

# OLYMPIADES DE PHYSIQUE

2015

**DELLISE PAULINE**

**FACHE LAETITIA**

**LYCEE DES FLANDRES HAZEBROUCK**

En nous intéressant à l'électrostatique pour les olympiades de physique l'année dernière, nous avons trouvé des documents concernant un dispositif encore en phase de conception : le « Lab on chip ». Le but de ce projet est de miniaturiser un laboratoire sur une surface d' $1\text{cm}^2$  afin d'analyser des microgouttes de sang. Avec l'aide de M. Foulon notre référent sur le site de l'université de Lille 1, nous avons pu visiter l'IEMN et y rencontrer un chercheur, M. Thomy qui nous a présenté et expliqué plus précisément ce dispositif. Enthousiasmées par ce sujet, nous avons réalisé de nombreuses recherches et avons été interpellées par les techniques utilisées pour déplacer les microgouttes de sang dans les Lab on chip et nous nous sommes demandées comment les champs électriques pouvaient être à l'origine du déplacement.

## **I. Le lab on chip**

Le lab on chip, en français dit laboratoire sur puce est un système qui constitue une avancée technologique pour l'analyse médicale. Le but de ce laboratoire est d'analyser rapidement, simplement et à moindre coût des substances complexes. Pour cela, il a fallu utiliser les connaissances en physique, chimie et biologie afin de mettre en place un microsystème performant. En effet, la miniaturisation apportée par les micros technologies permettra la mise en œuvre de nouvelles approches pour la biologie. La micro-nano technologie a permis une structuration, des dimensionnements précis et un parfait contrôle des états de surface. Ce concept regroupe donc différentes techniques multidisciplinaires complexes : la micro fluidique, la biochimie, la micro électronique, l'électrochimie, l'ingénierie de surface,... Le premier laboratoire sur puce fut créé en 1979. A cette date, les physiciens/ chimistes apportent de nombreuses connaissances à l'élaboration du projet. Tout d'abord, en rapport avec la biochimie, les chercheurs ont pu créer un dispositif qui permet de transformer le liquide à analyser en cellules. Une autre composante du microsystème, la structure micro fluidique, a aussi nécessité l'aide de scientifiques qui ont établi le système de canaux, de chambres,... Ce labyrinthe de canaux va diriger la substance à étudier vers des capteurs qui doivent détecter les molécules chimiques, des fragments d'ADN, des agents pathogènes,... Toutes ces techniques servent donc à la réalisation d'un système innovant qui permet de réaliser des tests délocalisés autonomes. Par contre, il ne faut pas confondre le lab on chip avec le biocapteur. Le biocapteur permet d'analyser une seule espèce chimique à la fois alors que le laboratoire sur puce, avec son système de chambre, permet d'en analyser un très grand nombre.

Le concept général est assez simple : l'échantillon à analyser est placé dans un microréservoir. A partir de là l'échantillon est fractionné puis guidé sous forme de microgouttes jusqu'aux chambres contenant les biocapteurs.

Il existe deux techniques pour déplacer des microgouttes dans le lab on chip :

- La microfluidique : Ensemble de canaux gravés dans le matériau pour acheminer les liquides

-L'électromouillage : Utilisation de la variation de mouillabilité des liquides pour les diriger à la surface du lab on chip.

Nous avons choisi d'explorer la seconde technique. Dans ce cas de figure, la surface choisie doit être hyperhydrophobe et parsemée d'électrodes judicieusement placées.

## **II. Capillarité**

### **1) Mise en évidence**

**Expérience 1** : Dans un premier temps nous avons renversé le verre progressivement sur la grille : L'eau s'écoule à travers la grille.

Dans un second temps nous avons rempli un verre d'eau et l'avons refermé à l'aide d'un grillage métallique fin. Après avoir retourné le verre en empêchant l'eau de s'écouler avec la main, nous avons retiré la main une fois le verre à la verticale.



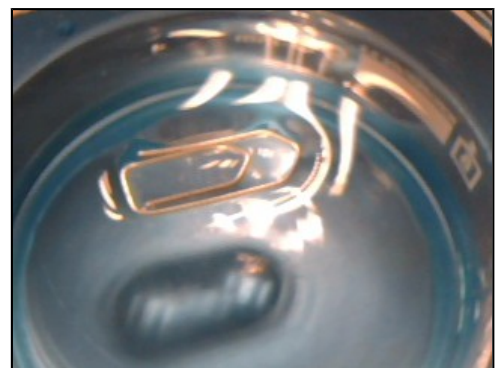
Observation : L'eau ne s'écoule pas.

Conclusion : Les petites surfaces délimitées par les mailles de la cuve exercent une force sur l'eau pour la retenir dans le verre : c'est la force de tension superficielle

**Expérience 2** : On dépose délicatement un trombone à la surface de l'eau

Observation : Quand il est déposé correctement, il flotte

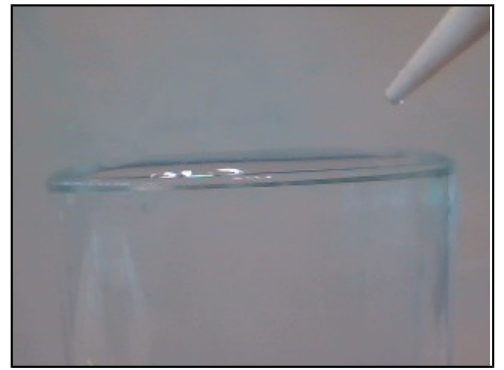
Interprétation : La force de tension superficielle s'exerce le long du trombone et le retient à la surface



**Expérience 3:** On remplit un verre pour qu'il soit plus que plein et on rajoute quelques gouttes d'eau

Observation : La surface de l'eau se bombe légèrement, mais l'eau ne s'écoule pas

Interprétation : La force de tension superficielle s'exerce et retient le trop plein d'eau

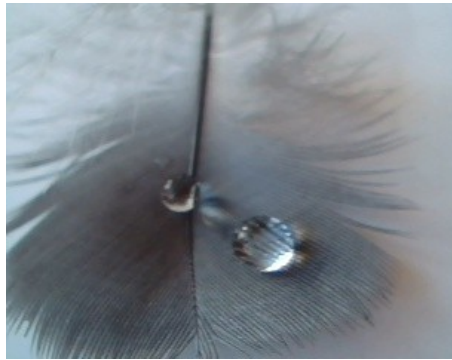


**Expérience 4:** On observe une goutte d'eau sur plusieurs matériaux.

Observations :



Goutte d'eau sur un feuille de chou



Goutte d'eau sur un plume d'oiseau.



