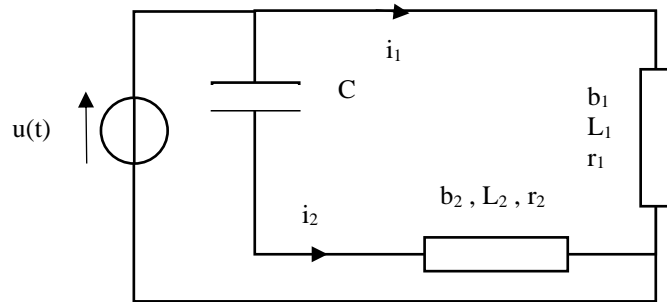


Voir aussi tous les sujets Centrale 2 Python

Centrale 1 – Champ magnétique créé par deux bobines

Un générateur de force électromotrice $u(t) = U_m \cos(\omega t)$ alimente le circuit ci-contre comportant deux bobines b_1 et b_2 de résistances internes r_1 et r_2 et d'inductance L_1 et L_2 , et un condensateur de capacité C . On se place dans l'ARQS.



Les deux bobines b_1 et b_2 créent des champs magnétiques perpendiculaires :

$$\vec{B}_1 = ki_1(t)\vec{u}_x \text{ et } \vec{B}_2 = ki_2(t)\vec{u}_y.$$

On s'intéresse au champ total $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.

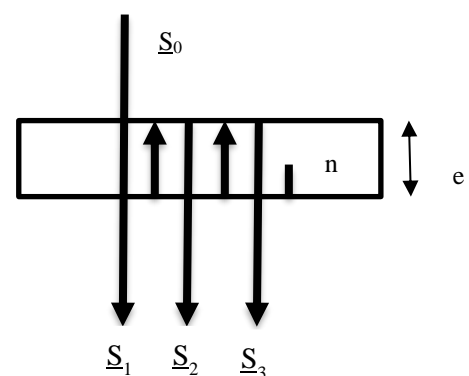
- 1) Déterminer les caractéristiques des deux courants i_1 et i_2 circulant dans les bobines.
- 2) Déterminer à quelles conditions les deux courants ont la même amplitude et sont en quadrature de phase.
- 3) Etudier le champ \vec{B} dans ces conditions.

Centrale Physique-Chimie 1 - Filtre interférentiel

Ce filtre est constitué d'une lame à faces parallèles d'indice n et d'épaisseur e . On l'éclaire sous incidence normale par une onde monochromatique de longueur d'onde λ et d'amplitude complexe \underline{S}_0 . On note r le coefficient de réflexion en amplitude, t_{1n} le coefficient de transmission en amplitude de l'air vers la lame et t_{n1} de la lame vers l'air.

On pose $R = r^2$ et on admet que $t_{1n} t_{n1} = 1 - R$.

On suppose que $R = 0,95$.



- 1) Donner l'amplitude complexe de chaque faisceau transmis en fonction de \underline{S}_1 , R et $\Phi = \frac{4\pi}{\lambda} ne$.
- 2) Montrer que l'intensité lumineuse à l'infini peut se mettre sous la forme
$$I(\Phi) = \frac{I_0}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2\left(\frac{\Phi}{2}\right)}$$
- 3) Représenter l'intensité I en fonction de ϕ .
- 4) Trouver les valeurs de ϕ autour du pic $\phi = 0$ pour lesquelles $I(\phi) = I_0/2$. En déduire la largeur à mi-hauteur des pics.
- 5) Calculer la longueur d'onde transmise dans le visible λ_0 et la largeur spectrale $\Delta\lambda$ pour une lame de cryolite d'indice $n = 1,365$ et d'épaisseur $e = 0,250 \mu\text{m}$.
- 6) ...

Centrale 1 – Téléphone portable

Un téléphone portable, placé en $x = 0$, reçoit des ondes à la fréquence $f_0 = 860$ MHz.

Le champ de l'onde émise par la station de base est de la forme : $\vec{E}_I = E_0 e^{i(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x)} \vec{e}_Z$.

