORAIRE
2210 E2=B0/4
2220 E1=B1/4
2230 R=R1
2240 REM SOMMES CUMULEES PENDANT TOUTE LA 1/2 JOURNEE
2250 E4=E4+E2

```

```
2260 E3=E3+E1
2270 R2=R2+R
2280 IF S=12 THEN 2430
2290 E5=B0/4
2300 E6=B1/4
2310 Rh=R
2320 Ei=0
2330 Eg=0
2340 Ei=Ei+E5
2350 Eg=Eg+E6
2360 R=R+Rh
2370 PRINT E2,E1,R
2375 NEXT S
2380 R=R+R2
2390 E0=E4/12
2400 E=E3/12
2410 PRINT "EFFIC. GLOBALE 1/2 JOURNALIERE=";E0;"(%)"
2420 PRINT "EFFIC. INTERNE 1/2 JOURNALIERE=";E;"(%)"
2430 PRINT "RENDEMENT 1/2 JOURNALIER=";R;"(1*E+3)"
2510 END
```



```

LIS
10 PAGE
20 AXIS 0.91,4
30 VIEWPORT 10,120,10,90
40 WINDOW 8,19,2,50
50 MOVE 10,48
60 PRINT "EFFIC. GLOBALE EN FCT. DU TEMPS "
65 MOVE 10,47
66 PRINT "-----"
70 MOVE 18.5,2
80 PRINT "T(s)"
90 MOVE 8.5,48
100 PRINT "EG(%)"
110 DELETE E
120 MOVE 8,4.11
130 DATA 4.11,8.7,13.62,26.62,28.62,27.95,20.5,16.58
140 DATA 13.51,10.85,4.13,3.16
150 RESTORE 130
160 FOR I=8 TO 19
170 READ E
175 DASH 0
180 DRAW I,E
190 NEXT I
200 DELETE A
205 MOVE 8,4.53
210 DATA 4.53,8.87,27.93,36.43,42.03,31.83,27.17,21.37,18.9
220 DATA 11.12,9.43,5.1
230 RESTORE 210
240 FOR I=8 TO 19
250 READ A
255 DASH 204
270 DRAW I,A
280 NEXT I
281 MOVE 15,44
282 PRINT "----- SIMULE"

```

```
283 MOVE .15,42
284 PRINT " REEL "
290 END
300 PAGE
310 AXIS 15.83,2.41
320 VIEWPORT 10,120,10,90
330 WINDOW 10,200,1,30
340 MOVE 60,28
350 PRINT "EFFIC. GLOBALE EN FCT. DE L'IRRADIATION SOLAIRE "
360 MOVE 192,2
370 PRINT "Q0(J/cm2)"
380 MOVE 12,28
390 PRINT " EG(%)"
400 DELETE X,Y
410 MOVE 95.5,1.12
415 FOR I=1 TO 12
420 DATA 95.5,1.12,135,3.64,147,12.58,173,17.33,182,25.61,173
430 DATA 18.17,153,14.03,120,13.92,80,10.04,90,9.1,75,4.53
440 DATA 35,2.29
460 READ X,Y
465 DASH 0
470 DRAW X,Y
475 NEXT I
480 MOVE 60,27.25
490 PRINT "-----"
500 PAGE
510 AXIS 0.91,1.083
520 VIEWPORT 10,120,10,90
530 WINDOW 8,19,0,13
540 MOVE 12,12
550 PRINT "RENDEMENT EN FCT. DU TEMPS"
560 MOVE 12,11.7
570 PRINT "-----"
580 MOVE 18.5,0.5
590 PRINT "T(s)"
```

```
600 MOVE 8.5,12
610 PRINT "R(L*E-1)"
620 DELETE R
630 MOVE 8,0.12
640 DATA 0.12,0.54,2.08,3.4,5.33,3.59,2.44,1.88,0.9,0.91
650 DATA 0.38,0.088
660 RESTORE 640
670 FOR I=8 TO 19
680     READ R
690     DASH 0
700     DRAW I,R
710 NEXT I
720 DELETE B
730 MOVE 8,0.27
740 DATA 0.27,1.04,4.78,7.72,11.34,6.83,4.39,3.15,1.5
750 DATA 1.29,0.99,0.15
760 RESTORE 740
770 FOR I=8 TO 19
780     READ B
790     DASH 204
800     DRAW I,B
810 NEXT I
820 MOVE 15,11
830 PRINT "--- SIMULE "
840 MOVE 15,10.5
850 PRINT "    REEL    "
860 END
```

