



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 37192 A1** (51) Cl. internationale : **G01N 11/12**
(43) Date de publication : **29.02.2016**

-
- (21) N° Dépôt : **37192**
(22) Date de Dépôt : **10.07.2014**
(71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE MOULAY ISMAIL, MARjane 2, BP:298 Meknès (MA)**
(72) Inventeur(s) : **NAKHELI ABDELARANI**
(74) Mandataire : **errakhi rafik**

(54) Titre : **VISCOSIMETRE**

- (57) Abrégé : Le dispositif que nous proposons est un viscosimètre qui permet les mesures des viscosités élevées de 105 PI à P1 1012 PI par pénétrométrie. Il est constitué d'une cellule de mesures comprenant deux cylindres coaxiaux, l'un fixe qui contient le liquide visqueux à étudier, et l'autre mobile (cylindre pénétrant). La loi horaire d'enfoncement du cylindre pénétrant dans le liquide visqueux à température constante est obtenue en utilisant un chronomètre, un capteur électromagnétique de déplacement micrométrique par l'intermédiaire d'un circuit électronique de conditionnement de signal et d'un voltmètre numérique de précision 0.1 mV. Les variations de h2(t) sont linéaires pour toutes les mesures effectuées sur le D-Glucose et le Saccharose, et permet de remonter au calcul de la viscosité en utilisant les bases théoriques de la pénétrométrie.

Abrégé

Le dispositif que nous proposons est un viscosimètre qui permet les mesures des viscosités élevées de 10^5 Pl à 10^{12} Pl par pénétrométrie. Il est constitué d'une cellule de mesures comprenant deux cylindres coaxiaux, l'un fixe qui contient le liquide visqueux à étudier, et l'autre mobile (cylindre pénétrant). La loi horaire d'enfoncement du cylindre pénétrant dans le liquide visqueux à température constante est obtenue en utilisant un chronomètre, un capteur électromagnétique de déplacement micrométrique par l'intermédiaire d'un circuit électronique de conditionnement de signal et d'un voltmètre numérique de précision 0.1 mV. Les variations de $h^2(t)$ sont linéaires pour toutes les mesures effectuées sur le D-Glucose et le Saccharose, et permet de remonter au calcul de la viscosité en utilisant les bases théoriques de la pénétrométrie.

Viscosimètre

29 FEB 2016

Introduction.

La viscosité des liquides est une grandeur physique d'une grande importance, aussi bien sur le plan théorique que pratique. Les différents viscosimètres, qu'ils soient absolus ou empiriques permettent d'accéder par de nombreux procédés à la viscosité. Leur grand nombre traduit l'importance du phénomène et de ses applications. Les techniques de mesures de viscosité les plus connus sont l'écoulement capillaire dans un intervalle de 10^{-2} à 10^2 Pl, chute de bille de 10^2 à 10^5 Pl, la technique de pénétrométrie 10^5 à 10^{12} Pl, et la technique du viscosimètre à cylindres concentriques (méthode de Couette).

La viscosité est une grandeur qui dépend de la température et de la pression. Nous nous sommes intéressés dans ce travail à la réalisation d'un dispositif expérimental permettant les mesures de viscosité par la méthode de pénétrométrie à pression constante et à température constante.

I- Description du dispositif expérimental.

Le dispositif que nous proposons est un viscosimètre qui permet les mesures de viscosité des liquides Newtonien à température constante et à la pression atmosphérique. Il est constitué d'une cellule de mesure, une enceinte thermostatée permettant le réglage de température à 0.1 °C, un capteur électromagnétique de déplacements micrométriques, et un chronomètre. **Fig1.**

1- Cellule de mesure.

Elle est constituée d'un cylindre de rayon R_2 contenant le liquide à étudier, un bouchon avec orifice qui sert de système de guidage, un cylindre métallique mobile de rayon R_1 (cylindre pénétrant) dont l'extrémité supérieure est reliée à un cylindre isolant. Le cylindre isolant est muni à son extrémité supérieure d'un plateau sur lequel on pose des masses. **Fig.2.**

2- Capteur électromagnétique de déplacements micrométriques.

Le capteur de déplacement que nous proposons est constituée d'un ressort, de deux bobines plates de 30 spires chacune, et de rayon 2 cm, Une bobine plate est fixée sur un support autour d'un orifice (bobine émettrice), elle est alimentée par un signal sinusoïdal provenant d'un GBF. La deuxième bobine plate réceptrice BM est enroulée sur un cylindre isolant de rayon 2cm et de hauteur 5.3 cm, ce dernier est suspendu par un crochet à l'extrémité inférieure d'un ressort dont l'extrémité supérieure est fixée sur un support par l'intermédiaire d'un crochet; l'ensemble ressort, cylindre et orifice sont bien alignés verticalement, de telle manière que le cylindre traverse l'orifice quasiment sans frottement. Les deux bobines réceptrice et émettrice sont reliées au circuit de conditionnement par l'intermédiaire des fils de connexions. Un crochet est fixé sur la partie inférieure du cylindre et sert à suspendre des masses. Les deux bobines sont toujours parallèles, distantes de x l'une de l'autre, x étant la distance variable inter bobines **Fig 3.**

L'alimentation de la bobine fixe émettrice par une tension sinusoïdale de fréquence donnée et une amplitude donnée issue du GBF, produit un courant sinusoïdal dans celle-ci et crée une induction magnétique variable le long de son axe. La bobine mobile réceptrice est le siège d'une force électromotrice induite variable et mesurable $e = -d\Phi/dt$. La valeur maximale de cette f.e.m induite dépend de la distance x séparant les deux bobines, et le flux Φ est proportionnel à l'induction magnétique B , dont la variation, en fonction de x , est donnée par la relation suivante : $B(x) = \mu_0 N I R^2 / 2(R^2 + x^2)^{3/2}$, avec I le courant parcourant les bobines, R leur rayon, N leur nombre de spire, et x la distance séparant les deux bobines. Pour $x = 0$, la formule précédente devient simple, et l'on a : $B(x) = \mu_0 N I / 2R$.

Le ressort joue le rôle d'un convertisseur force déplacement, lorsqu'on accroche une masse au crochet le ressort s'allonge, les deux bobines se rapprochent et le capteur délivre une tension plus élevée. Nous avons effectué un étalonnage du capteur en utilisant des masses de précision 0.1 mg, allant de 0g à 10g par pas de 1g. $M(v)$, ainsi que l'image de cette courbe dans le plan (d,v) où d est la distance inter bobines. Les variations de la tension en fonction des déplacements $d(v)$ ne sont pas linéaires **Fig.4** et **Fig.5**. Le ressort nous permet de procéder à un étalonnage du capteur de déplacement sa raideur est donnée par $K_r = 10\text{N/m}$. La sensibilité du capteur varie en fonction de la distance inter bobines, dans l'intervalle de mesure, elle est estimée à $100\mu\text{m/mv}$ lorsque $d = 1.5\text{ cm}$ et atteint $30\mu\text{m/mv}$ lorsque $d = 1\text{mm}$. Sachant qu'on prélève les tensions délivrées par le capteur par un voltmètre avec une précision de 0.1 mv, alors la précision des déplacements mesurés est comprises entre $10\mu\text{m}$ et $3\mu\text{m}$.

m (g)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
V (mV)	234,0	266,1	307,4	359,5	424,2	512,1	622,5	764,2	941,5

Tab.1 : Etalonnage du capteur de 0g à 10g ($m=f(v)$)

d (cm)	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
V (mV)	234,0	266,1	307,4	359,5	424,2	512,1	622,5	764,2	941,5

Tab.2 : Distance inter bobines en fonction de la tension ($d=f(v)$)

II- Principe des mesures de la viscosité par pénétrométrie.

Nous avons choisi la technique de pénétrométrie pour des raisons de commodité, en général les pénétromètres commercialisés fonctionnent à température ambiante avec différents corps d'épreuves, cônes, sphères, cylindres, et c'est le temps de chute du corps à travers une épaisseur connue du liquide qui est mesurée.

Dans le cas d'une aiguille cylindrique, nous avons procédé à des mesures de viscosité dynamique en suivant la loi horaire d'enfoncement du cylindre pénétrant de rayon R_1 dans le liquide visqueux contenu dans le cylindre de rayon R_2 , en fonction du temps. Les bases théoriques de la pénétrométrie nous permettent de déduire la viscosité dynamique par la relation suivante :

$$\eta = \frac{F}{KhV}$$

Où F est la force exercée sur l'aiguille, V la vitesse de son enfoncement dans le liquide, et K un facteur géométrique qui ne dépend que des rayons R_1 et R_2 des cylindres fixe et mobile. En posant $x = R_2/R_1$, Son expression est donnée par la relation :

$$K = \frac{2\pi(x^2 + 1)}{(1 + x^2)\text{Ln}x + 1 - x^2}$$

A température constante, les variations de $h^2(t)$ sont linéaires, sachant que $v = dh/dt$. En posant $C = 2F/K$ et $b = dh^2/dt$, on obtient $\eta = C/b$. Et la détermination de la viscosité dynamique revient à déterminer b la pente de $h^2(t)$. D'un point de vue pratique, nous avons réalisé un capteur électromagnétique de déplacement pour suivre les variations de h et h^2 en fonction du temps. Un étalonnage du capteur de déplacement est effectué systématiquement au début et à la fin de chaque mesure ou une série de mesures.

III- Mesures de la viscosité et résultats expérimentaux.

1- Cas du Saccharose à T = 318 K

Nous avons préparé le liquide à étudier dans un four électrique à température programmable, en mettant le saccharose sous sa forme cristalline dans un becher en pyrex, et après un certain temps, on obtient le saccharose à l'état fondu (liquide), ensuite on le met dans le tube cylindrique de rayon R_2 de la cellule de mesures, cette opération a toujours été faite dans un temps relativement court, car plus le liquide se refroidit et plus sa viscosité augmente, et résiste à l'écoulement.

On met notre cellule de mesure (pénétrromètre) dans une enceinte thermostatée à température régulée, et on laisse le liquide prendre la température du bain pendant au moins une heure, la température est stabilisée à 318 K avec une précision de $\Delta T = 0.1$ K. Après l'étalonnage du capteur électromagnétique de déplacement, on retire le ressort et on relie notre capteur constitué d'une cellule magnétique au pénétrromètre par l'intermédiaire du cylindre isolant. **Fig.2.** Selon la valeur de la viscosité à mesurer ou son ordre de grandeur, on utilise des masses marquées de précision, qu'on met sur le plateau prévu pour ça, afin d'obtenir des temps de mesures accessibles et raisonnables. A l'aide d'un chronomètre, nous avons suivi les variations de l'enfoncement du cylindre pénétrant dans le liquide visqueux en fonction du temps. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant **Tab.3.** ainsi que les représentations graphiques de $h(t)$ et $h^2(t)$.