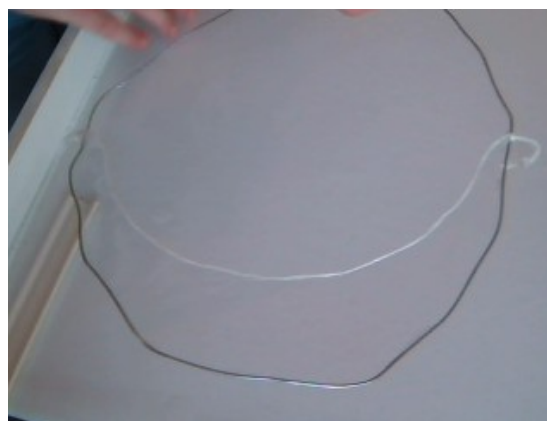
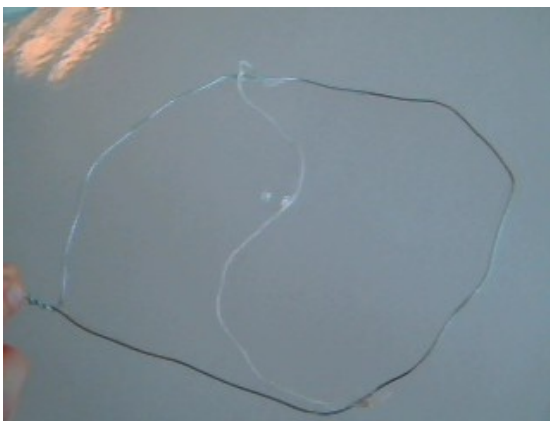
Goutte d'eau sur un métal

La goutte d'eau prend une forme différente en fonction du support

Interprétation: Les différentes formes observées résultent de l'action des différentes forces de tension superficielle aux différentes interfaces

**Expérience 5 :** On réalise un film de savon dans un cadre métallique coupé par un fil de nylon et on casse le film

Observation : Quand le film casse le fil de nylon se tend vers le film restant.



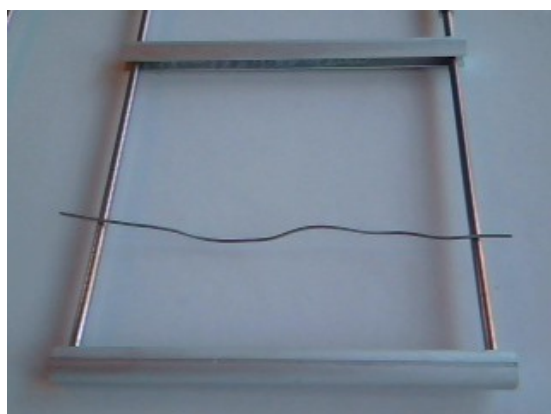
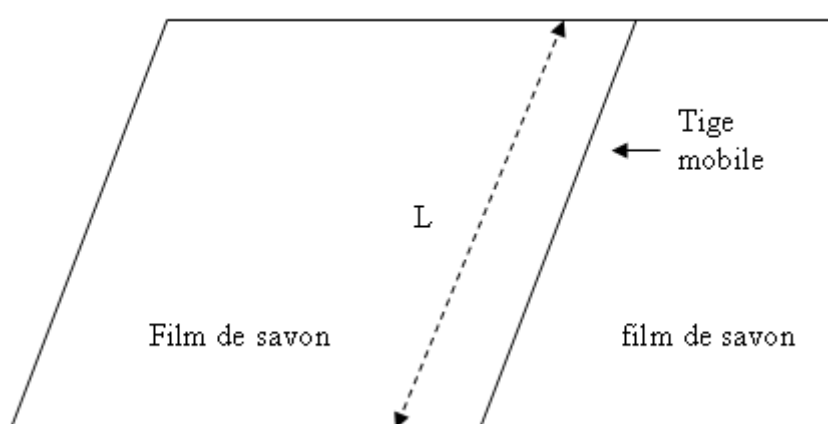
Interprétation : La force exercée sur le fil de nylon tend à minimiser la surface.

**Conclusion :** Pour expliquer ces phénomènes, il faut prendre en considération une force exercée au niveau de la surface des liquides : *La force de tension superficielle*. Cette force tend à minimiser la surface de contact entre le liquide et le milieu extérieur

## 2) Définition de la force de tension superficielle

Pour définir la force de tension superficielle il faut la caractériser en terme de point d'application, de direction, de sens et d'intensité.

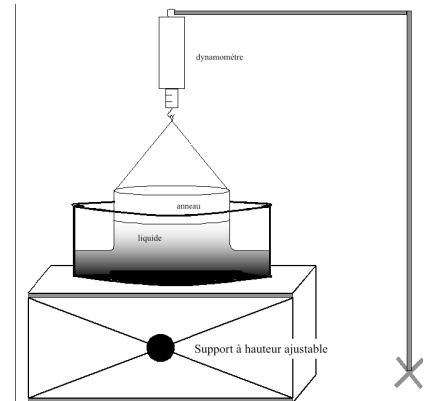
Pour cela, nous avons imaginé le dispositif suivant :



**Observation :** Quand on rompt le film d'un coté de la tige, celle-ci se déplace vers le film restant.

**Conclusion :** La force de tension superficielle s'exerce dans une direction et un sens qui tend à minimiser la surface de contact entre le liquide et l'extérieur

Pour déterminer les paramètres influençant l'intensité de la force, nous avons utilisé le montage suivant

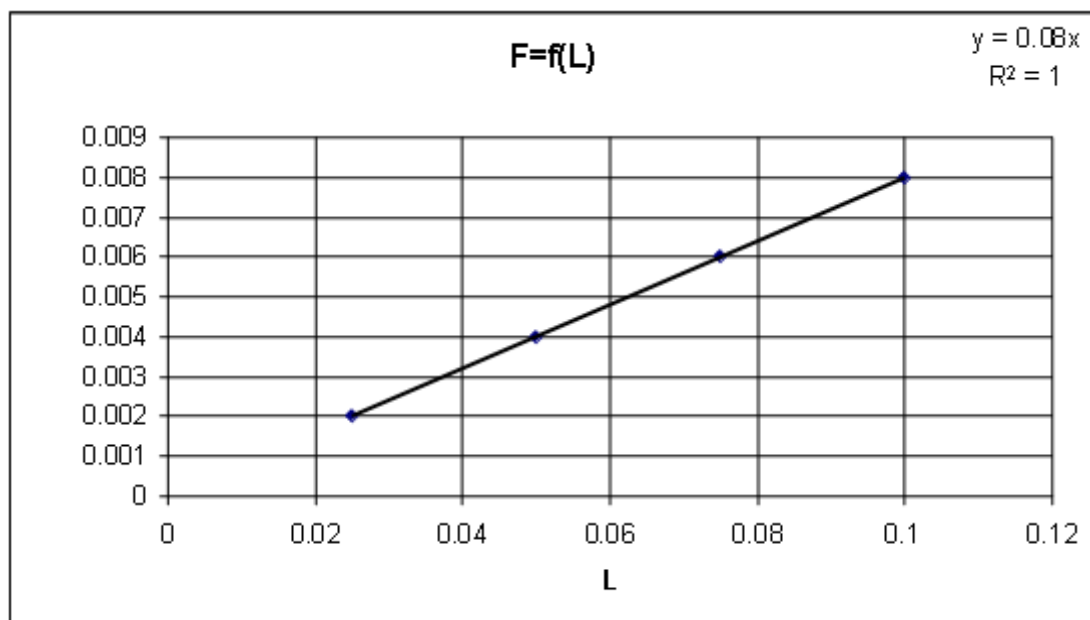


La lame métallique est soumise à la force tension superficielle qui est mesurée à l'aide d'un dynamomètre qui exerce la force  $\vec{F}$  sur la tige. La troisième loi de Newton nous permet d'affirmer que la tension superficielle est égale à cette force. On a donc une mesure directe de la tension superficielle