```
870 PAGE
880 AXIS 4.16,4.16
890 VIEWPORT 10,120,10,90
900 WINDOW 50,100,0,50
910 MOVE 60,48
920 PRINT "EFFIC. GLOBALE EN FCT. DE L'HUMIDITE RELAT."
930 MOVE 60,47
940 PRINT "-----"
950 MOVE 98,3
960 PRINT "H(%)"
970 MOVE 51,48
980 PRINT "EG(%)"
990 DELETE X,Y
1000 MOVE 73,1.12
1010 FOR I=1 TO 12
1020     DATA 73,1.12,64,3.64,69,12.58,69,17.33,61,25.61,63,18.17
1030     DATA 62,14.03,62,13.92,68,10.05,77,9.1,84,4.53,82,2.28
1040     READ X,Y
1050     DASH 0
1060     DRAW X,Y
1070 NEXT I
1080 DELETE X,Y
1090 MOVE 73,4.53
1100 FOR I=1 TO 12
1110     DATA 73,4.53,64,8.87,69,27.93,69,36.43,61,42.03,63,31.83
1120     DATA 62,27.17,62,21.37,68,18.9,77,11.12,84,9.43,82,5.1
1130     READ X,Y
1140     DASH 204
1150     DRAW X,Y
1160 NEXT I
1170 MOVE 80,45
1180 PRINT "--- SIMULE "
1190 MOVE 80,43
1200 PRINT "    REEL"
```

```
1210 END
1220 PAGE
1230 AXIS 4,16,1.083
1240 VIEWPORT 10,120,10,90
1250 WINDOW 50,100,0,13
1260 MOVE 60,12
1270 PRINT "RENDEMENT EN FCT. DE L'HUMIDITE RELAT. "
1280 MOVE 60,11.7
1290 PRINT "-----"
1300 MOVE 98,0.5
1310 PRINT "H(%)"
1320 MOVE 51,12
1330 PRINT "R(L*E-1)"
1340 DELETE X,Y
1350 MOVE 73,0.12
1360 DATA 73,0.12,64,0.54,69,2.07,69,3.39,61,5.32,63,3.58,62,2.43
1370 DATA 62,1.88,68,0.9,77,0.9,84,0.37,82,0.088
1380 RESTORE 1360
1390 FOR I=1 TO 12
1400     READ X,Y
1410     DASH 0
1420     DRAW X,Y
1430 NEXT I
1440 DELETE X,Y
1450 MOVE 73,0.27
1460 DATA 73,0.27,64,1.04,69,4.78,69,7.72,61,11.34,63,6.83
1470 DATA 62,4.39,62,3.15,68,1.5,77,1.29,84,0.98,82,0.15
1480 RESTORE 1460
1490 FOR I=1 TO 12
1500     READ X,Y
1510     DASH 204
1520     DRAW X,Y
1530 NEXT I
1540 MOVE 80,11
1550 PRINT "--- SIMULE "
```

```
1560 MOVE 80,10.6
1570 PRINT " REEL"
1580 END
1590 AXIS 0.33,4.16
1600 VIEWPORT 10,120,10,90
1610 WINDOW 6,10,0,50
1620 MOVE 7,48
1630 PRINT "EFFIC. GLOBALE EN FCT. DE LA PRESS. ATMOS."
1640 MOVE 7,47
1650 PRINT "-----"
1660 MOVE 9.7,0.2
1670 PRINT "P(mbars)"
1680 MOVE 6.2,48.8
1690 PRINT "EG(%)"
1700 DELETE X,Y
1710 MOVE 8.5,1.12
1720 DATA 8.5,1.12,8.5,3.64,8.6,12.58,8.6,17.33,8.6,25.61,8.4
1730 DATA 18.17,8.1,14.02,7.6,13.92,6.6,10.05,6.7,9.1,7.5,4.53
1740 DATA 9.1,2.28
1750 RESTORE 1720
1760 FOR I=1 TO 12
1770     READ X,Y
1780     DASH 0
1790     DRAW X,Y
1800 NEXT I
1810 DELETE X,Y
1820 MOVE 8.5,4.53
1830 DATA 8.5,4.53,8.5,8.87,8.6,27.93,8.6,36.43,8.6,42.03,8.4
1840 DATA 31.83,8.1,27.17,7.6,21.37,6.6,18.9,6.7,11.12,7.5
1850 DATA 9.43,9.1,5.1
1860 RESTORE 1740
1870 FOR I=1 TO 12
1880     READ X,Y
1890     DASH 204
1900     DRAW X,Y
```