Tableau des mesures

t(min)	V (mV)	h_0 (cm)	h (m)	h^2 (m ²)
0	273,5	1,07015	0,00021	4,35E-08
10	273,8	1,06944	0,00022	4,66E-08
25	274,2	1,06848	0,00023	5,08E-08
40	274,6	1,06753	0,00023	5,52E-08
55	275	1,06657	0,00024	5,98E-08
70	275,4	1,06562	0,00025	6,45E-08
85	275,7	1,06491	0,00026	6,82E-08
100	276	1,06420	0,00027	7,19E-08
115	276,3	1,06349	0,00028	7,58E-08
130	276,6	1,06278	0,00028	7,98E-08

Tab.3 : Tableau de mesures de $h(t)$ et $h^2(t)$ à T=318 K

$x=R_2/R_1$	K	C	b	η (pl)
13,57	3,87974322	1,75264795	4,66117E-12	3,76E+11

Tab.4 : Calcul de la viscosité du saccharose à T=318K

2- Cas du D-Glucose (Dextrose) à T= 295,5 K

Nous avons adopté la même procédure utilisée pour le saccharose pour effectuer les mesures de viscosité sur le D-Glucose.

Tableau des mesures

t(min)	V (mV)	h ₀ (cm)	h (m)	h ² (m ²)
0	350	1,07E+00	7,37E-03	5,43E-05
2	367	1,04E+00	7,66E-03	5,86E-05
4	383,7	1,02E+00	7,92E-03	6,27E-05
6	409	9,81E-01	8,29E-03	6,87E-05
8	429	9,54E-01	8,56E-03	7,32E-05
10	448,9	9,30E-01	8,80E-03	7,75E-05
12	469,6	9,06E-01	9,04E-03	8,17E-05
14	490,7	8,83E-01	9,26E-03	8,58E-05
16	514	8,60E-01	9,49E-03	9,01E-05
18	538	8,38E-01	9,71E-03	9,44E-05
20	562	8,18E-01	9,92E-03	9,84E-05
22	587,4	7,97E-01	1,01E-02	1,03E-04
24	614,7	7,76E-01	1,03E-02	1,07E-04
26	643	7,55E-01	1,05E-02	1,11E-04
28	671,3	7,35E-01	1,07E-02	1,15E-04
30	702,5	7,14E-01	1,10E-02	1,20E-04
32	734,2	6,92E-01	1,12E-02	1,25E-04
34	765,5	6,72E-01	1,14E-02	1,30E-04
36	798	6,50E-01	1,16E-02	1,34E-04
38	830,6	6,29E-01	1,18E-02	1,39E-04
40	862,4	6,09E-01	1,20E-02	1,44E-04
42	893,7	5,89E-01	1,22E-02	1,49E-04
44	924,3	5,71E-01	1,24E-02	1,53E-04
46	951,2	5,56E-01	1,25E-02	1,57E-04
48	978,9	5,41E-01	1,27E-02	1,61E-04
50	1008,7	5,26E-01	1,28E-02	1,65E-04

Tab.5 : Tableau de mesures de h(t) et h²(t) du D-Glucose à T=295,5 K

x=R ₂ /R ₁	K	C	b	η (pI)
13,57	3,87974322	0,07620953	3,70528E-08	2,06E+06

Tab.6 : Calcul de la viscosité du D-Glucose à T=295,5K

IV- Variations de la viscosité du Saccharose en fonction de la température.

L'enceinte thermostatée que nous avons utilisé fonctionne entre 20°C et 90 °C, et nous avons essayé d'explorer les variations de la viscosité en fonction de la température pour les deux sucres que nous avons à notre disposition, pour le D- Glucose, on n'a pas pu réaliser les mesures à haute température car sa viscosité chute beaucoup, et l'écoulement devient trop rapide, la technique de pénétrométrie n'est plus adaptée dans ce cas, et les mesures sont envisageable avec une autre technique qui est la chute de bille. Par contre les mesures ont été possibles pour le Saccharose entre 45 °C et 60°C, en allant par un pas de $\Delta\theta = 2.5$ °C en adoptant toujours la même procédure, toutes les mesures ont été effectuées dans les mêmes conditions. Les résultats obtenus à chaque température sont donnés sous forme de tableaux et la représentation de $h^2(t)$ correspondante qui permet de donner la pente b , qu'on utilise pour calculer la viscosité. Les variations de $h^2(t)$ sont toujours linéaires.

T = 320,5 K

t (min)	V (mV)	h_0 (cm)	h (m)	h^2 (m ²)
0	279,5	1,05596	5,41E-04	2,92E-07
10	280,3	1,05409	5,59E-04	3,13E-07
20	281,1	1,05223	5,78E-04	3,34E-07
30	281,8	1,05060	5,94E-04	3,53E-07
40	282,5	1,04898	6,10E-04	3,73E-07
50	283,3	1,04713	6,29E-04	3,95E-07
60	283,9	1,04575	6,43E-04	4,13E-07
70	284,7	1,04392	6,61E-04	4,37E-07
80	285,5	1,04209	6,79E-04	4,61E-07
90	286,3	1,04026	6,98E-04	4,87E-07

Tab.7 : tableau de mesure de $h(t)$ et $h^2(t)$ du saccharose à T=320,5K

$x=R_1/R_2$	K	C	b	η (pI)
13,57	3,87974322	1,21364407	3,54259E-11	3,43E+10

Tab.8 : Calcul de la viscosité du saccharose à T=320,5K

T = 323K

t (min)	V (mV)	h ₀ (cm)	h (m)	h ² (m ²)
0	300,3	1,00923	1,41E-03	1,98E-06
5	301,5	1,00664	1,43E-03	2,06E-06
10	303	1,00343	1,47E-03	2,15E-06
15	304,1	1,00109	1,49E-03	2,22E-06
20	305,4	0,99834	1,52E-03	2,30E-06
25	306,8	0,99538	1,55E-03	2,39E-06
30	308	0,99287	1,57E-03	2,47E-06
35	309,3	0,99015	1,60E-03	2,56E-06
80	310,8	0,98704	1,63E-03	2,66E-06
90	312	0,98456	1,65E-03	2,74E-06

Tab.9 : Tableau de mesures de h(t) et h²(t) du saccharose à T=323K

x=R ₁ /R ₂	K	C	b	η (pl)
13,57	3,87974322	1,21364407	2,80E-10	4,33E+09

Tab.10 : Calcule de la viscosité du saccharose à T=323K**T= 325,5K**

t (min)	V (mV)	h ₀ (cm)	h (m)	h ² (m ²)
0	357,2	0,89920	3,42E-03	1,17E-05
5	361,6	0,89167	3,49E-03	1,22E-05
10	365,8	0,88460	3,56E-03	1,27E-05
15	370,4	0,87699	3,64E-03	1,33E-05
20	375,3	0,86903	3,72E-03	1,38E-05
25	379,8	0,86185	3,79E-03	1,44E-05
30	384,4	0,85465	3,86E-03	1,49E-05
35	388,8	0,84787	3,93E-03	1,55E-05
40	394	0,84001	4,01E-03	1,61E-05
45	398,7	0,83304	4,08E-03	1,66E-05

Tab.11 : Tableau de mesure de h(t) et h²(t) du saccharose à T=325,5K

x=R ₁ /R ₂	K	C	b	η (pl)
13,57	3,87974322	1,21364407	1,84E-09	6,60E+08

Tab.12 : Calcule de la viscosité du saccharose à T=325,5K

T= 328 K

t (min)	V (mV)	h ₀ (cm)	h (m)	h ² (m ²)
0	632,1	0,59734	8,94E-03	7,99E-05
5	653,1	0,58254	9,08E-03	8,25E-05
10	676,9	0,56635	9,25E-03	8,55E-05
15	701	0,55047	9,41E-03	8,85E-05
20	726,4	0,53414	9,57E-03	9,16E-05
25	753,5	0,51708	9,74E-03	9,49E-05
30	779	0,50127	9,90E-03	9,80E-05
35	809,4	0,48263	1,01E-02	1,02E-04
40	837,2	0,46574	1,03E-02	1,05E-04
45	866,1	0,44834	1,04E-02	1,09E-04

Tab.13 : Tableau de mesures de h(t) et h²(t) du saccharose à T=328 K

x=R ₁ /R ₂	K	C	b	η (pl)
13,57	3,87974322	1,21364407	1,07E-08	1,13E+08

Tab.14 : Calcul de la viscosité du saccharose à T=328K**T= 330,5 K**

t (min)	V (mV)	h ₀ (cm)	h cm	h ² (m ²)
0	910,8	0,42180	1,10E-02	1,21E-04
5	918,3	0,41741	1,10E-02	1,22E-04
10	927,5	0,41206	1,11E-02	1,23E-04
15	937	0,40657	1,11E-02	1,24E-04
20	946	0,40141	1,12E-02	1,25E-04
25	954,5	0,39658	1,12E-02	1,26E-04
30	964,5	0,39096	1,13E-02	1,28E-04
35	974,3	0,38552	1,14E-02	1,29E-04
40	984,6	0,37988	1,14E-02	1,30E-04
45	995,3	0,37412	1,15E-02	1,32E-04

Tab.15 : tableau de mesure de h(t) et h²(t) du saccharose à T=330,5 K

x=R ₁ /R ₂	K	C	b	η (pl)
13,57	3,87974322	0,20223693	3,97E-09	5,09E+07

Tab.16 : Calcul de la viscosité du saccharose à T=330,5K

T= 333 K :

t (min)	V (mV)	h ₀ (cm)	h (m)	h ² (m ²)
10	495,3	0,713938	0,00542	0,00003
15	536,2	0,673256	0,00583	0,00003
20	579,9	0,635119	0,00621	0,00004
25	626,1	0,599235	0,00657	0,00004
30	678,4	0,562373	0,00694	0,00005
35	730,5	0,528097	0,00728	0,00005
40	783,1	0,494817	0,00761	0,00006
45	840,9	0,458992	0,00797	0,00006
50	897,4	0,424525	0,00832	0,00007
55	950,7	0,392899	0,00863	0,00007
60	1004	0,363039	0,00893	0,00008
65	1055,3	0,337271	0,00919	0,00008