On réalise l'équilibre pour différentes longueurs de lame au contact du film de savon et on mesure la valeur de la tension superficielle au moment où le film se rompt

**Observation :** Plus la longueur  $L$  est grande plus la force de tension superficielle est grande

Longueur $L$ (m)	0.1	0.075	0.05	0.025
Force mesurée	0.008	0.006	0.004	0.002



**Conclusion :** la force de tension superficielle est proportionnelle à la longueur  $L$  de la lame en contact :

$F = \gamma L$  où  $F$  = force de tension superficielle,  $L$  longueur et  $\gamma$  le coefficient de tension superficielle.

Remarques :

- . Cette tension superficielle existe à l'interface de deux liquides, d'un liquide avec un gaz ou d'un liquide avec un solide
- . Ordre de grandeur des coefficients de tension superficielle (dans le cas d'une interface liquide/air)
- . Il existe des corps qui peuvent diminuer la valeur de tension superficielle d'un liquide : ce sont les agents tensioactifs (savon, détergent,...)

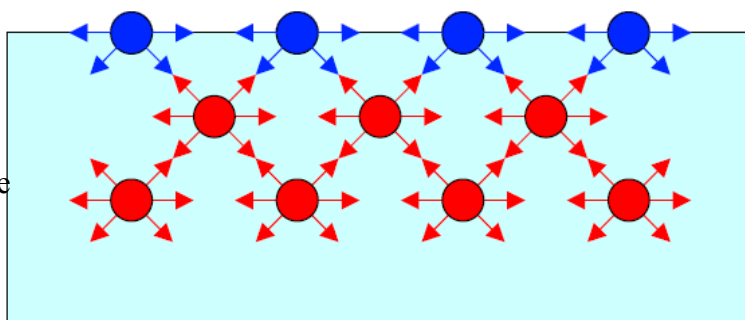
Liquide	$\gamma$ (N·m <sup>-1</sup> ) à 20 °C
eau (à 20 °C)	$73 \cdot 10^{-3}$
eau (à 0 °C)	$75,6 \cdot 10^{-3}$
huile végétale	$32 \cdot 10^{-3}$
Ethanol	$22 \cdot 10^{-3}$
Ether	$17 \cdot 10^{-3}$
Mercure	$480 \cdot 10^{-3}$

### 3) Coefficient de tension superficielle

D'après la partie précédente le coefficient de tension superficielle est le coefficient  $\gamma$  défini dans l'expression de la force de tension superficielle

### 4) Interprétation

Dans l'eau, les molécules sont très proches les unes des autres. C'est pourquoi, chacune d'entre elle est soumise à des forces égales de tous les côtés (Forces de Van der Waals : force de nature électrostatique). Contrairement à celles-ci, les molécules présentes à la surface du liquide sont en contact avec les molécules constituant l'air qui sont nettement plus dispersées. Ainsi les forces que les molécules d'air exercent sur les molécules d'eau constituant la surface du liquide sont plus faibles que celles exercées par les molécules d'eau situées en dessous. Par conséquent, les molécules à la surface du liquide sont sans cesse attirées à l'intérieur de celui-ci. La surface du liquide est plane car les molécules de celle-ci cherchent à minimiser le contact avec l'air. Ce phénomène est appelé tension superficielle.



### 5) Tension interfaciale

La tension interfaciale est le phénomène d'interaction qui se produit aux interfaces entre deux corps non miscibles. Par exemple entre un liquide et l'air ou encore entre un liquide et une surface de solide.

Ainsi la forme d'une goutte de liquide posée sur un support solide résulte de l'interaction de trois tensions interfaciales.

Exemple goutte d'eau sur une feuille de chou



Dans le cas particulier d'un liquide sur une surface solide l'ensemble des tensions de surface est à l'origine de la forme de la goutte. La surface de contact solide/liquide en dépend : on parle de mouillabilité.

### III. Mouillage

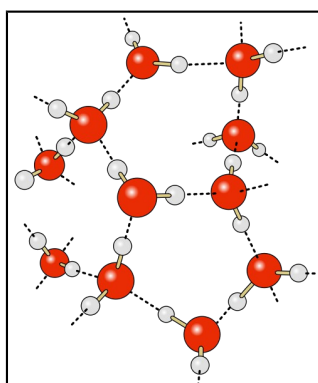
#### 1) Mise en évidence

Quand une goutte d'eau est placée sur une lame de verre, elle s'étale. Si cette lame est recouverte de carbone, la goutte conserve sa forme sphérique.

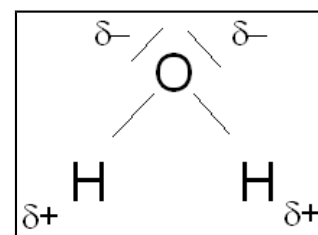
#### 2) Différents types de surface

##### Surface Hydrophobe

L'hydrophobie désigne la non solubilité dans l'eau. Un composé est dit hydrophobe quand il repousse l'eau ou en est repoussé.



La molécule d'eau est polaire : Il existe un décalage entre le centre des charges positives et celui des charges négatives. Localement, il apparaît au voisinage de ces atomes des charges dites partielles. C'est la différence d'électronégativité entre les atomes d'oxygène et ceux d'hydrogène qui est à l'origine de cette propriété.



Remarque : Dans les milieux condensés les molécules d'eau sont liées entre elles par des liaisons Hydrogène résultant directement du caractère polaire. Il s'agit d'une force intermoléculaire attractive entre les atomes d'oxygène et ceux d'hydrogène.

Un composé hydrophobe, n'a pas d'affinité avec les molécules d'eau : sa capacité à créer des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau est quasi nulle. Il est aussi souvent apolaire, ou de faible polarité, ce qui signifie qu'il ne peut pas faire d'interactions électrostatiques avec l'eau. En effet, la solubilité d'un composé dans un solvant dépend de manière générale des interactions qu'il peut avoir avec le solvant. Un composé hydrophobe est donc un composé qui ne peut pas interagir physiquement avec l'eau. Il est alors généralement plutôt soluble dans les solvants organiques

Il y a trois formes d'hydrophobie de surface:

- Les surfaces hydrophobes
- Les surfaces super hydrophobes
- Les surfaces ultra hydrophobes



## Surface Hydrophile

Un composé est dit hydrophile à partir du moment où ce composé possède une affinité pour l'eau et a tendance à s'y dissoudre. Un composé hydrophile est typiquement polaire ce qui lui permet de créer des liaisons hydrogène avec l'eau ou un solvant polaire et il renferme au moins un groupe fonctionnel qui contient un azote ou un oxygène (groupe amine ; hydroxyle, carbonyle,...)