```
1970 PAGE
1980 AXIS 0.33,1.083
1990 VIEWPORT 10,120,10,90
2000 WINDOW 6,10,0,13
2010 MOVE 8,12
2020 PRINT "REDEMENT EN FCT. DE LA PRESS. ATM."
2030 MOVE 8,11.7
2040 PRINT "-----"
2050 MOVE 6.2,12
2060 PRINT "R(L*E-1)"
2070 MOVE 9.7,0.5
2080 PRINT "P(mbars)"
2090 DELETE X,Y
2100 MOVE 8.5,0.12
2110 DATA 8.5,0.12,8.5,0.54,8.6,2.07,8.6,3.39,8.6,5.32,8.4,3.58
2120 DATA 8.1,2.43,7.6,1.88,6.6,0.9,6.7,0.9,7.5,0.37,9.1,0.088
2130 RESTORE 2110
2140 FOR I=1 TO 12
2150     READ X,Y
2160     DASH 0
2170     DRAW X,Y
2180 NEXT I
2190 DELETE X,Y
2200 MOVE 8.5,0.27
2210 DATA 8.5,0.27,8.5,1.04,8.6,4.78,8.6,7.72,8.6,11.34,8.4,6.83
2220 DATA 8.1,4.39,7.6,3.15,6.6,1.5,6.7,1.29,7.5,0.98,9.1,0.15
2230 RESTORE 2210
2240 FOR I=1 TO 12
2250     READ X,Y
2260     DASH 204
2270     DRAW X,Y
2280 NEXT I
2290 MOVE 9,11
2300 PRINT "--- SIMULE"
```

```
2310 MOVE 9,10.6
2320 PRINT " REEL"
2330 END
2340 PAGE
2350 AXIS 0.83,4.16
2360 VIEWPORT 10,120,10,90
2370 WINDOW 15,25,0,50
2380 MOVE 18,48
2390 PRINT "EFFIC.GLOBALE EN FCT. DE LA TENSION DE VAP. "
2400 MOVE 18,47
2410 PRINT "-----"
2420 MOVE 24,0.5
2430 PRINT "T(mbars)"
2440 MOVE 15.5,48
2450 PRINT "EG(%)"
2460 DELETE X,Y
2470 MOVE 18.4,1.12
2480 DATA 18.4,1.12,18.5,3.64,18.7,12.58,18.6,17.33,18.6,25.61
2490 DATA 18.9,18.17,19.2,14.03,20,13.92,20.7,10.05,19.4,9.1
2500 DATA 21.7,4.53,21.8,2.28
2510 RESTORE 2480
2520 FOR I=1 TO 12
2530     READ X,Y
2540     DASH 0
2550     DRAW X,Y
2560 NEXT I
2570 DELETE X,Y
2580 MOVE 18.4,4.53
2590 DATA 18.4,4.53,18.5,8.87,18.7,27.93,18.6,36.43,18.6,42.03
2600 DATA 18.9,31.83,19.2,27.17,20,21.37,20.7,18.9,19.4,11.12
2610 DATA 21.7,9.43,21.8,5.1
2620 RESTORE 2590
2630 FOR I=1 TO 12
2640     READ X,Y
2650     DASH 204
```



```
2660     DRAW X,Y
2670 NEXT I
2680 MOVE 22,45
2690 PRINT "--- SIMULE "
2700 MOVE 22,43
2710 PRINT "     REEL  "
2720 END
2730 PAGE
2740 AXIS 0.83,1.083
2750 VIEWPORT 10,120,10,90
2760 WINDOW 15,25,0,13
2770 MOVE 18,12
2780 PRINT "RENDEMENT EN FCT. DE LA TENSION DE VAP."
2790 MOVE 18,11.5
2800 PRINT "-----"
2810 MOVE 15.5,12
2820 PRINT "R(L*E-1)"
2830 MOVE 24,0.5
2840 PRINT "T(mbars)"
2850 DELETE X,Y
2860 MOVE 18.4,0.12
2870 DATA 18.4,0.12,18.5,0.54,18.7,2.07,18.6,3.39,18.6,5.33
2880 DATA 18.9,3.58,19.2,2.44,20,1.88,20.7,9.03,19.4,9.09
2890 DATA 21.7,3.78,21.8,8.86
2900 RESTORE 2870
2910 FOR I=1 TO 12
2920     READ X,Y
2930     DASH 0
2940     DRAW X,Y
2950 NEXT I
2960 DELETE X,Y
2970 MOVE 18.4,0.27
2980 DATA 18.4,0.27,18.5,1.04,18.7,4.78,18.6,7.72,18.6,11.34
2990 DATA 18.9,6.83,19.2,4.39,20,3.15,20.7,1.5,19.4,1.29
3000 DATA 21.7,0.98,21.8,0.15
```