Tab.17 : Tableau de mesure de h(t) et h²(t) du saccharose à T=333 K

x=R ₂ /R ₁	K	C	b	η (pl)
13,57	3,87974322	0,20223693	1,69E-08	1,22E+07

Tab.18 : Calcul de la viscosité du saccharose à T=333K

Récapitulatif des résultats

Nous avons regroupé les résultats obtenus à chaque température et on les a représentés sur un graphique, en prenant $\log \eta$ en fonction de T. Les variations ne sont pas linéaires et peuvent être ajustés en utilisant la relation FVTH ou de CG ou ajustement polynomial de $\log \eta$ en fonction de 1/T. **fig.16.**

θ °C	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
T (K)	318	320,5	323	325,5	328	330,5	333
b	4,66E-12	3,54E-11	2,80E-10	1,84E-09	1,07E-08	3,97E-09	1,69E-08
η (pl)	3,76E+11	3,43E+10	4,33E+09	6,60E+08	1,13E+08	5,09E+07	1,22E+07
Log η	11,5752	10,5353	9,6365	8,8195	8,0531	7,7067	7,0864

Tab.19 : Tableau récapitulatif des mesures de la viscosité du saccharose à différentes températures

Conclusion

Nous avons réalisé un dispositif expérimental pour les mesures de viscosité élevées, 10^5 Pl à 10^{12} Pl, en utilisant la technique de pénétrométrie. Le viscosimètre réalisé est constitué d'une cellule de mesures, un capteur électromagnétique de déplacements micrométriques, une enceinte thermostatée qui permet la régulation de température avec une précision de $\Delta\theta = 0.1$ °C et un chronomètre. La cellule de mesure est constituée de deux cylindres coaxiaux, l'un fixe de rayon R_2 qui contient le liquide visqueux à étudier, et l'autre de rayon R_1 qui sert de cylindre pénétrant, ce dernier est relié à un cylindre isolant qui possède un plateau pour poser des masses et qui permet aussi la liaison au capteur électromagnétique de déplacement. Nos mesures sur le D-Glucose et le saccharose ont montré que les lois de la pénétrométrie sont bien vérifiées, les variations de $h^2(t)$ qui représente la loi horaire d'enfoncement du cylindre pénétrant dans le liquide visqueux est parfaitement linéaire, tandis que les variations de $h(t)$ ont un comportement parabolique. Les mesures ont été effectuées à des températures constantes. La précision du capteur électromagnétique de déplacement $3\mu\text{m} < \Delta x < 10\mu\text{m}$. Il est constitué de deux bobines plates, l'une est fixe, et alimentée par un GBF, c'est la bobine émettrice, et la deuxième bobine mobile réceptrice, aux bornes de laquelle on prélève une tension vers le circuit de conditionnement, la tension de sortie délivrée par le circuit de conditionnement est prélevée par un voltmètre de précision 0.1 mV. L'étalonnage du capteur électromagnétique de déplacements est effectué par l'intermédiaire d'un ressort étalonné de raideur $K = 10\text{N/m}$, et des masses de laboratoire de grande précision.

Avec le viscosimètre proposé, nous avons effectuées des mesures de pénétrométrie sur 6 décades, de 10^6 Pl à environ 10^{12} Pl.

Les mesures de viscosités effectuées sur le Saccharose de 45°C à 60 °C par pas de $\Delta\theta = 2.5$ °C ont montré que les variations $\log\eta$ en fonction de T ne sont pas linéaires, ces mesures peuvent être complétés par des mesures de chute de bille et d'écoulement capillaire pour procéder à des ajustements suivant les relations d'Arrhenius, VFTH, CG ou une relation polynomiale en $1/T$. Certaines de ces relations ont un fondement théorique.

Revendications

- 1- Dispositif formant un pénétromètre, permettant les mesures des viscosités élevées des liquides, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une cellule de mesure, d'un capteur électromagnétique de déplacement, d'une enceinte thermostatée, et d'un chronomètre.
- 2- Selon la revendication 1, le capteur électromagnétique de déplacement est un dispositif caractérisé en ce qu'il est constitué de deux bobines plates parallèles, dont l'une est mobile (réceptrice) et l'autre est fixe (émettrice), le signal électrique prélevée aux bornes de la bobine réceptrice est acheminée vers un circuit électronique, ce dernier permet l'affichage de la tension par l'intermédiaire d'un voltmètre numérique.
- 3- Selon la revendication 2, La bobine fixe émettrice est caractérisée en ce qu'elle est alimentée par une tension alternative provenant d'un GBF, et la bobine mobile est le siège d'une force électromotrice par induction magnétique.
- 4- Selon la revendication 3, la tension prélevée aux bornes de la bobine mobile est caractérisée en ce qu'elle varie en fonction de la distance inter bobine.
- 5- Selon les revendications 1 et 4, l'étalonnage du capteur peut être effectué par un ressort étalonné de constante de raideur K connue.
- 6- Selon la revendication 1, la cellule de mesures est un dispositif, caractérisée en ce qu'elle est constituée de deux cylindre coaxiaux, l'un fixe contenant le liquide à étudier, placé dans une enceinte thermostatée, et l'autre mobile (cylindre pénétrant) relié à un cylindre isolant permettant la liaison avec le capteur de déplacement.

Liste des figures

Fig1 : Dispositif expérimental de mesure de viscosité

Fig2 : Cellule de mesure (pénétrromètre)