### 3) Interprétation de la forme des gouttes

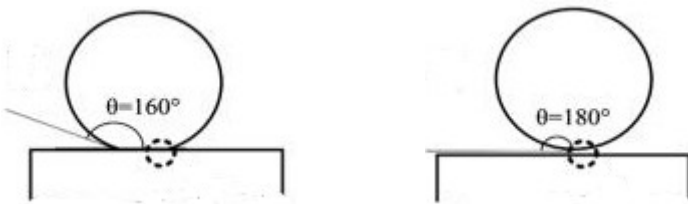
#### Surface Hydrophobe

Une surface est dite hydrophobe lorsque que l'angle de contact de la goutte d'un liquide et la surface sur laquelle elle repose, est supérieur à  $90^\circ$ .



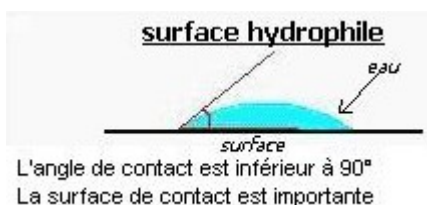
Une surface est dite super hydrophobe lorsque l'angle de contact est supérieur à  $120^\circ$ .

Et une surface est dite ultra hydrophobe lorsque l'angle de contact est supérieur à  $150^\circ$



#### Surface hydrophile

L'angle de contact d'une surface hydrophile sera toujours inférieur à  $90^\circ$ .



Sur une surface hydrophile une goutte d'eau pourra s'étendre facilement ce qui signifie que la surface de contact avec le substrat devient maximale et l'angle de contact devient minimal. La goutte de liquide qui forme un angle peut être considérée comme étant en équilibre entre 3 forces : Les tensions interfaciales entre le solide et le liquide, entre le solide et la vapeur et entre le liquide et la vapeur. L'angle qui est formé sur le liquide est connu sous le nom d'angle de contact ou d'angle de mouillage.

## IV. Electromouillage

### 1) Notion de Champ électrique

#### Forces électriques

La force électrique est une force qui s'exerce entre des particules chargées.

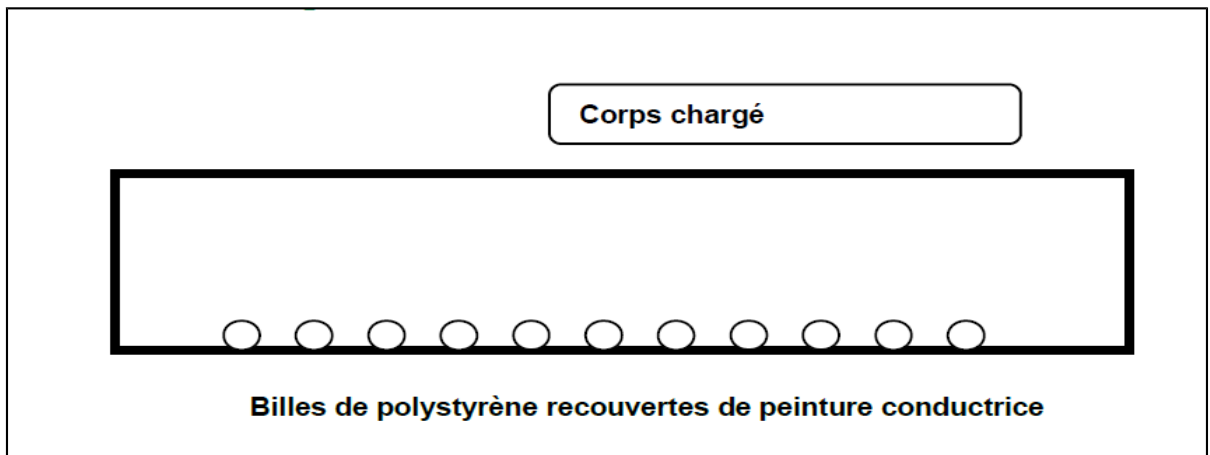
La force qu'exerce un corps de charge  $q_1$  sur un autre corps de charge  $q_2$  séparés par une distance  $r$  est caractérisée par :

- point d'application : charge  $q_2$
- direction : la droite qui joint les charges
- sens : attraction si les charges sont de signes contraires, répulsion si les charges sont de même signe
- Intensité :

$$F = 9.10^9 \times \frac{|q_1 \times q_2|}{r^2}$$

#### Notion de champ électrique

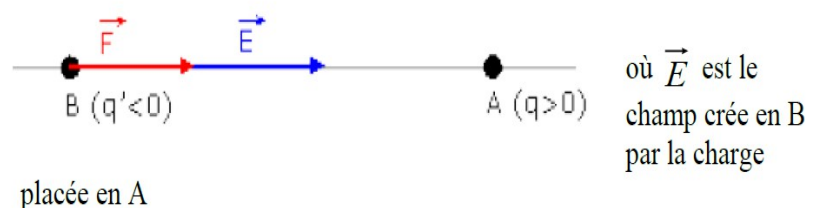
Expérience : On approche un corps chargé sur un récipient contenant un ensemble de corps légers (billes de polystyrène recouvertes d'une peinture conductrice)



Observation : Toutes les billes sont toutes soumises à des forces électriques de la part du corps chargé.

Conclusion : Le corps chargé exerce une force électrique dans toute une zone qui lui est proche : On dit qu'il crée un champ électrique dans cette zone. Le champ électrique est représenté par un vecteur en un point de l'espace. La norme du champ électrique s'exprime en  $V.m^{-1}$

De façon générale, tout corps chargé électriquement crée dans la zone de l'espace qui l'entoure un champ électrique. Ce champ est généralement noté  $\vec{E}$

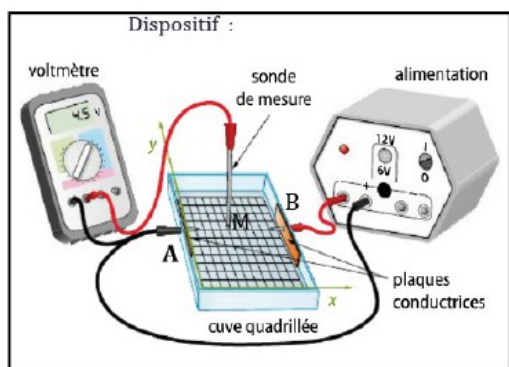


La connaissance de ce champ électrique permet de connaître la direction et le sens de la force électrique qui s'exerce sur un corps chargé placé en un point de l'espace où le champ électrique existe :  $\vec{F} = q \times \vec{E}$   
 Ainsi, une charge électrique  $q > 0$  subit une force  $\vec{F}$  orienté dans le même sens que le champ électrique  $\vec{E}$  et une charge électrique  $q < 0$  subit une force  $\vec{F}$  dans le sens opposé au champ électrique  $\vec{E}$