```
3010 RESTORE 2980
3020 FOR I=1 TO 12
3030     READ X,Y
3040     DASH 204
3050     DRAW X,Y
3060 NEXT I
3070 MOVE 22,10.5
3080 PRINT "--- SIMULE "
3090 MOVE 22,10
3100 PRINT "      REEL "
3110 END
3120 PAGE
3130 AXIS 0.58,1.083
3140 VIEWPORT 10,120,10,90
3150 WINDOW 0,7,0,13
3160 MOVE 3,12
3170 PRINT "RENDEMENT EN FCT. DE LA VITESSE DU VENT "
3180 MOVE 3,11.7
3190 PRINT "-----"
3200 MOVE 0.5,12
3210 PRINT "R(L*E-1) "
3220 MOVE 6.5,0.5
3230 PRINT "V(m/s)"
3240 DELETE X,Y
3250 MOVE 0,0.12
3260 DATA 0,0.12,0,0.54,2,2.07,3,3.39,5,5.33,4,3.59,4,2.44
3270 DATA 3,1.88,3,0.9,2,0.9,1,0.37,0,0.088
3280 RESTORE 3260
3290 FOR I=1 TO 12
3300     READ X,Y
3310     DASH 0
3320     DRAW X,Y
3330 NEXT I
3340 DELETE X,Y
3350 MOVE 0,0.27
```

```
3360 DATA 0,0.27,0,1.04,2,4.78,3,7.72,5,11.34,4,6.83,4,4.39
3370 DATA 3,3.15,3,1.5,2,1.29,1,0.98,0,0.15
3380 RESTORE 3360
3390 FOR I=1 TO 12
3400     READ X,Y
3410     DASH 204
3420     DRAW X,Y
3430 NEXT I
3440 MOVE 6,11
3450 PRINT "--- SIMULE "
3460 MOVE 6,10.5
3470 PRINT "      REEL "
3480 END
3490 NEXT I
3500 MOVE 8,45
3510 PRINT "--- SIMULE"
3520 MOVE 8,43
3530 PRINT "      REEL "
3540 END
```

```

3550 PAGE
3560 AXIS 0.66,4.16
3570 VIEWPORT 10,120,10,90
3580 WINDOW 0,8,0,50
3590 MOVE 3,48
3600 PRINT "EFFIC GLOBALE EN FCT. DE LA VITESSE DU VENT "
3610 MOVE 3,47
3620 PRINT "-----"
3630 MOVE 7.5,0.5
3640 PRINT "V(m/s)"
3650 MOVE 0.5,48
3660 PRINT "EG(%)"
3670 DELETE X,Y
3680 MOVE 0,1,12
3690 DATA 0,1,12,0,3.64,2,12.58,3,17.33,5,25.61,4,18.17,4,14.03
3700 DATA 3,13.92,3,10.05,2,9.1,1,4.54,0,2.28
3710 RESTORE 3690
3720 FOR I=1 TO 12
3730 READ X,Y
3740 DASH 0
3750 DRAW X,Y
3760 NEXT I
3770 DELETE X,Y
3780 MOVE 0,4.53
3790 DATA 0,4.53,0,8.87,2,27.93,3,36.43,5,42.03,4,31.83,4,27.17
3800 DATA 3,21.37,3,18.9,2,11.12,1,9.43,0,5.1
3810 RESTORE 3790
3820 FOR I=1 TO 12
3830 READ X,Y
3840 DASH 201
3850 DRAW X,Y
3860 NEXT I
3870 MOVE 5,45
3880 PRINT "---- SIMULE"

```