Fig3 : Capteur électromagnétique de déplacement

Fig4 : Réponse du capteur de 0g à 10 g : $V = f(m)$

Fig5 : Distance inter bobines en fonction de la tension : $d = f(v)$

Fig.6 : Variations de h en fonction du temps : $h = f(t)$ à $T = 318K$

Fig.7 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 318K$

Fig.8 : Variations de h en fonction du temps : $h = f(t)$ à $T = 295.5K$

Fig.9 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 295.5K$

Fig.10 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 320,5K$

Fig.11 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 323 K$

Fig.12 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 325.5K$

Fig.13 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 328 K$

Fig.14 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 330.5 K$

Fig.15 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 333K$

Fig.16 : Viscosité du saccharose en fonction de la température

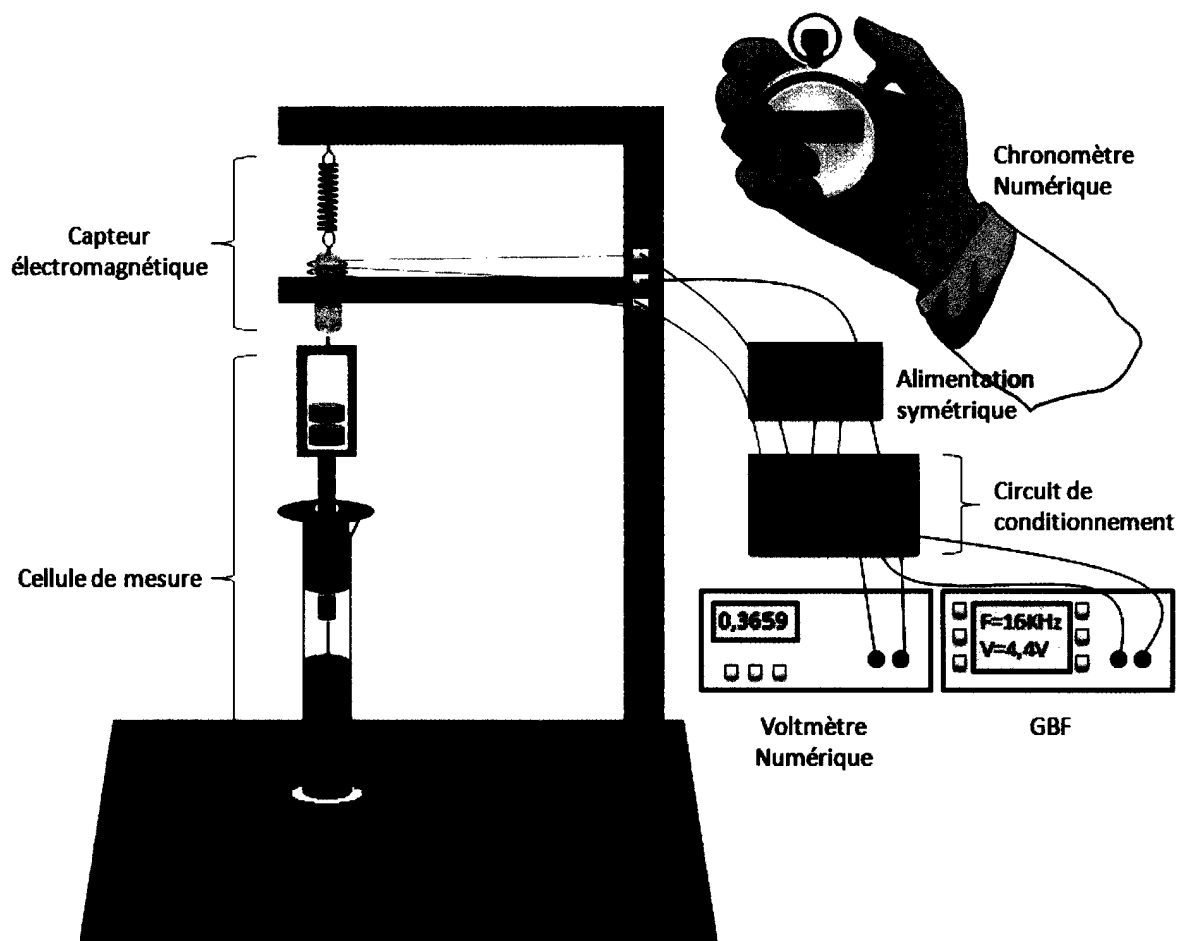


Fig1 : Dispositif expérimental de mesure de viscosité

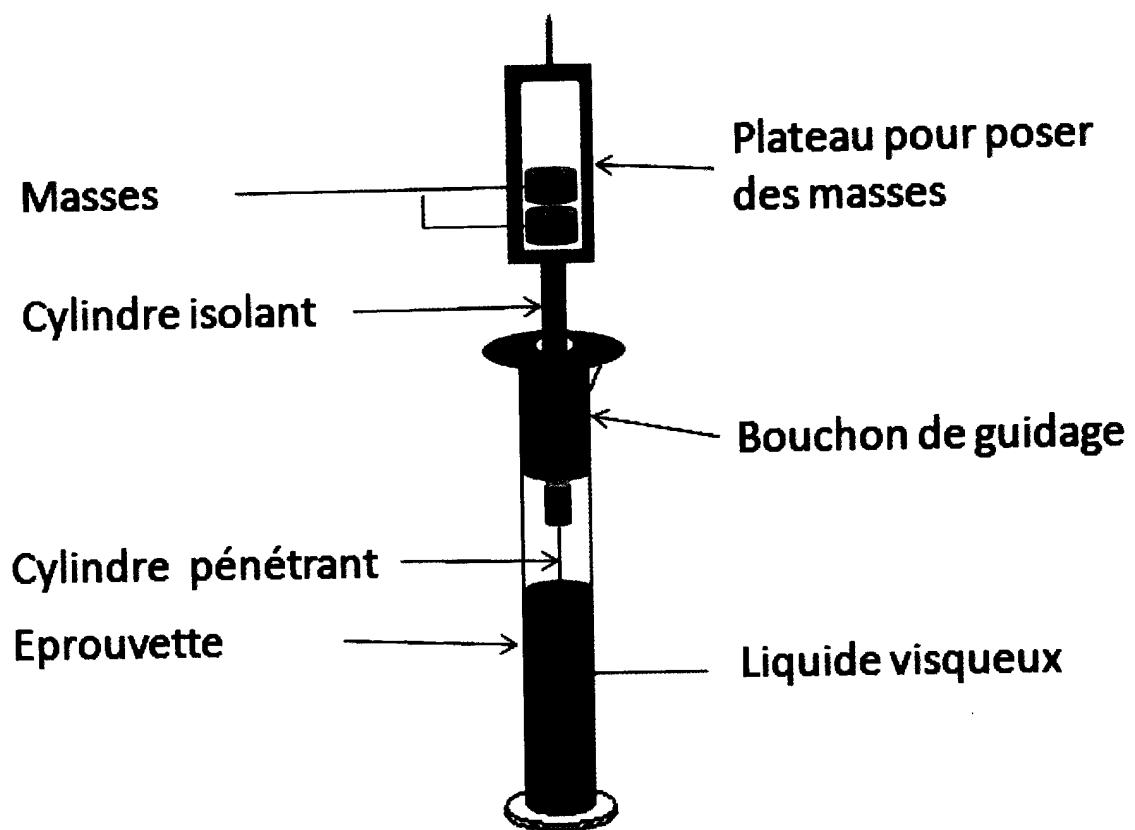


Fig2 : Cellule de mesure (pénétrromètre)