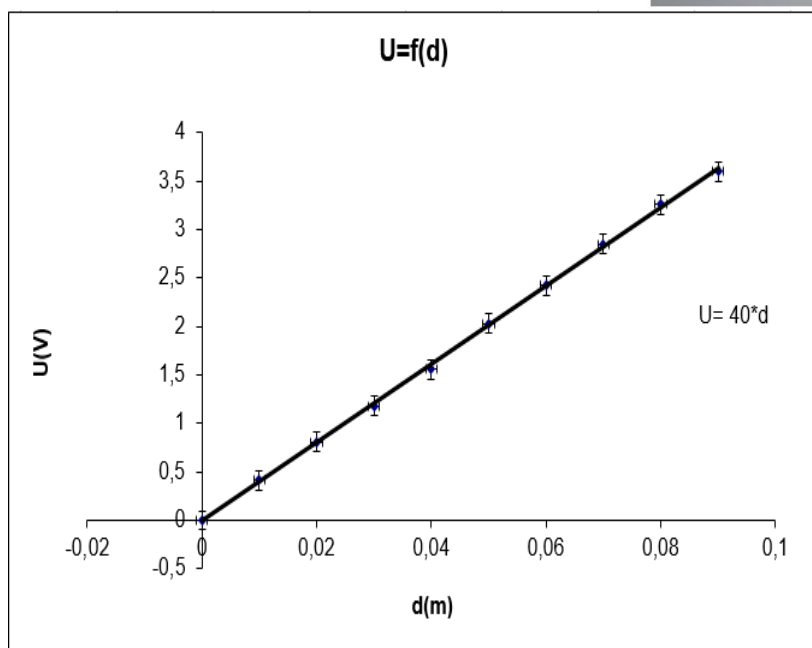
Champ crée par un condensateur plan :

Un condensateur plan est constitué de deux armatures conductrices parallèles séparées par un isolant. Une différence de potentiel est appliquée entre les armatures et un champ électrique uniforme apparaît entre les plaques. L'intensité du champ résultant dépend de la tension  $U$  entre les plaques, et de la distance  $d$  entre celles-ci.  $U = E \times d$  avec E en V/m et d en m

*Vérification expérimentale :* On mesure la tension entre le point M et le point A en fonction de la distance AM=d et on trace U=f(d)



d	U
0	0
0,01	0,41
0,02	0,81
0,03	1,18
0,04	1,56
0,05	2,03
0,06	2,42
0,07	2,85
0,08	3,26
0,09	3,6

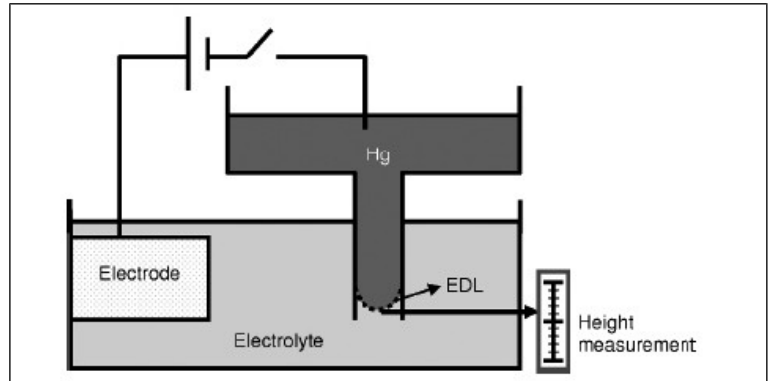


Conclusion : U est proportionnel à d. Cette relation est en accord avec les résultats précédents. Le champ électrique entre les armatures du condensateur est uniforme : Il a la même direction, le même sens et la même intensité. Ici  $E=40V.m^{-1}$

## 2) Electrocapillarité (historique)

Lippmann fut le premier en 1875 à s'intéresser à la déformation présente aux interfaces liquide/liquide lorsqu'une tension est appliquée. Cette expérience mit en avant l'électrocapillarité

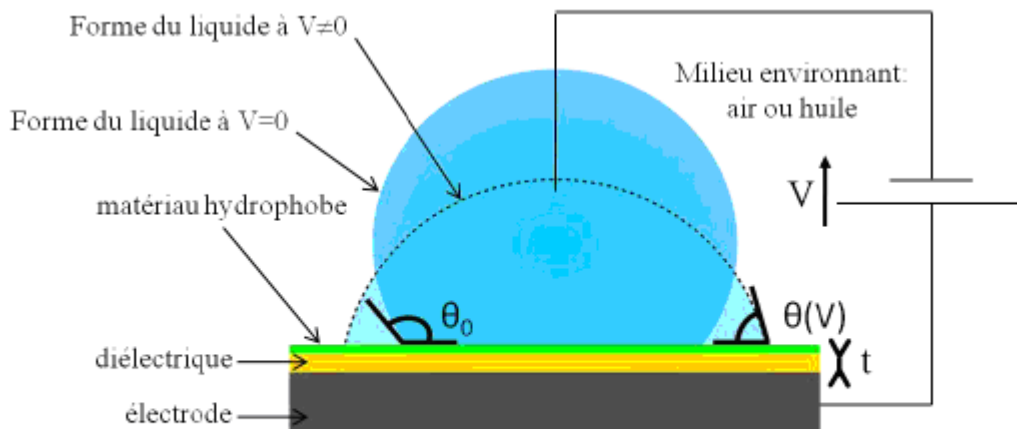
Schéma simplifié de l'expérience de Lippmann. Le mercure servait d'électrode liquide. La hauteur du ménisque de mercure permettait la mesure de la tension de surface à l'interface.



## 3) Electromouillage

Principe de l'électromouillage sur diélectrique

Un système générique d'électromouillage se compose d'une surface conductrice remplissant le rôle d'électrode, recouverte par un diélectrique et un matériau hydrophobe



Principe de l'électromouillage sur diélectrique. L'application d'une différence de potentiel entre un liquide et une surface conductrice provoque l'étalement de la goutte.