Un immeuble situé en $x = L$ réfléchit l'onde sans l'atténuer et sans modifier sa polarisation. Ainsi le coefficient de réflexion en amplitude est $\underline{r} = \frac{\vec{E}_r(x=L,t) \cdot \vec{e}_Z}{\vec{E}_i(x=L,t) \cdot \vec{e}_Z} = e^{i\phi}$.

On admet que la puissance P reçue par le téléphone portable est proportionnelle à la valeur moyenne dans le temps du carré du champ électrique.

On considère qu'il y a rupture de communication lorsque la puissance captée par le téléphone est égale au dixième de la moyenne spatiale de la puissance électromagnétique émise par la station de base.

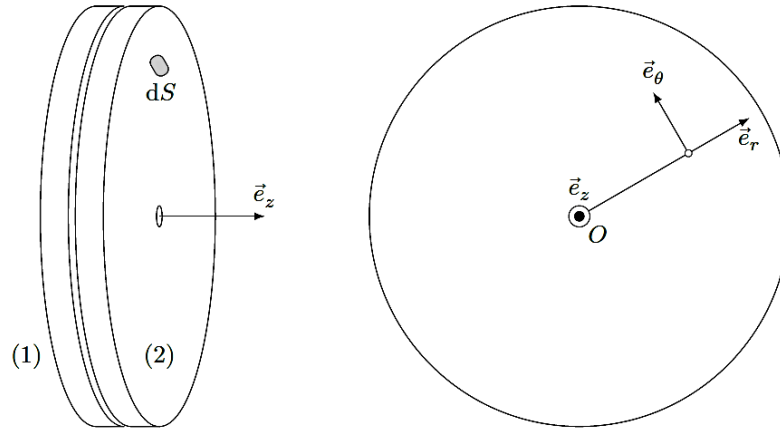
- 1) Ecrire, pour $x \in [0, L]$, le champ électrique de l'onde totale captée par le téléphone et caractériser cette onde.
- 2) L'utilisateur du téléphone se déplace à une vitesse v constante en direction de l'immeuble. Exprimer l'intervalle de temps pendant lequel la communication est coupée. Faire l'application numérique pour $v = 4 \text{ km.h}^{-1}$ puis $v = 40 \text{ km.h}^{-1}$. Comparer avec le temps moyen de réponse de l'oreille humaine (de l'ordre de 0,1 s).
- 3) L'utilisateur est maintenant immobile au point le plus proche de l'immeuble où l'onde totale est nulle. Donner la variation de fréquence minimale qui permettrait de rétablir la communication.

Centrale Physique-Chimie 2

Embrayage à sec monodisque

Ce sujet est associé à un document décrivant le principe de fonctionnement d'un dispositif d'embrayage, par exemple automobile. On modélise cet embrayage par deux disques de même rayon R et de même moment d'inertie J par rapport à leur axe de rotation commun (Oz). Soit $\vec{F} = F\vec{e}_z$ la force de contact exercée par (1) sur (2) ; la force exercée par un élément de surface d'aire dS sur l'élément en vis à vis de (2) est, en coordonnées polaires d'axe (Oz),