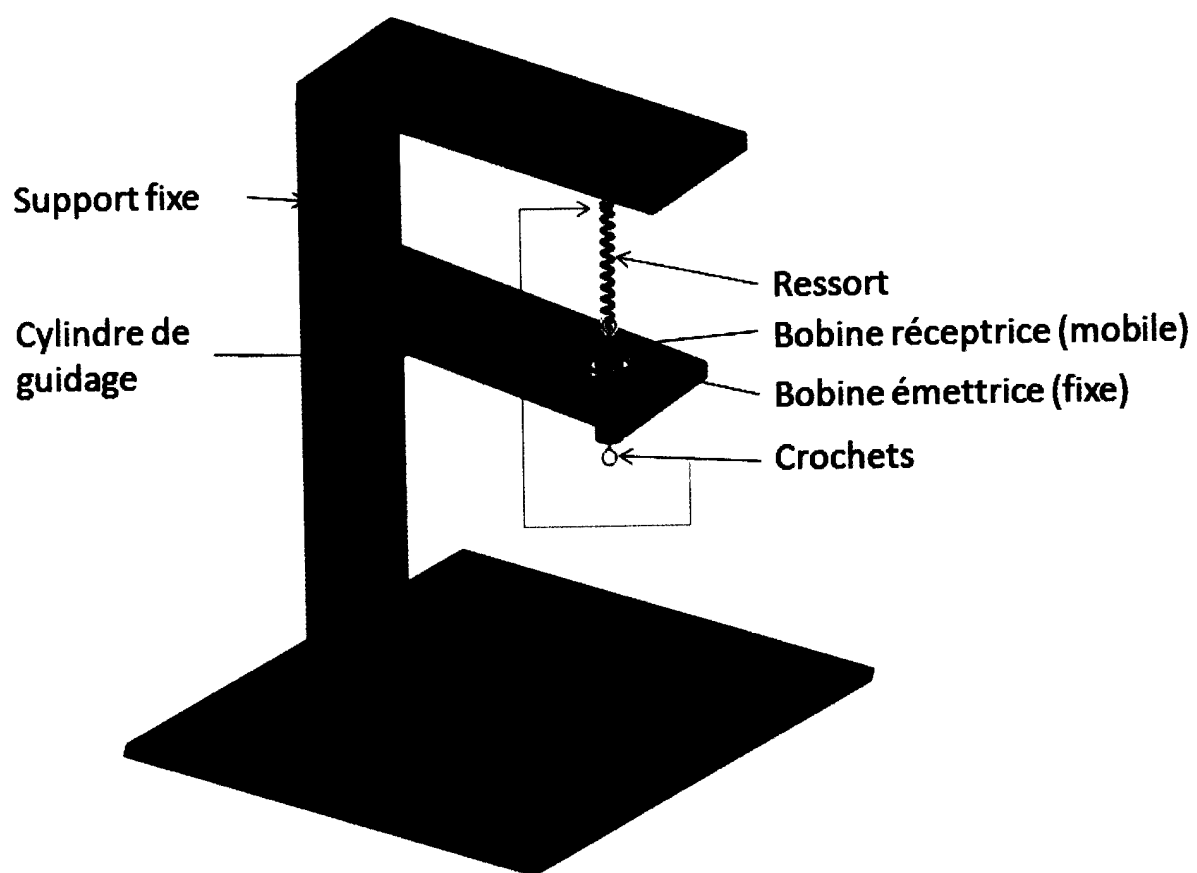


Fig3 : Capteur électromagnétique de déplacement

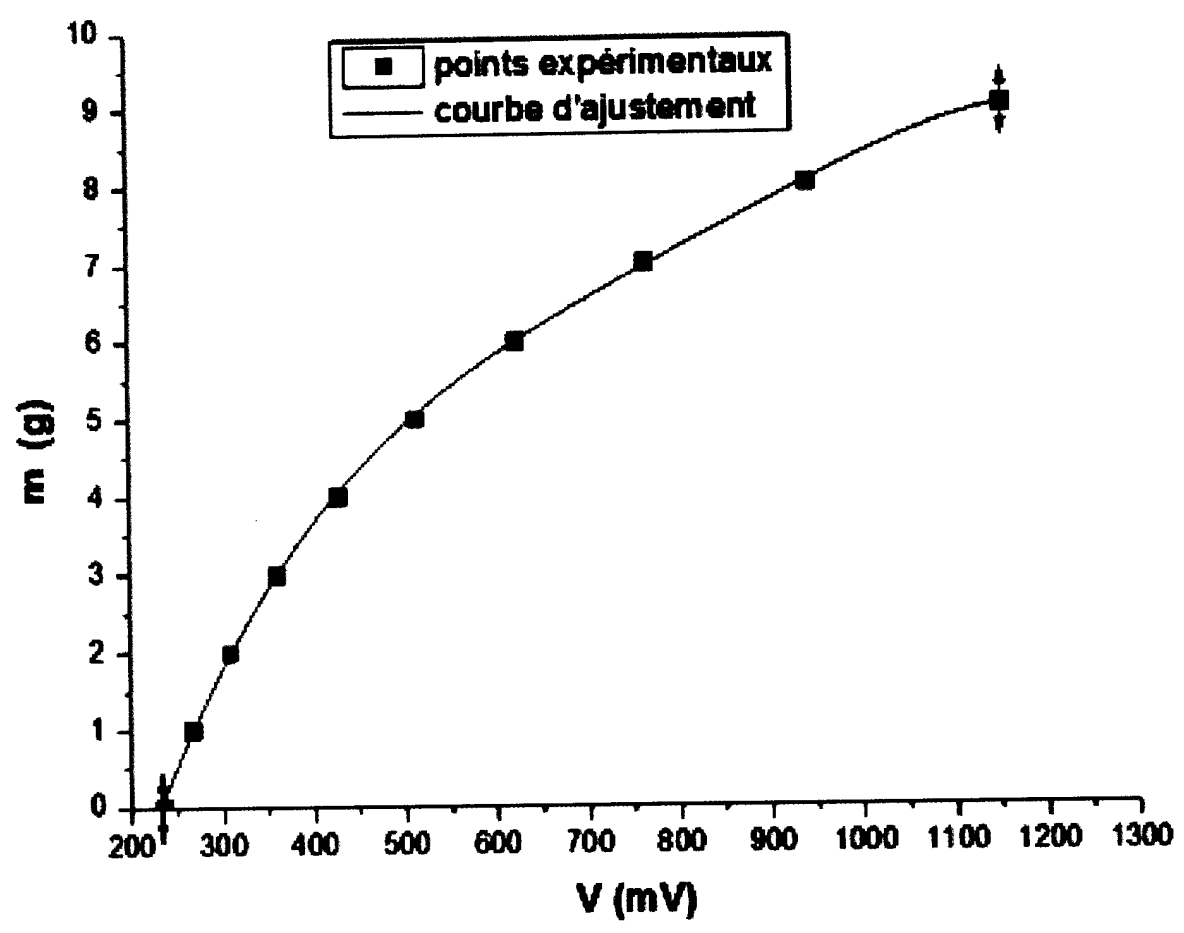


Fig4 : Réponse du capteur de 0g à 10 g : $V = f(m)$

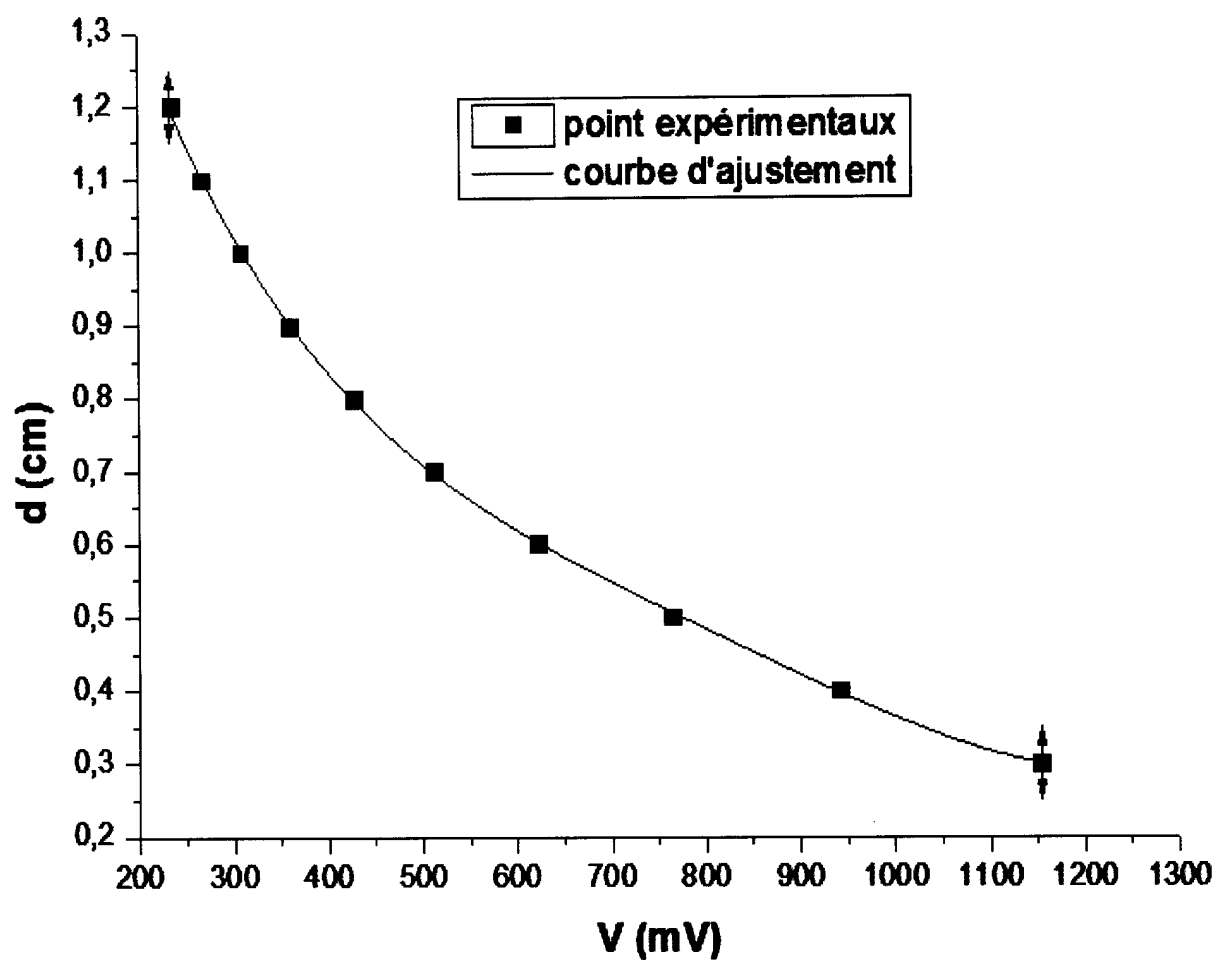


Fig5 : Distance inter bobines en fonction de la tension : $d = f(v)$

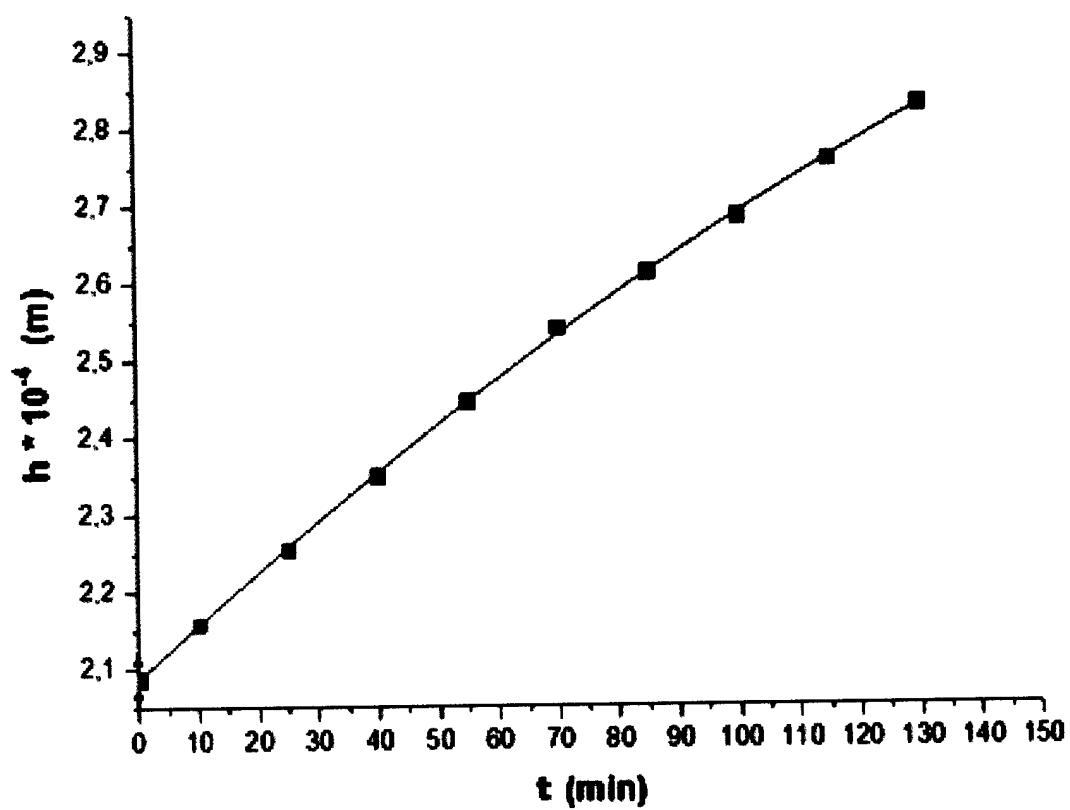


Fig.6 : Variations de h en fonction du temps : $h = f(t)$ à $T = 318$ K