```
3890 MOVE 5,43
3900 PRINT " REEL"
3910 END
3920 PAGE
3930 AXIS 0,916,4,16
3940 VIEWPORT 10,120,10,90
3950 WINDOW 8,19,0,50
3960 MOVE 10,48
3970 PRINT "EFFIC. GLOBALE EN FCT. DU TEMPS."
3980 MOVE 8,5,48
3990 PRINT "EG(%)"
4000 MOVE 18.5,8.5
4010 PRINT "T(s)"
4020 MOVE 10,47
4030 PRINT "-----"
4040 DELETE E
4050 MOVE 8,1,12
4060 DATA 1.12,3.64,12.58,17.33,25.61,18.17,14.03,13.92,10.05
4070 DATA 9.1,4.53,2.28
4080 RESTORE 4060
4090 FOR I=8 TO 19
4100     READ E
4110     DASH 0
4120     DRAW I,E
4130 NEXT I
4140 DELETE E
4150 MOVE 8,4,53
4160 DATA 4.53,8.87,27.93,36.43,42.03,31.83,27.17,21.37,18.9
4170 DATA 11.12,9.43,5.1
4180 RESTORE 4160
4190 FOR I=8 TO 19
4200     READ E
4210     DASH 204
4220     DRAW I,E
4230 NEXT I
```

```
4240 DELETE E
4250 MOVE 8,11.12
4260 DATA 11.12,13.32,14.83,25.07,34.69,26.20.47,19.69,13.7
4270 DATA 8.24,9.87,2.16
4280 RESTORE 4260
4290 FOR I=8 TO 19
4300     READ E
4310     DASH 12
4320     DRAW I,E
4330 NEXT I
4340 MOVE 14,45
4350 PRINT "--- SIMULE "
4360 MOVE 14,43
4370 PRINT " REEL "
4380 MOVE 14,41
4390 PRINT " PRECH."
```

```

10 PAGE
20 MOVE 40,90
30 PRINT "*****"
40 MOVE 40,88
50 PRINT "*" * "*"
60 MOVE 40,86
70 PRINT "*" * "*"
80 MOVE 40,84
90 PRINT "*****"
100 FOR I=1 TO 30
110 MOVE 40,84-2*I
120 PRINT "*" * "*"
130 NEXT I
140 MOVE 40,24
150 PRINT "*****"
160 RETURN
170 REM *** VITESSE DU VENT EN FCT. DU TEMPS ***
180 PRINT " VOULEZ-VOUS LE TABLEAU DE MESURE "
190 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON"
200 INPUT C$
210 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 230
220 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 410
230 GOSUB 10
240 DELETE X,Y
250 DATA 8,0,9,0,10,2,11,3,12,5,13,4,14,4,15,3,16,3,17,2
260 DATA 18,1,19,0
270 RESTORE 250
280 FOR J=1 TO 12
290 READ X,Y
300 MOVE 44,80-4*J
310 PRINT X
320 MOVE 68,80-4*J
330 PRINT Y
340 NEXT J

```

```
350 MOVE 46,87
360 PRINT "T(s)"
370 MOVE 72,87
380 PRINT "V(m/s)"
390 CALL "WAIT",4
400 PAGE
410 PRINT "VOULEZ-VOUS LE TRACE DE COURBE?"
420 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON "
430 INPUT C$
440 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 460
450 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 490
460 GOSUB 1510
470 CALL "WAIT",4
480 PAGE
490 REM *** TENSION DE VAP. EN FCT. DU TEMPS ***
500 PRINT "VOULEZ-VOUS LE TABLEAU DE MESURE ?"
510 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON "
520 INPUT C$
530 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 550
540 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 730
550 GOSUB 10
560 DELETE X,Y
570 DATA 8,20.7,9,19.4,10,21.7,11,21.8,12,20.7,13,21.7,14,21.4
580 DATA 15,20.3,16,20,17,19.8,18,20.5,19,19
590 RESTORE 570
600 FOR J=1 TO 12
610     READ X,Y
620     MOVE 44,80-4*J
630     PRINT X
640     MOVE 68,80-4*J
650     PRINT Y
660 NEXT J
670 MOVE 46,87
680 PRINT "T(s)"
690 MOVE 72,87
```



```
700 PRINT " t(mbars)"
710 CALL "WAIT ",4
720 PAGE
730 PRINT " VOULEZ-VOUS LE TRACE DE COURBE ?"
740 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON "
750 INPUT C$
760 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 780
770 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 810
780 GOSUB 2000
790 CALL "WAIT ",4
800 PAGE
810 REM *** HUMIDITE RELAT. EN FCT. DU TEMPS ***
820 PRINT " VOULEZ-VOUS LE TABLEAU DE MESURE "
830 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON"
840 INPUT C$
850 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 870
860 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 10000
870 GOSUB 10
880 DELETE X,Y
890 DATA 8,73,9,64,10,69,11,69,12,61,13,63,14,62,15,62
900 DATA 16,68,17,77,18,84,19,82
910 RESTORE 890
920 FOR J=1 TO 12
930     READ X,Y
940     MOVE 44,80-4*J
950     PRINT X
960     MOVE 68,80-4*J
970     PRINT Y
980 NEXT J
990 MOVE 46,87
1000 PRINT "T(s)"
1010 MOVE 72,87
1020 PRINT "H(%)"
1030 CALL "WAIT ",4
1040 PAGE
```