$$d\vec{F} = \frac{F}{\pi R^2} dS\vec{e}_z + dF'\vec{e}_\theta.$$



- Rappeler les lois de Coulomb du frottement de glissement. On notera μ_d et μ_s les coefficients de frottement, dont on rappellera les définitions, unités et ordres de grandeur.
On suppose que le frottement des éléments de surface dS en contact des disques d'embrayage vérifie ces lois.
 - Quelle est l'expression de dF' si $\Omega_1 \neq \Omega_2$? On distinguera deux cas.
 - Que peut-on dire si $\Omega_1 = \Omega_2$?
- On étudie une phase de démarrage, le dispositif étant embrayé à partir de $\Omega_1(t=0) = \omega_0$ et $\Omega_2(t=0) = 0$. Le moteur est accouplé au disque (1) et exerce sur celui-ci le couple moteur $\vec{\Gamma}_1 = \Gamma_1\vec{e}_z$. La charge utile du dispositif (les roues du véhicule, etc.), de moment d'inertie J' , est accouplée au disque (2). On posera $J_2 = J + J'$. Cet ensemble mobile est soumis à un couple de frottement $\vec{\Gamma}_2 = -\Gamma_2\vec{e}_z$; Γ_1 et Γ_2 sont supposés constants.
 - Calculer le moment $\vec{\Gamma}_{12}$ des efforts de contact exercés par (1) sur (2) pendant le patinage.
 - À quelle(s) condition(s) observe-t-on une accélération du véhicule se terminant sans patinage ? Quelle serait l'évolution ultérieure du système ?
 - Calculer l'énergie dissipée par les frottements pendant la phase de patinage. Que devient-elle ?
- À partir d'un fonctionnement de régime permanent sans patinage, l'arbre moteur tournant à la vitesse angulaire ω_0 , on déclenche le freinage (sans débrayage) du véhicule. Dans ces conditions, le couple moteur exercé sur le disque (1) est remplacé par un couple de frein moteur $\vec{\Gamma}'_1 = -\Gamma'_1\vec{e}_z$ et un couple de frottement proportionnel à sa vitesse de rotation s'exerce sur le disque (2), $\vec{\Gamma}_f = -K\Omega_2\vec{e}_z$.
À quelle condition l'embrayage ne patinera-t-il pas ?

Annexe

L'embrayage est un dispositif d'accouplement entre un arbre dit moteur et un autre dit récepteur. Du fait de sa transmission par adhérence, il permet une mise en charge progressive de l'accouplement ce qui évite les à-coups qui pourraient provoquer la rupture d'éléments de transmission ou l'arrêt du moteur dans le cas d'une transmission avec un moteur thermique.

L'embrayage est nécessaire sur les véhicules automobiles à moteurs thermiques qui doivent continuer à tourner même si le véhicule est à l'arrêt. Le désaccouplement facilite aussi le changement de rapport de vitesses. L'embrayage trouve donc sa place sur la chaîne de transmission, entre le moteur et la boîte de vitesses, où, de plus, le couple à transmettre est le moins élevé. Il est souvent fixé sur le volant moteur sur les voitures ou camions où le grand diamètre disponible permet d'utiliser un système monodisque ou bidisque. Il est plutôt en bout de vilebrequin sur les motos ou cyclos, en version multi-disque à bain d'huile (boîte manuelle) ou centrifuge à tambour (transmission automatique).

« Embrayage » désigne également la phase de fonctionnement où l'accouplement est établi ; il s'agit de l'opération inverse du « débrayage » pendant laquelle les arbres sont désolidarisés.

Les phases de fonctionnement d'un embrayage

On distingue trois phases de fonctionnement pour un dispositif d'embrayage.

- En position embrayée : l'embrayage transmet intégralement la puissance fournie (la voiture roule, le moteur est lié à la boîte de vitesses). C'est le plus souvent la position stable du dispositif (absence d'action de commande).
- En position débrayée : la transmission est interrompue. Roue libre, ou voiture arrêtée, le moteur peut continuer à tourner sans entraîner les roues. La situation est équivalente au point mort.
- Phase transitoire de glissement : en particulier pendant l'embrayage, la transmission de puissance est progressivement rétablie. Ce moment est appelé point de patinage. Pendant cette phase, l'arbre d'entrée et de sortie ne tournent pas à la même vitesse ; il y a alors glissement entre les disques, donc dissipation d'énergie, sous forme de chaleur. Cette phase est à limiter dans le temps, même si elle est inévitable et permet de solidariser graduellement le moteur et la boîte de vitesses. L'usure des disques a lieu pendant cette phase, souvent utilisée lors des démarrages en côte.

C'est la situation de glissement qui donne les conditions de dimensionnement de l'embrayage. Elle détermine le couple maximum transmissible. Au-delà, le glissement est systématique. La même configuration technologique est d'ailleurs adoptée sur les systèmes limiteurs de couple, qui vont donc patiner lorsque le couple sollicité devient trop important.