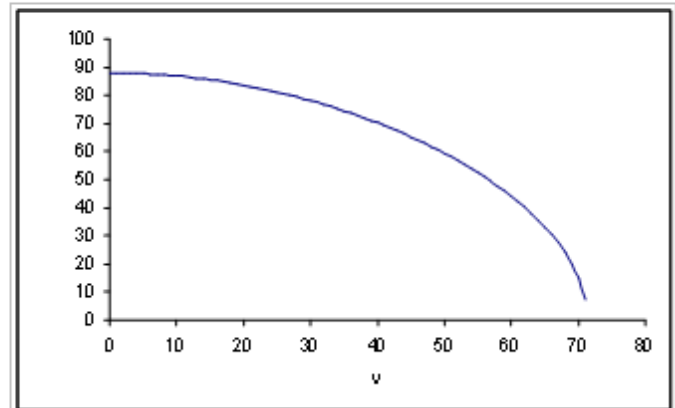
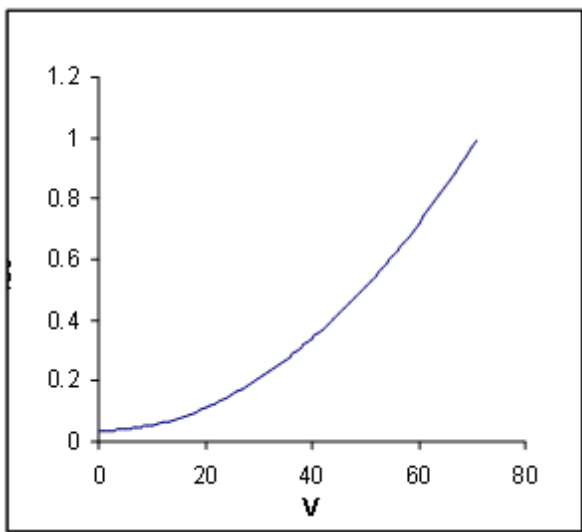
Bruno Berge a introduit l'équation de Lippmann-Young, décrivant la variation de l'angle de contact  $\theta$  en

fonction de la tension appliquée  $V$  :

$$\cos \theta = \cos \theta_0 + \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r}{2 \times \gamma \times t} V^2$$

où  $\epsilon_0$  est la permittivité du vide égale à  $8,8541.10^{-12} \text{F/m}$ ,  $\epsilon_r$  est la permittivité relative du matériau diélectrique,  $t$  son épaisseur,  $\gamma$  est la tension de surface liquide/gaz,  $\theta_0$  est l'angle de Young.

Cette équation rend compte de la variation de l'angle de contact apparent. Elle dépend du diélectrique employé et de son épaisseur ( $t$ ), ainsi que du coefficient de tension superficielle  $\gamma$  qui s'exprime en  $\text{mJ.m}^{-2}$



Nous observons que plus la tension est grande plus  $\cos\theta$  est grand et donc  $\theta$  petit. En élevant la tension nous pouvons donc obtenir un angle de contact plus grand et donc étaler la goutte.

Remarque : Mugele a démontré qu'il existe une distinction entre l'angle apparent (macroscopique) et l'angle de Young (microscopique). L'angle de Young ne change pas alors que l'angle apparent diminue avec la tension. Cette diminution n'est pas limitée : une valeur nulle de l'angle de contact est permise. Cependant, au-delà d'une tension seuil, la valeur de l'angle de contact diminue plus : c'est le phénomène de saturation de l'angle de contact.

## IV - Résultats expérimentaux

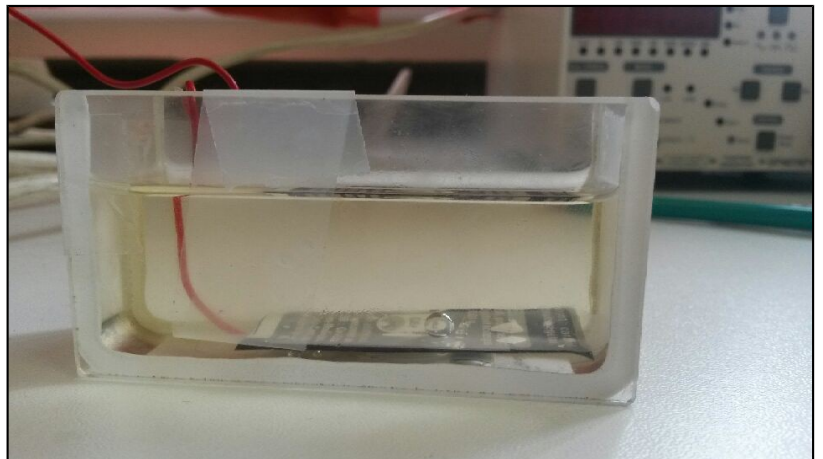
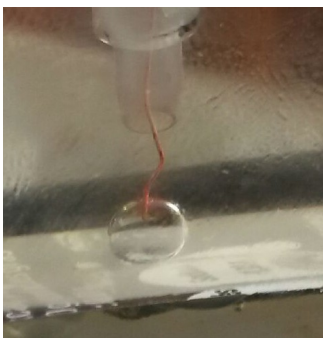
### 1) Premiers essais

Pour observer la déformation d'une goutte d'eau sous l'effet d'un potentiel électrique, il faut la placer dans une zone où règne un champ électrique. Nous avons donc choisi naturellement le condensateur plan.

Notre première armature est constituée d'une plaque métallique (aluminium) issue d'une canette de boisson gazeuse recouverte d'une peinture isolante. La seconde armature est constituée d'un fil de cuivre rigide. Certes le condensateur n'est plus réellement plan, mais nous allons pouvoir maintenir une différence de potentiel mesurable entre les armatures.

D'autre part, la goutte doit être séparée de l'électrode par un isolant et une surface hydrophobe. En observant la forme d'une goutte sur la surface sur la face extérieure d'une canette, nous avons choisi de conserver la peinture de la canette comme isolant plutôt hydrophobe et nous avons placé l'ensemble dans une cuve contenant de l'huile. La goutte d'eau mouille dans ces conditions très peu la surface.

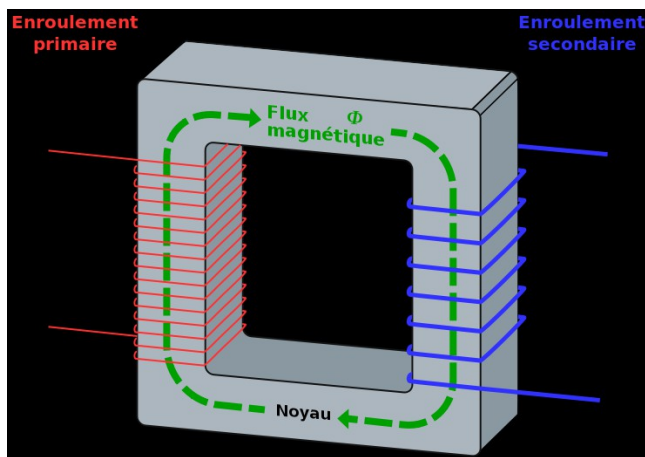
En imposant une tension aux bornes de notre condensateur, on devrait observer l'étalement de cette goutte. Cependant, aucune observation n'a été possible car nous avons plusieurs problèmes. Par exemple, nous avons une certaine pente, notre générateur ne fournissait pas une amplitude suffisante et notre fil de cuivre trop épais avait tendance à écraser la goutte d'eau.



### 2) Changement de surface

Après quelques échanges avec Mr Thomy, celui-ci nous a fait parvenir trois surface constituées de silicium dopé recouvert d'un diélectrique (parylène) d'épaisseur égale à  $1\mu\text{m}$  et de permittivité relative connue.

Les générateurs basses fréquences du lycée ne permettent pas d'obtenir des tensions d'amplitudes suffisantes pour observer le phénomène. Nous avons donc tenté de l'augmenter en utilisant un transformateur. En effet ce dispositif permet d'augmenter ou de diminuer une tension variable par l'intermédiaire du phénomène d'induction électromagnétique.