```
1050 PRINT "VOULEZ-VOUS LE TRACE DE COURBE ?"
1060 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON "
1070 INPUT C$
1080 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 1100
1090 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 1130
1100 GOSUB 2790
1110 CALL "WAIT",4
1120 PAGE
1130 REM *** PRESSION ATM. EN FCT. DU TEMPS ***
1140 PRINT "VOULEZ-VOUS LE TABLEAU DE MESURE "
1150 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON "
1160 INPUT C$
1170 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 1190
1180 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 4000
1190 GOSUB 10
1200 DELETE X,Y
1210 DATA 8,8.5,9,8.5,10,8.6,11,8.6,12,8.6,13,8.4,14,8.1,15,7.6
1220 DATA 16,6.6,17,6.7,18,7.5,19,9.1
1230 RESTORE 1210
1240 FOR J=1 TO 12
1250     READ X,Y
1260     MOVE 44,80-4*J
1270     PRINT X
1280     MOVE 68,80-4*J
1290     PRINT Y
1300 NEXT J
1310 MOVE 46,87
1320 PRINT "T(s)"
1330 MOVE 72,87
1340 PRINT " P(mbars)"
1350 CALL "WAIT",4
1360 PAGE
1370 PRINT "VOULEZ-VOUS LE TRACE DE COURBE?"
1380 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON"
1390 INPUT C$
```

```
1400 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 1420
1410 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 1440
1420 GOSUB 3140
1430 REM *** NEBULOSITE EN FCT. DU TEMPS***
1440 PRINT "VOULEZ-VOUS LE TABLEAU DE MESURE ?"
1450 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON "
1460 INPUT C$
1470 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 1490
1480 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 1670
1490 GOSUB 10
1500 DELETE X,Y
1510 DATA 8,3,9,3,10,2,11,2,12,2,13,0,14,0,15,0,16,1
1520 DATA 17,1,18,1,19,1
1530 RESTORE 1510
1540 FOR J=1 TO 12
1550     READ X,Y
1560     MOVE 44,80-4*J
1570     PRINT X
1580     MOVE 68,80-4*J
1590     PRINT Y
1600 NEXT J
1610 MOVE 46,87
1620 PRINT "T(s)"
1630 MOVE 72,87
1640 PRINT "N(%)"
1650 CALL "WAIT",4
1660 PAGE
1670 PRINT "VOULEZ-VOUS LE TRACE DE COURBE ?"
1680 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON "
1690 INPUT C$
1700 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 1720
1710 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 1750
1720 GOSUB 3490
1730 CALL "WAIT",4
1740 PAGE
```

```
1750 REM ** L'IRRADIATION SOLAIRE EN FCT. DU TEMPS **
1760 PRINT " VOULEZ-VOUS LE TABLEAU DE MESURE ?"
1770 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON "
1780 INPUT C$
1790 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 1810
1800 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 1990
1810 GOSUB 10
1820 DELETE X,Y
1830 DATA 8,95.5,9,135,10,147,11,173,12,182,13,173,14,153
1840 DATA 15,120,16,80,17,90,18,75,19,35
1850 RESTORE 1830
1860 FOR J=1 TO 12
1870     READ X,Y
1880     MOVE 44,80-4*J
1890     PRINT X
1900     MOVE 68,80-4*J
1910     PRINT Y
1920 NEXT J
1930 MOVE 46,87
1940 PRINT "T(s)"
1950 MOVE 72,87
1960 PRINT "Q0(j/cm2)"
1970 CALL "WAIT ",4
1980 PAGE
1990 PRINT "VOULEZ-VOUS LE TRACE DE COURBE?"
2000 PRINT "REPONDEZ PAR OUI OU NON"
2010 INPUT C$
2020 IF POS("OUI",C$,1)>0 THEN 2040
2030 IF POS("NON",C$,1)>0 THEN 2070
2040 GOSUB 3840
2050 CALL "WAIT",4
2060 PAGE
2070 PRINT "      ***** FIN DU FICHIER METEO *****"
```