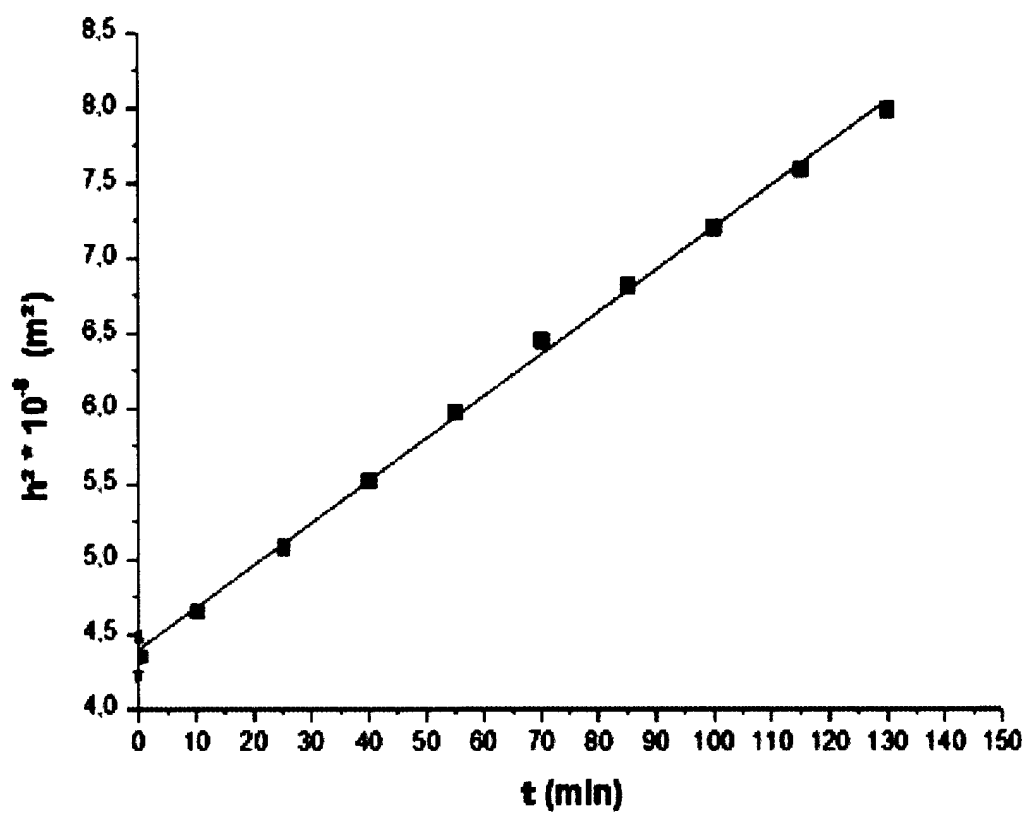


Fig.7 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 318\text{K}$

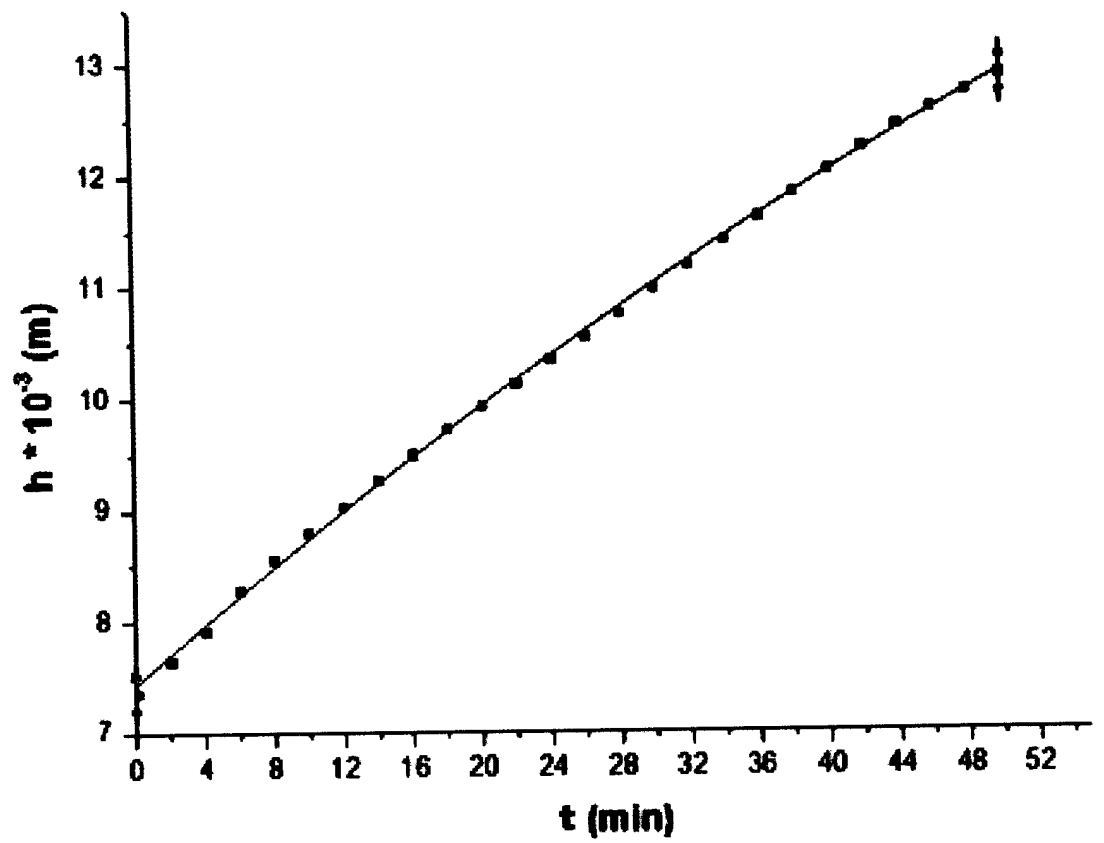


Fig.8 : Variations de h en fonction du temps ($h = f(t)$) à $T = 295.5K$

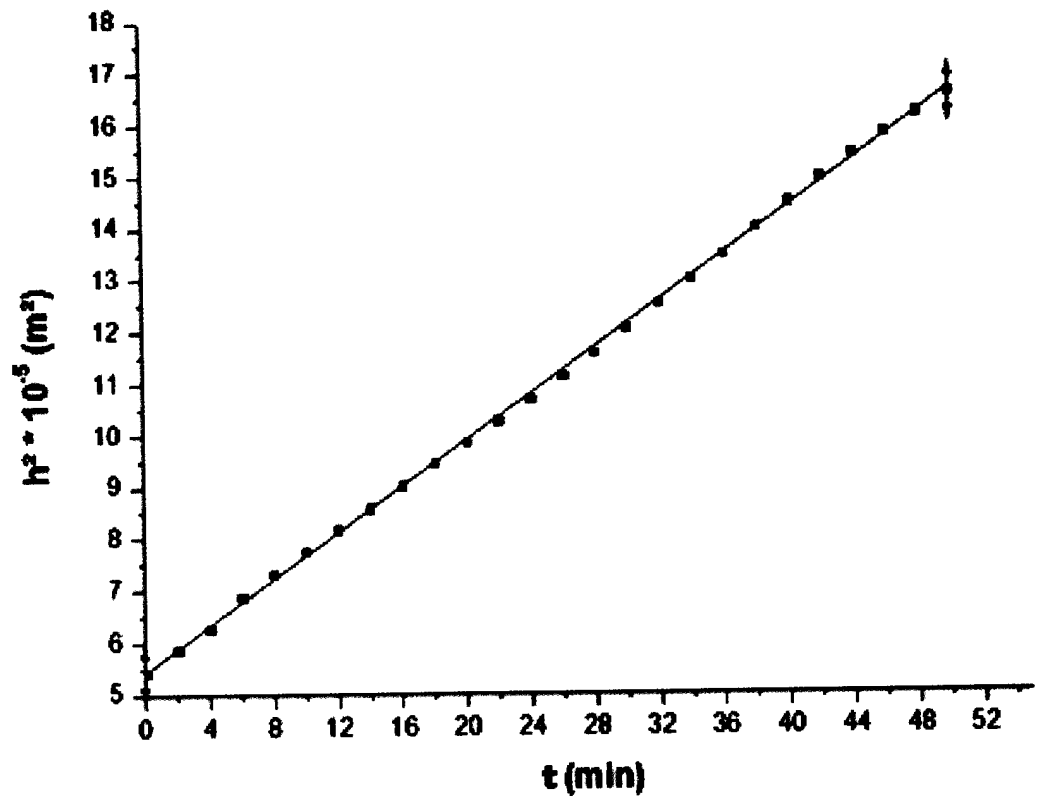


Fig.9 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps ($h^2 = f(t)$) à $T = 295.5K$