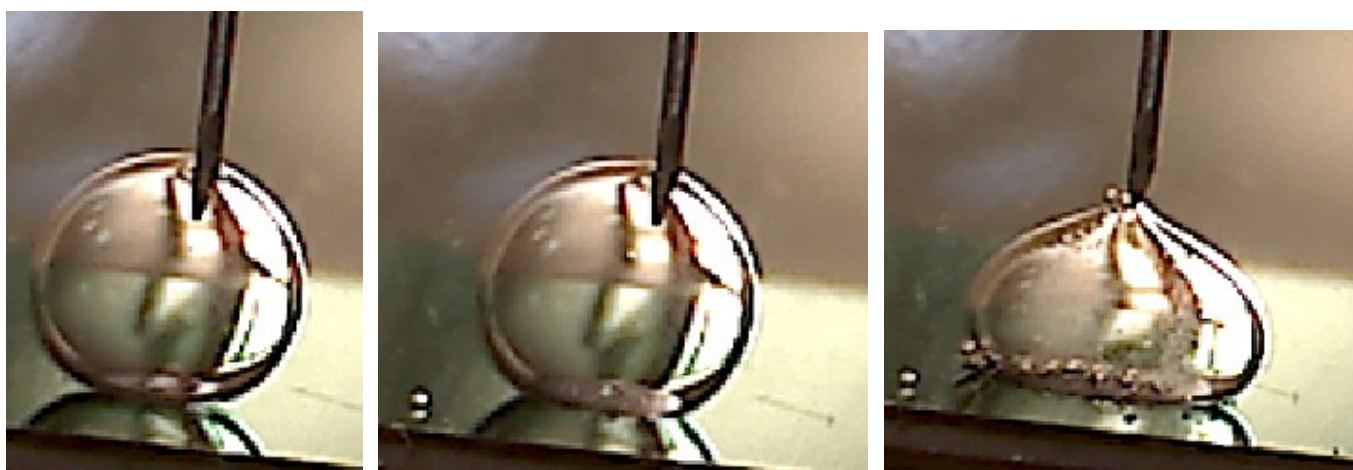


Le courant variable qui circule dans l'enroulement primaire produit un champ magnétique au centre de ce dernier. Le champ ainsi créé est « canalisé » par l'ossature en fer et provoque l'apparition d'une tension variable de même fréquence dans l'enroulement secondaire. L'amplitude de la tension aux bornes du secondaire dépend directement du rapport entre le nombre d'enroulement du primaire et

le nombre d'enroulement du secondaire. 
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Nos essais sont restés sans résultat visible.

Nous avons donc l'expérience avec le générateur haute tension du lycée. Quand nous arrivons à des tensions importantes (au delà de 200V), nous avons observé clairement une modification de la forme des gouttes



Nous avons donc souhaité vérifier expérimentalement la loi de Lippmann.

### 3) Vérification expérimentale de la loi de Lippmann

La goutte est déposée dans la cuve remplie d'huile sur la surface de silicium recouverte de parylène et connectée à la borne négative de notre générateur. Une aiguille reliée à la borne positive du générateur plonge dans la partie supérieure de notre goutte.

La partie délicate est le positionnement et le réglage de la caméra microscope sans perturber les branchements précédents.

Quand toutes ses étapes sont réunies, nous avons imposé une tension aux bornes de la goutte puis nous avons l'avons photographiée. Nous avons répété ces opérations pour différentes valeurs de tensions en veillant à rester sous la valeur provoquant l'électrolyse de notre goutte.

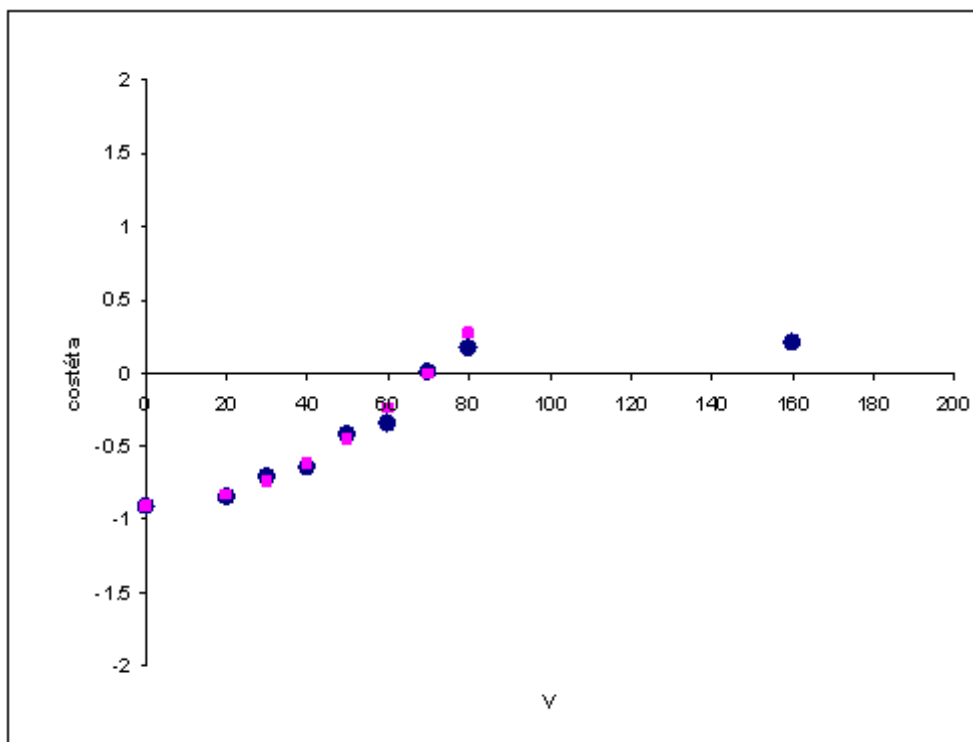
Nous avons donc obtenu une série de photos donnant l'image de notre goutte pour chaque valeur de tension. Le logiciel de traitement des images nous a ensuite permis de faire la mesure pour chaque photo de l'angle de raccordement.

Nous avons recommencé ces mesures plusieurs fois. En effet, souvent la goutte se déplace en reprenant sa forme et les résultats dépendent fortement de sa dimension.