```
2080 PAGE
2090 AXIS 0.916,0.666
2100 VIEWPORT 10,120,10,90
2110 WINDOW 8,19,0,8
2120 MOVE 10,7
2130 PRINT "VITESSE DU VENT EN FCT. DU TEMPS"
2140 MOVE 10,6.8
2150 PRINT "-----"
2160 MOVE 8.5,7
2170 PRINT "V(m/s)"
2180 MOVE 18.5,0.5
2190 PRINT "T(s)"
2200 DELETE V
2210 MOVE 8,0
2220 DATA 0,0,2,3,5,4,4,3,3,2,1,0
2230 RESTORE 2220
2240 FOR I=8 TO 19
2250     READ V
2260     DASH 0
2270     DRAW I,V
2280 NEXT I
2290 DELETE V
2300 MOVE 8,4
2310 DATA 4,4,6,4,5,4,4,3,5,3,2,4
2320 RESTORE 2310
2330 FOR I=8 TO 19
2340     READ V
2350     DASH 204
2360     DRAW I,V
2370 NEXT I
2380 MOVE 15,6.1
2390 PRINT "      31 MAI 1985"
2400 MOVE 15,5.8
2410 PRINT "---- 26 MAI 1985"
```

```
2420 RETURN
2430 PAGE
2440 AXIS 0.916,0.83
2450 VIEWPORT 10,120,10,90
2460 WINDOW 8,19,15,25
2470 MOVE 12,24
2480 PRINT "TENSION DE VAP. EN FCT. DU TEMPS "
2490 MOVE 8.5,24
2500 PRINT "T(mbars)"
2510 MOVE 18.5,15.5
2520 PRINT "T(s)"
2530 MOVE 12,23.9
2540 PRINT "-----"
2550 DELETE T
2560 MOVE 8,20.7
2570 DATA 20.7,19.4,21.7,21.8,20.7,21.7,21.4,20.3,20,19.8,20.5,19
2580 RESTORE 2570
2590 FOR I=8 TO 19
2600     READ T
2610     DASH 0
2620     DRAW I,T
2630 NEXT I
2640 DELETE T
2650 MOVE 8,17.4
2660 DATA 17.4,18.7,19.6,20.3,18.9,19.8,19.8,18.7,18.5,18.3
2670 DATA 19.1,18.3
2680 RESTORE 2660
2690 FOR I=8 TO 19
2700     READ T
2710     DASH 204
2720     DRAW I,T
2730 NEXT I
2740 MOVE 15,23.4
2750 PRINT "    31 MAI 1985"
2760 MOVE 15,23
```

```
2770 PRINT "--- 26 MAI 1985"
2780 RETURN
2790 PAGE
2800 AXIS 0,916,4,16
2810 VIEWPORT 10,120,10,90
2820 WINDOW 8,19,40,90
2830 MOVE 12,88
2840 PRINT "HUMIDITE RELAT. EN FCT. DU TEMPS"
2850 MOVE 12,86
2860 PRINT "-----"
2870 MOVE 8.5,88
2880 PRINT "H(%)"
2890 MOVE 18.5,40.5
2900 PRINT "T(s)"
2910 DELETE H
2920 MOVE 8,73
2930 DATA 73,64,69,69,61,63,62,62,68,77,84,82
2940 RESTORE 2930
2950 FOR I=8 TO 19
2960     READ H
2970     DASH 0
2980     DRAW I,H
2990 NEXT I
3000 DELETE H
3010 MOVE 8,60
3020 DATA 60,57,57,58,53,55,55,52,60,62,70,73
3030 RESTORE 3020
3040 FOR I=8 TO 19
3050     READ H
3060     DASH 204
3070     DRAW I,H
3080 NEXT I
3090 MOVE 15,84
3100 PRINT "    31 MAI 1985"
3110 MOVE 15,82
```