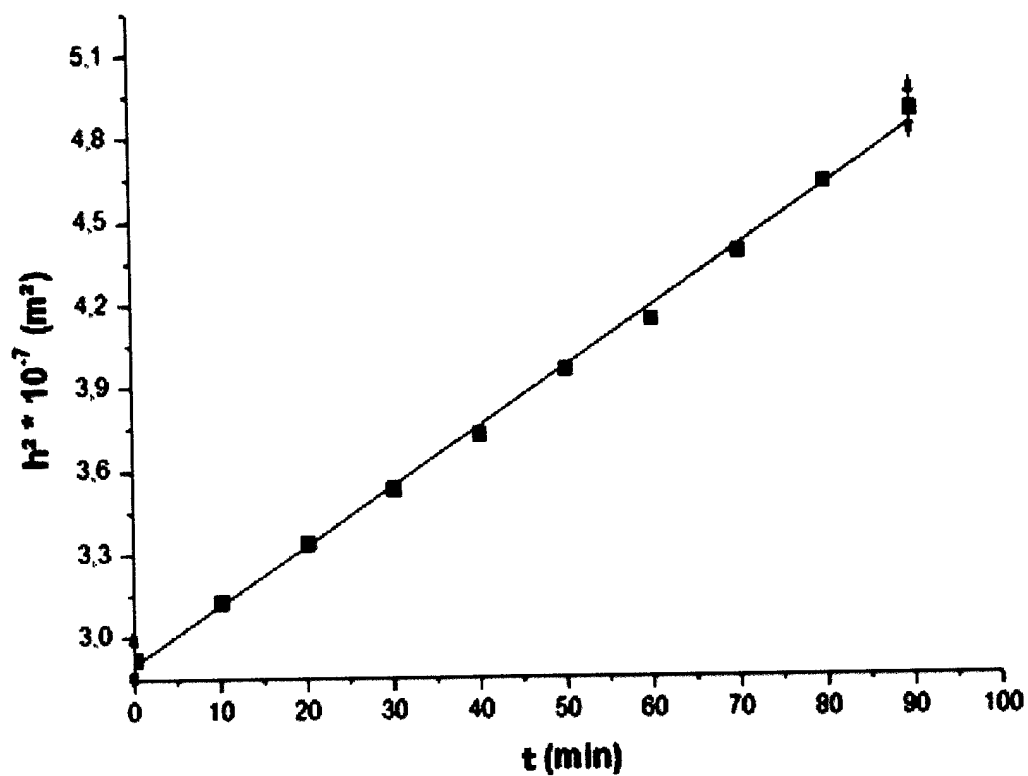


Fig.10 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$

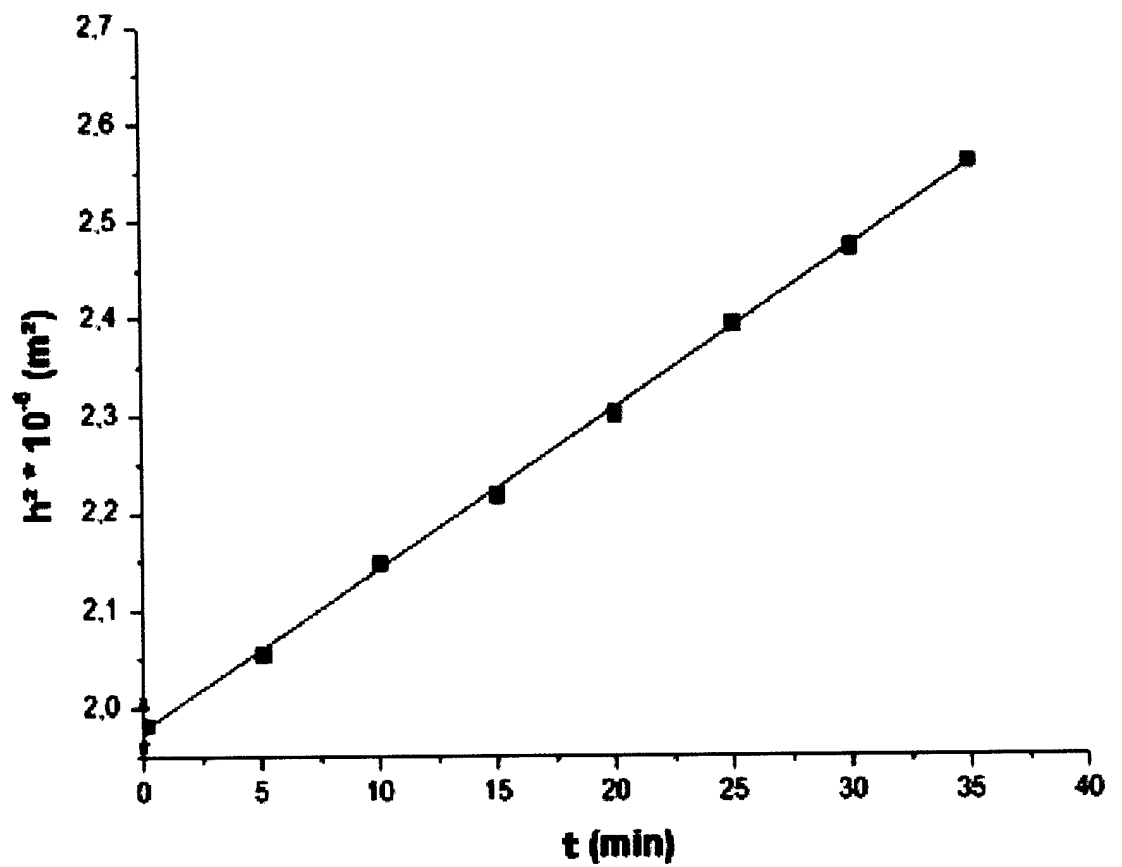


Fig.11 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 323 \text{ K}$

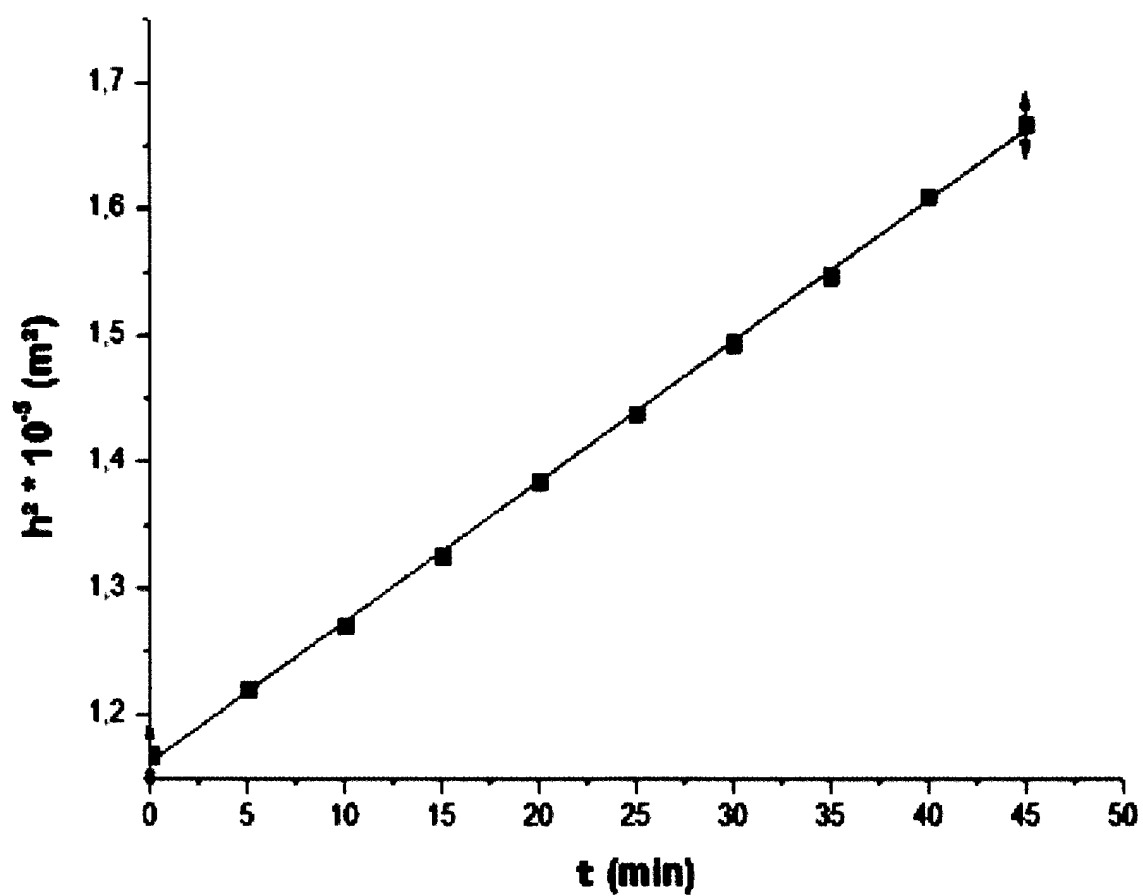


Fig.12 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 325.5K$

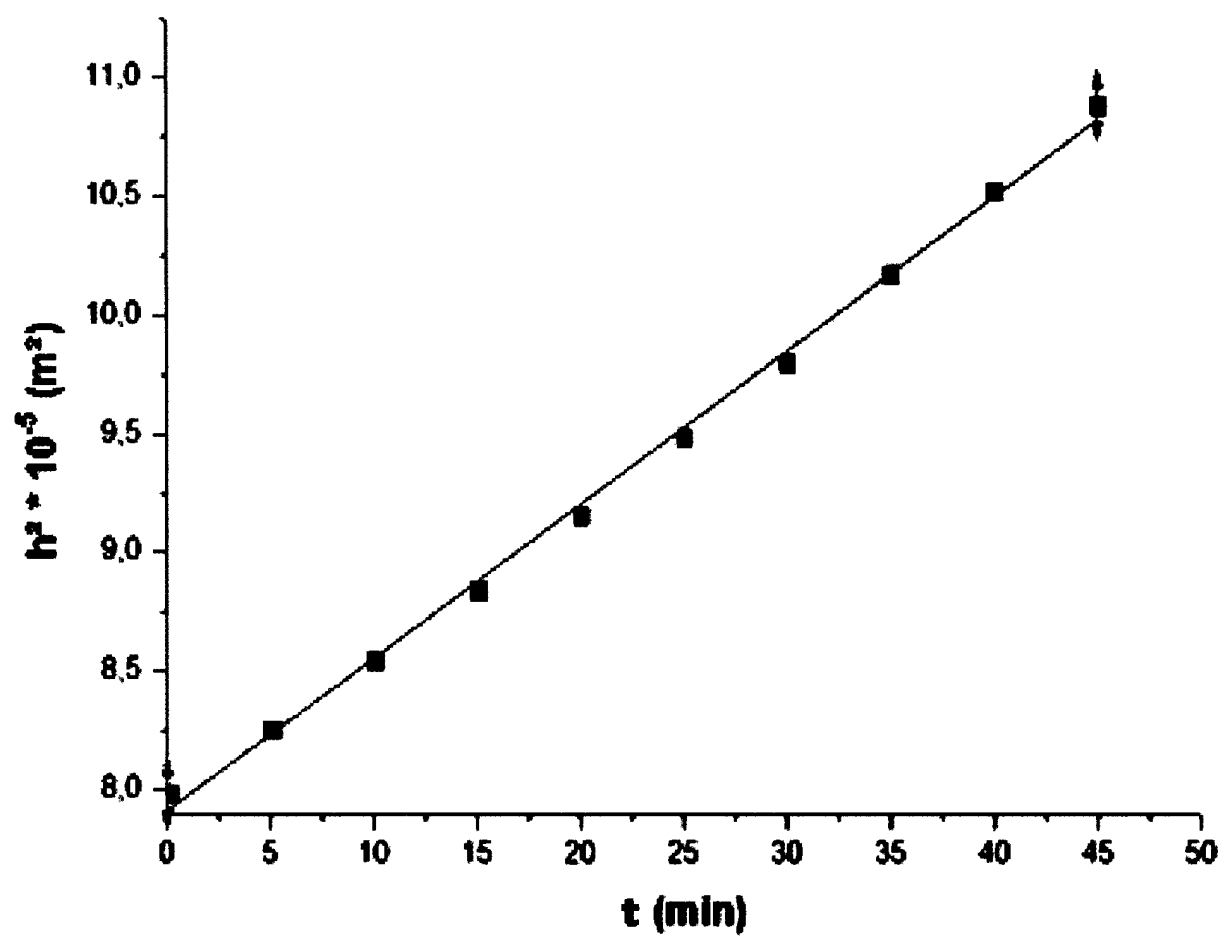


Fig.13 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 328 \text{ K}$

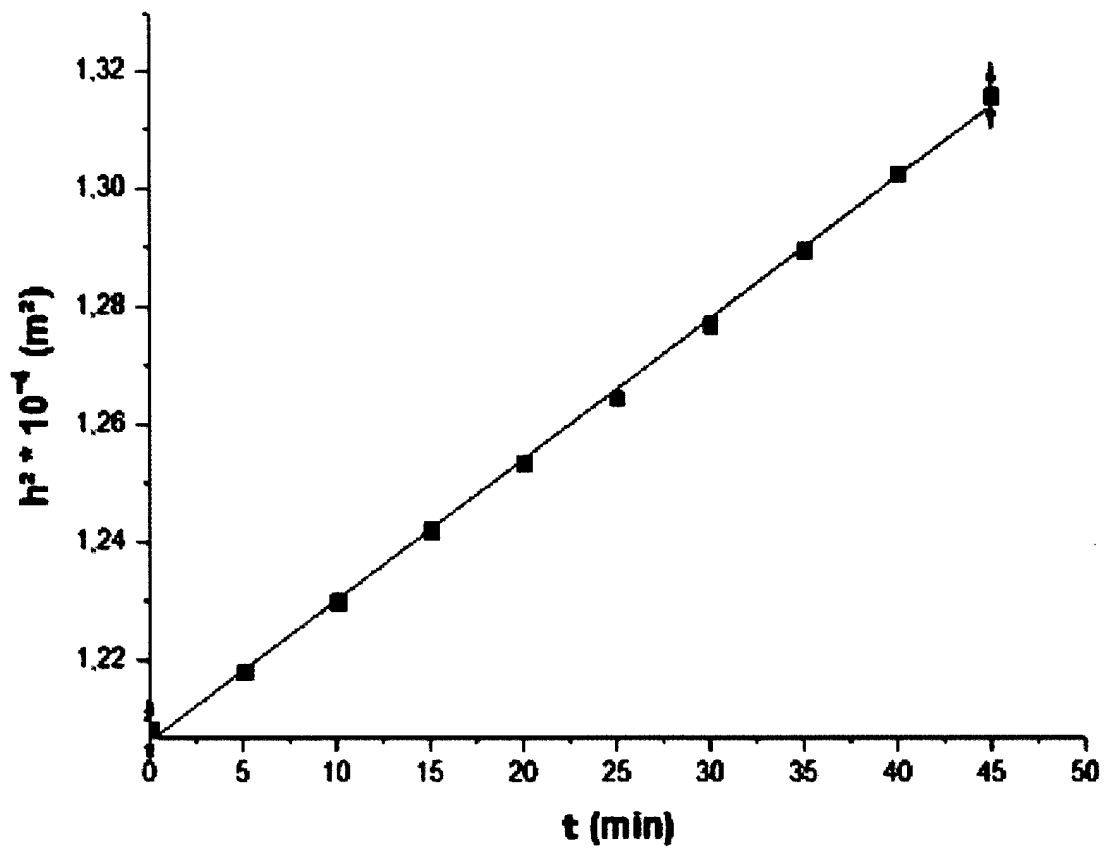


Fig.14 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 330.5$ K

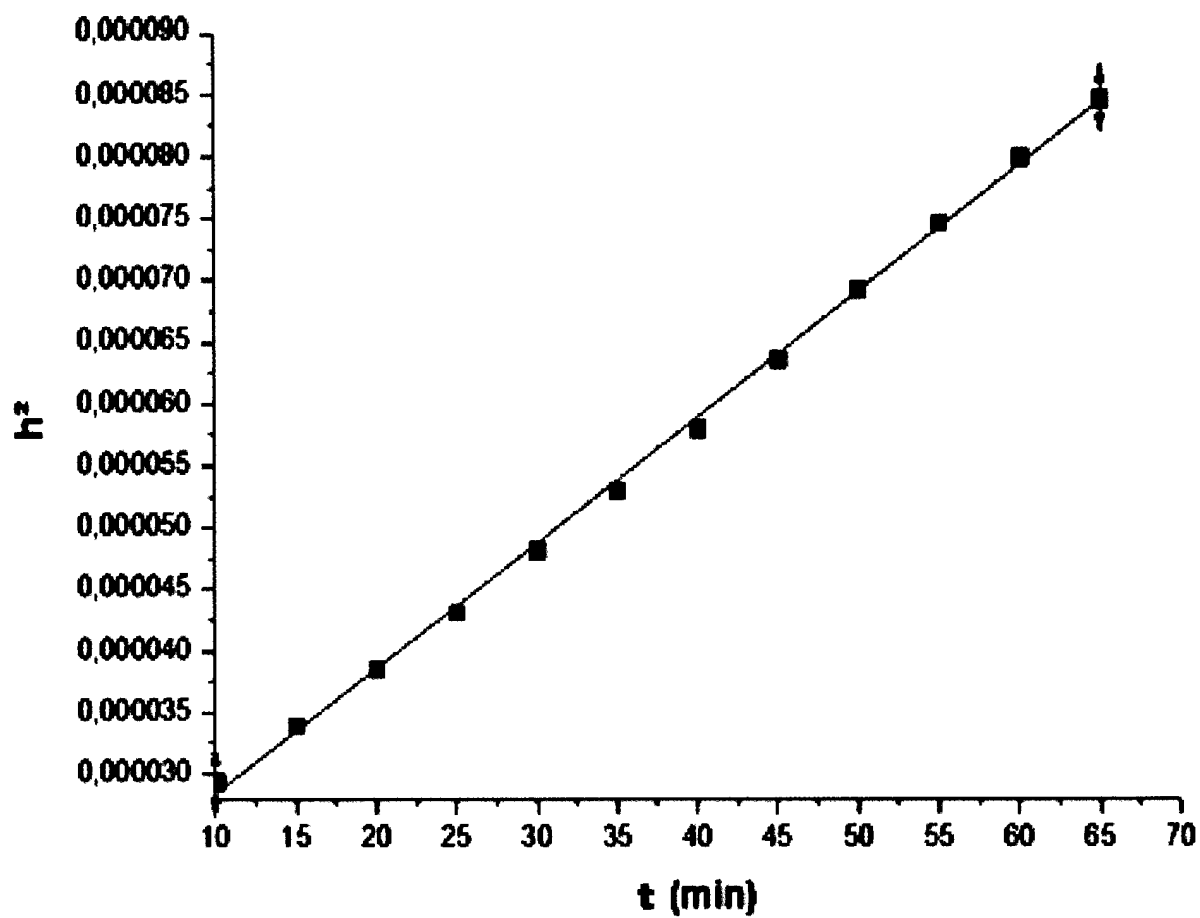


Fig.15 : Variations linéaires de h^2 en fonction du temps : $h^2 = f(t)$ à $T = 333\text{K}$

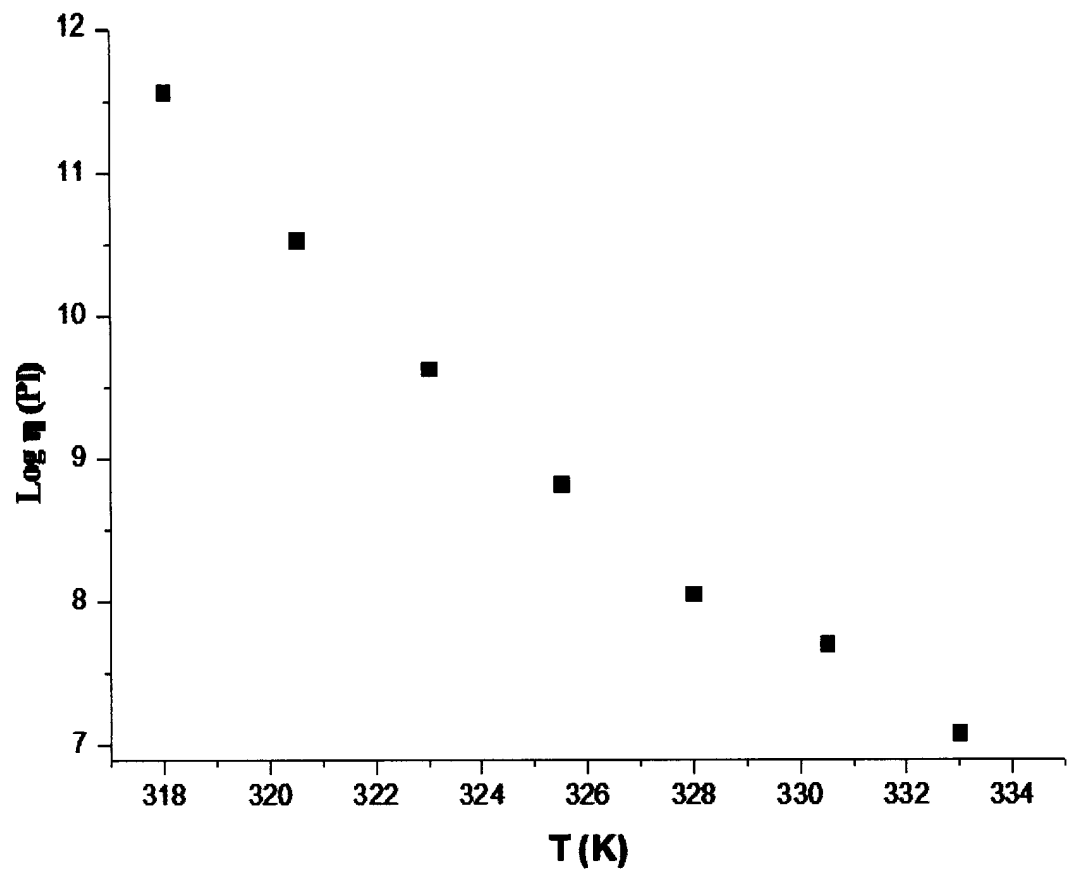
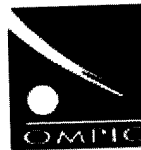


Fig.16 : Viscosité du saccharose en fonction de la température

ROYAUME DU MAROC

 OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIÉTÉ
 INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية
 المكتب المغربي
 للملكية الصناعية والتجارية

**RAPPORT DE RECHERCHE
 AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
 (Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
 protection de la propriété industrielle)

Renseignements relatifs à la demande

N° de la demande : 37192

Date de dépôt : 10/07/2014

Déposant : UNIVERSITE MOULAY ISMAIL

Intitulé de l'invention : VISCOSIMETRE

Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les documents cités par l'examineur dans la partie rapport de recherche sont joints au présent document

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales

- Cadre 1 : Base du présent rapport
 Cadre 2 : Priorité
 Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

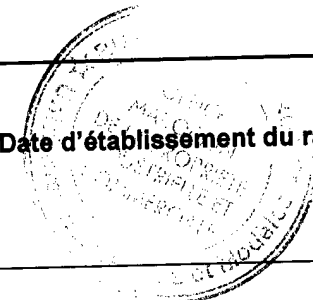
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

- Cadre 4 : Remarques de clarté
 Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle
 Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée
 Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention

Examineur: BRINI Abdelaziz

Date d'établissement du rapport : 27/07/2015

Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00



Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
1-10 Pages
- Revendications
6
- Planches de dessin
14-29 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : G01N11/12

CPC : G01N11/12

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

EPOQUE, Orbit

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X Y	A. Bondeau, J. Huck Mesure par pénétrométrie de viscosités élevées (10^4 - 10^{11} PI) à basse température (77-300 K) Revue Physique. Appliquée 18 (1983) pp307-312	1,6 2-5
Y	MA33790B1 ; Université Moulay Ismail; 03-12-2012 Abrégé Description page 1, paragraphe 2 à 4	2-5
A	EP0014164; TECH IND AERAULIQUES THERMIQUE [FR]; 06-08-1980 ; Description paragraphes [0013],[0014], [0021] Figures 1 et 3	1-6

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
 -« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
 -« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
 -« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
 -« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 4 : Remarques de clarté