Classification

Les solutions technologiques retenues pour ce dispositif se distinguent suivant plusieurs critères.

- Selon la géométrie de la surface de friction :
 - disques, le contact étant effectif suivant une couronne par face de disque ;
 - tambour (dans le cas de certains embrayages centrifuges) ;
 - conique (abandonné aujourd'hui sauf quelques applications à faible puissance). Son intérêt réside dans le fait qu'il est autobloquant : l'assemblage conique reste coincé en l'absence d'effort presseur. Il faut agir pour débrayer.
- Selon le nombre de disques (quand il s'agit de disques) :
 - monodisque ;
 - bidisque à sec à commande unique ou à commande séparée (double) ;
 - multidisque humide ou à sec.

Les surfaces de contact peuvent :

- fonctionner à sec avec refroidissement par air ;
- être lubrifiées et refroidies par bain d'huile.

La commande peut être :

- mécanique ;
- hydraulique ;
- électrique asservie électroniquement ;
- centrifuge (dans ce cas la commande n'est pas directe mais induite par l'action sur l'accélérateur).

Centrale Physique-Chimie 2

Constante de gravitation universelle

1. Dans le manteau terrestre, la masse volumique de la Terre s'exprime selon $\rho(r) = \frac{g_0}{2\pi r G}$, où $g_0 = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$, r est la distance au centre de la Terre et G la constante de gravitation universelle.

En déduire l'expression du champ gravitationnel $g(r)$ dans le manteau terrestre. On néglige l'effet de la rotation de la Terre sur elle-même ainsi que l'influence des autres astres.

2. Expliquer la mesure du couple de torsion de la balance de torsion, puis exploiter les données suivantes pour déterminer la constante de gravitation universelle
 - longueur de tige : 2 m ;
 - masses fixées à la tige : 10,105 kg ;
 - période du dispositif constitué : 271,5 s ;
 - un miroir est disposé dans l'axe de la tige ; il est éclairé par un spot lumineux et la lumière réfléchiée est projetée sur un écran situé à 2,5 m ;
 - des masses $M = 158 \text{ kg}$ distantes de 200 mm des masses de la tige (et disposées selon la **figure 1**) provoquent un déplacement de 2,42 mm du spot lumineux sur l'écran.

$$\text{Loi locale vérifiée par le champ de gravitation } \vec{g} \text{ en un point } P \text{ quelconque : } \operatorname{div}(\vec{g}) = -4\pi\rho G. \quad = \frac{1}{r^2} \frac{\partial(r^2 g(r))}{\partial r}$$

Le couple de torsion a pour moment en projection sur son axe $\Gamma = -C\alpha$ où C est une constante à déterminer.

On rappelle que le moment d'inertie d'une masse ponctuelle m située à une distance d de l'axe de rotation est égal à md^2 .

Le principe de la balance de torsion :

Charles Augustin Coulomb (1736–1806) fut l'un des premiers à utiliser ce système. Pour démontrer que la force entre deux sphères chargées est en $1/R^2$, il utilise une balance qui établit l'équilibre entre la force électrique et la force de torsion. Pour les expériences de Cavendish (1798) et de Boys (1895), c'est l'attraction gravitationnelle qui est compensée par la force de torsion. Ce phénomène entraîne une torsion du fil qui maintient le système en équilibre.

Initialement, les petites sphères sont dans une position stable. Lorsque l'on approche les grosses sphères des plus petites, la force d'attraction gravitationnelle entre les deux types de sphères va produire un couple tendant à faire tourner la tige. Les petites sphères s'approchent des plus grosses jusqu'à ce que la torsion du fil équilibre le couple gravitationnel.

À la nouvelle position d'équilibre, il y a égalité entre le moment du couple de torsion et le moment provoqué par la force d'attraction. Cette condition va permettre d'obtenir une relation qui sera utilisée pour la détermination de la valeur de G . Lors du changement de positions des grosses sphères, le fléau va passer d'un état d'équilibre à un autre. Il y aura rotation du fléau. La mesure de l'angle de rotation permettra de remonter au couple de torsion. Cependant ce couple fait intervenir les caractéristiques mécaniques du fil de suspension. Pour déterminer ces caractéristiques, il suffira de mesurer la période d'oscillation de la balance. Ainsi, la mesure de la période d'oscillation et la mesure de l'angle de rotation du fléau permettent d'obtenir la force d'attraction.