```
3120 PRINT "--- 26 MAI 1985 "  
3130 RETURN  
3140 PAGE  
3150 AXIS 0.916,1.083  
3160 VIEWPORT 10,120,10,90  
3170 WINDOW 8,19,0,13  
3180 MOVE 12,12  
3190 PRINT "PRESSION ATM. EN FCT. DU TEMPS "  
3200 MOVE 12,11.8  
3210 PRINT "-----"  
3220 MOVE 8.5,12  
3230 PRINT "P(mbars)"  
3240 MOVE 18.5,0.5  
3250 PRINT "T(s)"  
3260 DELETE P  
3270 MOVE 8,8.5  
3280 DATA 8.5,8.5,8.6,8.6,8.6,8.4,8.1,7.6,6.6,6.7,7.5,9.1  
3290 RESTORE 3280  
3300 FOR I=8 TO 19  
3310     READ P  
3320     DASH 0  
3330     DRAW I,P  
3340 NEXT I  
3350 DELETE P  
3360 MOVE 8,9  
3370 DATA 9,9,9,8.6,8.5,8.3,8.3,8,7.5,7.5,7.3,7.3  
3380 RESTORE 3370  
3390 FOR I=8 TO 19  
3400     READ P  
3410     DASH 204  
3420     DRAW I,P  
3430 NEXT I  
3440 MOVE 15,11.2  
3450 PRINT "    31 MAI 1985 "
```



```
3460 MOVE 15,10.8
3470 PRINT "---26 MAI 1985"
3480 RETURN
3490 PAGE
3500 AXIS 0.916,0.66
3510 VIEWPORT 10,120,10,90
3520 WINDOW 8,19,0,8
3530 MOVE 12,7
3540 PRINT "NEBULOSITE EN FCT. DU TEMPS "
3550 MOVE 12,6.8
3560 PRINT "-----"
3570 MOVE 8.5,7
3580 PRINT "N(1/8)"
3590 MOVE 18.5,0.3
3600 PRINT "T(s)"
3610 DELETE N
3620 MOVE 8,3
3630 DATA 3,3,2,2,2,0,0,0,1,1,1,1
3640 RESTORE 3630
3650 FOR I=8 TO 19
3660     READ N
3670     DASH 0
3680     DRAW I,N
3690 NEXT I
3700 DELETE N
3710 MOVE 8,4
3720 DATA 4,4,4,3,3,3,3,2,2,1,1,1
3730 RESTORE 3720
3740 FOR I=8 TO 19
3750     READ N
3760     DASH 204
3770     DRAW I,N
3780 NEXT I
3790 MOVE 15,6.5
3800 PRINT "    31 MAI 1985"
```

```
3810 MOVE 15,6.2
3820 PRINT "---- 26 MAI 1985"
3830 RETURN
3840 PAGE
3850 AXIS 0,916,16.66
3860 VIEWPORT 10,120,10,90
3870 WINDOW 8,19,0,200
3880 MOVE 12,190
3890 PRINT "L'IRRADIATION SOLAIRE EN FCT. DU TEMPS "
3900 MOVE 12,185
3910 PRINT "-----"
3920 MOVE 8.5,180
3930 PRINT "P0(w/m2)"
3940 MOVE 18.5,10
3950 PRINT "T(s)"
3960 DELETE P
3970 MOVE 8,95.5
3980 DATA 95.5,135,147,173,182,173,153,120,80,90,75,35
3990 RESTORE 3980
4000 FOR I=8 TO 19
4010     READ P
4020     DASH 0
4030     DRAW I,P
4040 NEXT I
4050 DELETE P
4060 MOVE 8,111.9
4070 DATA 111.9,143.4,166.1,177.8,180.1,171.4,131.3,120.9
4080 DATA 90.5,48.9,35,30
4090 RESTORE 4070
4100 FOR I=8 TO 19
4110     READ P
4120     DASH 204
4130     DRAW I,P
4140 NEXT I
4150 MOVE 15,170
```

4160 PRINT " 31 MAI 1985 "
4170 MOVE 15,165
4180 PRINT "--- 26 MAI 1985"
4190 RETURN

B I B L I O G R A P H I E

- (BAUM) et (BAIMAROV)
Heat and mass transfer processus in solar stills of hot box type Krzhizhanovky power institute- MOSCOU- 1963.
- Mac Adams.
Transmission de la chaleur.
- A. Haddad et F. Slamani.
Modélisation et optimisation d'un distillateur solaire à chauffage séparé de l'évaporation-condensation.
ENITA 1981.
- F. Kreith.
Transmission de la chaleur et thermodynamique.
- M. Ouffa. et N. Batel.
Simulation d'un distillateur solaire à effet de serre.
- Banda N' Doye.
Modélisation informatique de distillateur solaires à effet de serre.
- G. Guarracino.
Ingenieurie des systèmes solaires.
- J.R. Vaillant.
Utilisation et promesses de l'énergie solaire.