Les revendications 2 à 6 doivent être rédigées de la manière suivante : « dispositif pour la mesure de viscosité selon ... caractérisée en ce que ... ».

Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté (N)	Revendications 2-5	Oui
	Revendications 1,6	Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-6	Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-6	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : A.Bondeau, J. Huck « Mesure par pénétrométrie de viscosités élevées (10^4 - 10^{11} PI) à basse température (77-300 K) », Revue Physique. Appliquée 18 (1983) pp307-312

D2 : MA33790B1

1. Nouveauté (N) :

Le document D1 concerne un pénétromètre à cylindres destinés à la mesure des viscosités de cisaillement des liquides newtoniens comprises entre 10^4 - 10^{11} PI dans l'intervalle de température de 77 et 300K. ledit dispositif comprend une cellule de mesure, un régulateur de température, un capteur électromagnétique de déplacement et une horloge (le suivi de la mesure de viscosité en fonction du temps d'enfoncement). Le capteur électromagnétique est constitué des bobinages fixes et un voltmètre.

Par conséquent, l'objet des revendications 1 et 6 n'est pas nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Aucun des documents susmentionnés ne contient les mêmes caractéristiques techniques telles que décrites dans les revendications dépendantes 2-5, d'où celles-ci sont nouvelles conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la présente demande.

L'objet de la revendication 2 diffère de D1 en ce que le capteur électromagnétique de déplacement est constitué de deux bobines plates parallèles, une mobile et l'autre est fixe.

Aucun effet technique ne peut être associé à cette différence à partir de la présente demande.

Le problème que la présente demande se propose de résoudre peut être considéré comme étant la fourniture d'une alternative pour la mesure du déplacement du cylindre mobile.

La solution proposée par la présente demande semble être évidente à l'homme du métier pour les raisons suivantes :

Le document D2 concerne un capteur électromagnétique de mesure de forces comprenant deux bobines plates identiques, l'une des bobines est fixe sur un support horizontal isolant et l'autre bobine plate mobile enroulée sur un cylindre isolant. Ce capteur électromagnétique tel que décrit dans le document D2 peut être utilisé dans les dispositifs de mesure de viscosité par pénétrométrie.

Partant du document D1, l'homme du métier aurait combiné les enseignements de D1 avec D2 pour parvenir à la solution désirée. Par conséquent, l'objet de la revendication 2 n'implique pas d'activité inventive conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les revendications dépendantes 3 à 5 ne contiennent aucune caractéristique qui, en combinaison avec celles de l'une quelconque des revendications à laquelle elles se réfèrent, définissent un objet satisfaisant aux exigences concernant l'activité inventive conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'elles sont déjà décrites dans les documents D1 et D2 ou qu'elles sont simplement des possibilités parmi plusieurs entre lesquelles l'homme du métier pourrait choisir sans qu'une activité inventive soit appliquée.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.