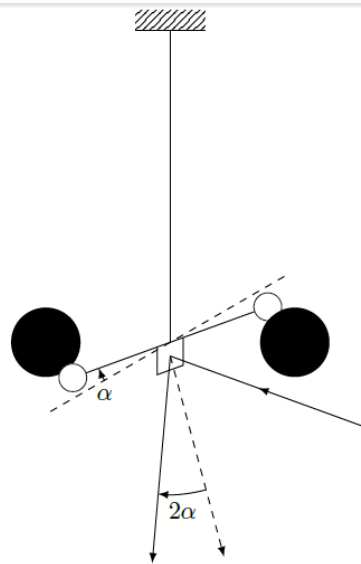


Figure 1

Centrale Physique-Chimie 1 : l'effet Zeeman

Le but de l'exercice est de montrer que lorsqu'un atome est plongé dans un champ magnétique, ses raies d'émissions se dissocient en plusieurs composantes : c'est l'effet Zeeman

On utilise ici pour l'atome le modèle de Thomson: un électron ponctuel de masse m et de charge $-e$ situé au point M peut se déplacer à l'intérieur d'un noyau sphérique de rayon a et de charge $+e$ uniformément répartie.

1) Déterminer l'expression du champ électrique dans la zone $r < a$.

2) Montrer que la force subie par l'électron peut se mettre sous la forme $-m\omega_0^2\vec{OM}$. En déduire la nature du mouvement de l'électron.

3) On soumet l'atome à un champ magnétique $\vec{B} = B\vec{u}_z$. On suppose qu'avant l'application du champ magnétique, le mouvement de l'électron se faisait dans le plan (Oxy).

Déterminer les équations différentielles régissant le mouvement de l'électron que vous projetterez sur \vec{u}_x , \vec{u}_y et \vec{u}_z . Que remarque-t-on sur \vec{u}_z ?

4) On cherche des solutions sous la forme : $\underline{X}(t) = \underline{X}_0 e^{i\omega t}$ et $\underline{Y}(t) = \underline{Y}_0 e^{i\omega t}$.

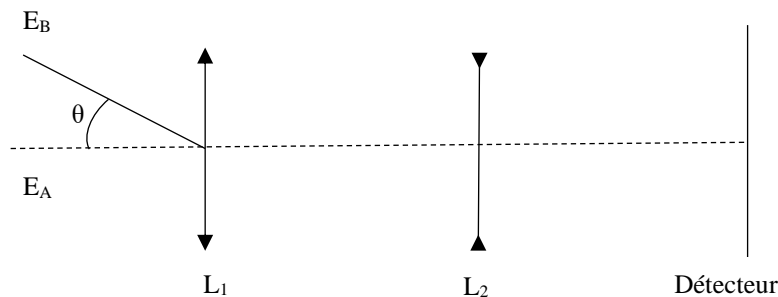
En utilisant la question précédente, évaluer les valeurs possibles de ω que l'on notera ω_1 et ω_2 .

Proposer une explication de l'effet Zeeman.

Rem : On pourrait aussi développer un modèle semi-classique : on étudie alors l'effet du champ magnétique sur le moment magnétique de l'atome.

Centrale Physique-Chimie 1 – Observation d'une étoile double

On utilise une lunette astronomique pour photographier deux étoiles (à l'infini) E_A et E_B . Cette lunette est réglée pour faire faire l'image des étoiles sur un détecteur placé en sortie de la lunette. L'étoile E_A est située sur l'axe optique. Les rayons provenant de E_B font un angle θ avec l'axe optique. La lunette est constituée d'un objectif L_1 de distance focale $f_1 = 7,5$ m et d'un oculaire L_2 de distance focale $f_2 = -0,025$ m.