Voici les résultats obtenus sur une goutte

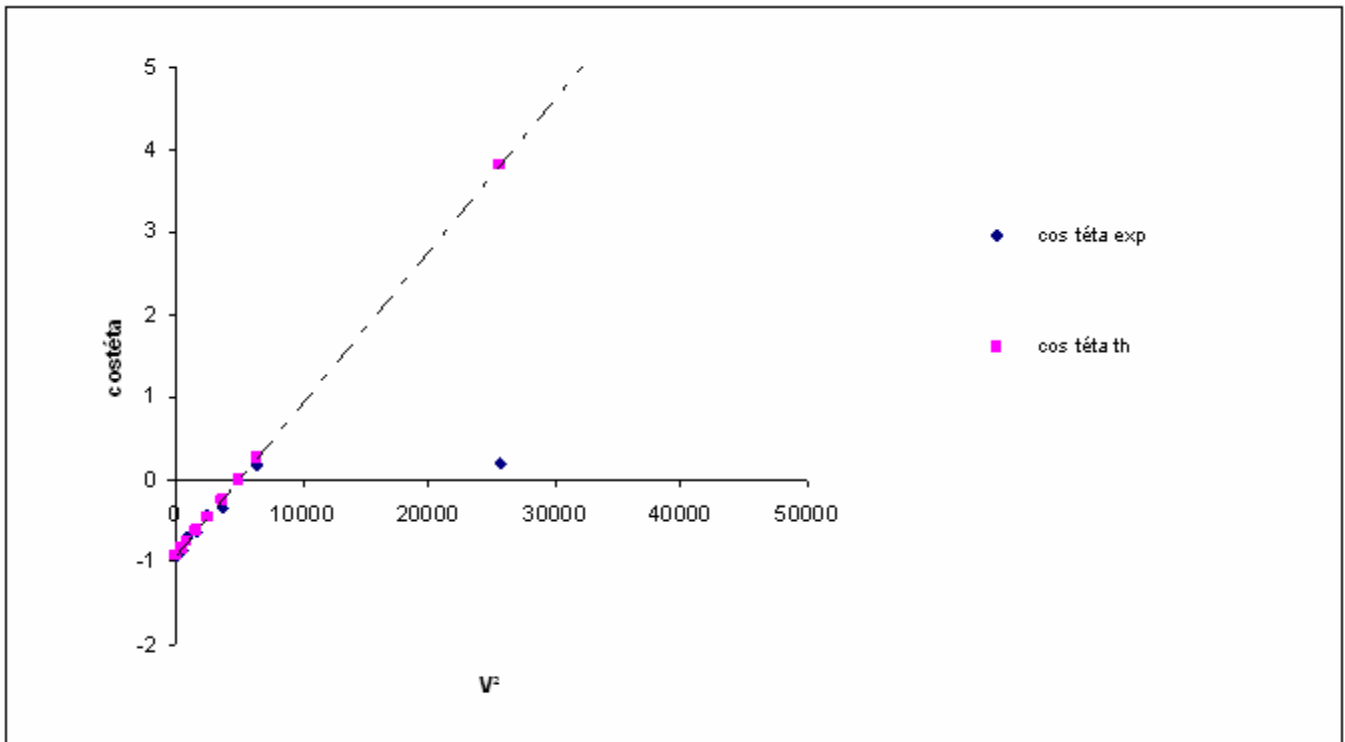
V	$\theta$	cos( $\theta_{exp}$ )	cos( $\theta_{th}$ )	V <sup>2</sup>
0	156	-0.91298317	-0.91298317	0
20	148	-0.84735343	-0.83923317	400
30	135	-0.70626164	-0.74704567	900
40	129	-0.62843295	-0.61798317	1600
50	115	-0.42169585	-0.45204567	2500
60	111	-0.35745087	-0.24923317	3600
70	89	0.01823976	-0.00954567	4900
80	78	0.20858671	0.26701683	6400
160	78	0.20858671	3.80701683	25600
500	77	0.22561484	45.1807668	250000

Nous avons ensuite représenté l'évolution du cos( $\theta_{exp}$ ) et cos( $\theta_{th}$ ) en fonction du potentiel appliqué V sur le même graphique. Ici cos( $\theta_{exp}$ ) est représenté en bleu et cos( $\theta_{th}$ ) est représenté en rose.





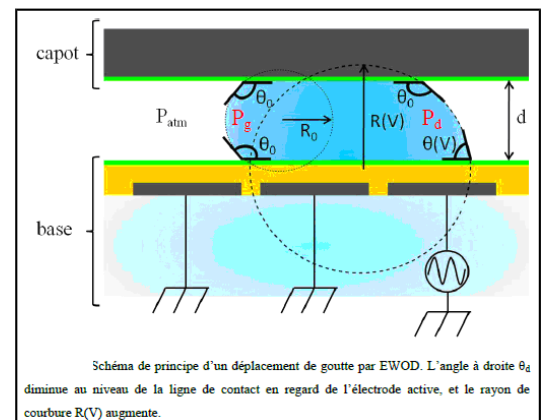
Pour visualiser plus simplement les écarts entre la théorie et les mesures nous avons également représenté l'évolution du  $\cos(\theta_{exp})$  et  $\cos(\theta_{th})$  en fonction de  $V^2$



**Conclusion :** Les mesures expérimentales sont assez proches de la loi théorique de Lippmann. Au delà d'une certaine tension l'angle de raccordement ne varie plus. La loi de Lippmann est donc valable sur un intervalle particulier de tension. Au delà nous avons un phénomène de saturation de l'angle de raccordement

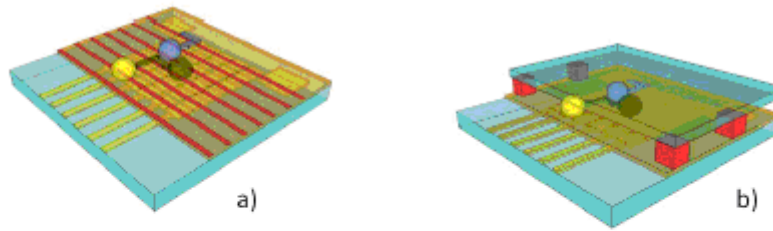
### V – Conclusion

Le déplacement de gouttes de liquide par électromouillage se fait grâce à un réseau d'électrodes adjacentes, activées séquentiellement. Une goutte de liquide recouvre en partie un réseau d'électrodes. Lorsqu'une électrode sous la goutte est chargée, la propriété de la surface en regard devient mouillante. On observe alors que la goutte s'étale au-dessus de cette électrode. En coupant la tension de celle-ci tout en activant l'électrode adjacente, la goutte se déplace vers la zone voisine, rendue mouillante par l'application de la tension.



Il existe deux types de configuration du système pour le déplacement

- Un simple plan d'électrodes et de lignes de masse : configuration dite « 1D »
- Un système où la goutte est encapsulée entre deux plans : configuration dite « 2D »



Représentations 3D de configuration a) 1D et b) 2D d'un système matriciel de déplacement de goutte par EWOD. En 1D, la masse (en rouge sur le schéma 3D) et les électrodes d'actionnement sont sur la même base que le diélectrique. En 2D, la masse est connectée au capot .

D'autres applications du phénomène d'électromouillage existent :

- Pompage : Une goutte d'eau peut être transportée dans un conduit à l'aide d'un dispositif d'électromouillage. La goutte coincée entre deux électrodes peut avancer selon que l'on rende l'interface solide/liquide « plutôt mouillante » ou « non mouillante »
- Lentilles liquides : On fait varier la vergence d'une lentille en appliquant une tension au liquide à l'intérieur. Cette application est utilisée pour l'autofocus des lentilles d'appareil photo ou la stabilisation d'image.