- 1) Où sont situées les images A_1 et B_1 de E_A et E_B par L_1 ? Exprimer la distance A_1B_1 .
- 2) Exprimer puis calculer $\overline{O_2A_2}$ où A_2 est l'image de A_1 par la lentille L_2 sachant que la lentille L_2 est placée légèrement à gauche de A_1B_1 de telle façon que $\gamma = \frac{A_2B_2}{A_1B_1} = 2$.
- 3) Calculer $\overline{A_1A_2}$. Quelle est la conséquence de la deuxième lentille sur l'encombrement du système ? En quoi est-elle bénéfique à l'utilisateur ?
- 4) On place en A_2 (centré en A_2) un capteur CCD de 512×512 pixels, un pixel étant un carré de $a = 9 \mu\text{m}$.
 - a) Calculer l'angle maximal θ_{\max} pour que les deux étoiles soient visibles sur le capteur.
 - b) Calculer l'angle minimal θ_{\min} pour que les deux étoiles soient vues séparément sur le capteur. On négligera la diffraction.

Centrale 2 - Plasmon de surface

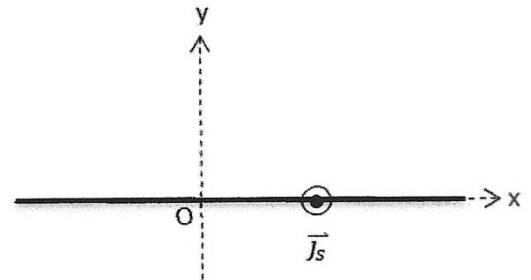
I) A partir du document annexe (au verso) répondre aux questions suivantes :

I.a) Expliquer pourquoi le vecteur d'onde de l'onde incidente est complexe.

I.b) Expliquer pourquoi l'onde incidente est transverse magnétique sans être transverse électrique.

II) Une onde incidente a créé un plasmon de surface dont on étudie la propagation dans la configuration suivante :

On considère un plan $\Pi = (O, x, z)$ métallique, entouré dans les régions $y < 0$ et $y > 0$ par du vide.



On donne
$$\begin{cases} \vec{J}_s = j_{SM} e^{i(\omega t - Kz)} \vec{e}_z \text{ sur la surface} \\ \vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - Kz)} \text{ avec } \vec{E}_0 = E_{0y}(y) \vec{e}_y + E_{0z}(y) \vec{e}_z \text{ dans le vide de chaque côté} \end{cases}$$

II.a) Adapter l'équation locale de conservation de la charge afin de déterminer l'expression de la densité surfacique de charges σ dans le métal.

II.b) On donne la relation de passage du champ électrique d'une région I à une région II :

$$\vec{E}_{II} - \vec{E}_I = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{n}_{I \rightarrow II} \quad \text{où } \vec{n}_{I \rightarrow II} \text{ représente le vecteur normal à la séparation entre les deux régions I et II}$$

Déduire l'expression limite de $E_{0y}(0^\pm)$ (de la relation de passage et de la symétrie par rapport au plan (Oxz))

II.c) On suppose ici que K vérifie $K > k_0 = \frac{\omega}{c}$.

Rappeler l'équation de propagation de l'onde dans le vide. En déduire une équation différentielle vérifiée par E_{0y} et la résoudre.

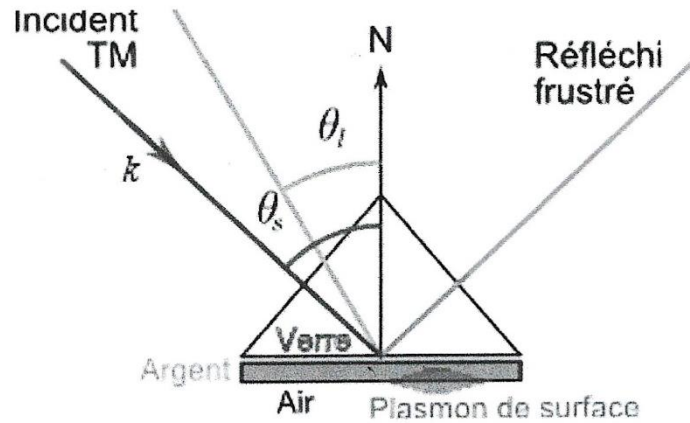
II.d) En utilisant l'équation de Maxwell-Gauss, en déduire l'expression de E_{0z} .

III) On suppose que le nombre d'électrons par unité de surface dans le métal vaut n , que les électrons sont non relativistes, de vitesse v , de masse m et de charge $-e$. On fait l'hypothèse que ces électrons peuvent se déplacer sans interaction (frottement) avec le réseau cristallin constituant le métal et qu'ils ne peuvent pas sortir du métal.

III.a) Donner l'expression de la vitesse des électrons dans le métal.

III.b) En déduire la relation de dispersion reliant ω et K .

III.c) Pourquoi une onde électromagnétique plane progressive incidente, dans le vide, ne peut-elle pas exciter un plasmon de surface sur le métal ? Quelle est la solution proposée dans l'annexe ?



Les plasmons de surface font partie des solutions des équations de propagation des ondes électromagnétiques ou équations de Maxwell, ce sont des solutions particulières à l'interface entre certains milieux. L'oscillation collective des électrons qui leur correspond coexiste avec le champ électromagnétique évanescents des deux côtés de l'interface.

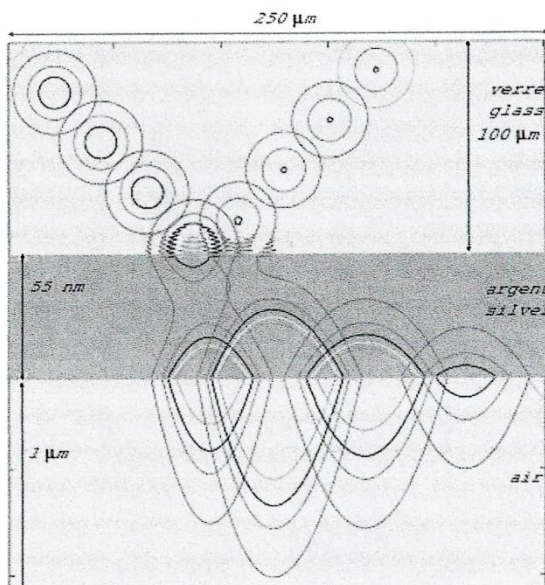
En particulier, une interface entre un métal, tel l'argent, et le vide ou l'air, révèle assez facilement l'apparition des plasmons. Le vecteur d'onde \vec{k} a alors deux composantes réelles, correspondant à la propagation du plasmon le long de l'interface, et une composante imaginaire, caractérisant la décroissance de l'onde des deux côtés de l'interface.

Un exemple de telles ondes peut être obtenu par un montage simple, nécessitant néanmoins quelques moyens techniques.

Sur une face d'un prisme en verre, on dépose (par évaporation) un film d'argent de quelques dizaines de nanomètres d'épaisseur. On amène alors un rayon de polarisation *TM* (transverse magnétique) avec un angle incident θ_s supérieur à l'angle incident limite de réfraction θ_l du dioptré verre-air. Pour un angle bien déterminé, caractéristique du métal, l'onde qui était totalement réfléchi est absorbée par l'excitation des plasmons de surface : l'onde réfléchi disparaît.

Le phénomène est alors aisément observable.

Cette capture de l'onde incidente est permise par la nature *complexe* de la constante diélectrique du métal, qui fait le lien entre l'onde incidente *TM* et l'onde plasmon de surface.



La figure ci-contre montre une suite d'instantanés d'un paquet d'onde transverse magnétique arrivant de la gauche (voir le schéma précédent) à l'interface verre-métal. Le paquet est réfléchi en partie, du fait de la capture de l'énergie électromagnétique par le plasmon de surface qui est créé. le plasmon se déplace alors à l'interface métal-air. Le choix d'échelles d'espace très différentes permet la mise en évidence de l'importante augmentation de la densité de l'énergie du champ électromagnétique, caractéristique du phénomène, résultat du confinement, source de nombreuses applications.