



# Projet numérique en physique moderne

## 1 Sujet

Le travail d'extraction d'un métal peut être mesuré à l'aide d'un microscope à effet tunnel (STM pour *Scanning Tunneling Microscope*). Cet instrument est constitué d'une pointe en tungstène séparée par du vide de la surface du métal. On mesure l'intensité du courant lorsqu'une différence de potentiel est appliquée entre la pointe et la surface étudiée. Ces mesures sont faites en augmentant la distance entre la pointe et la surface.

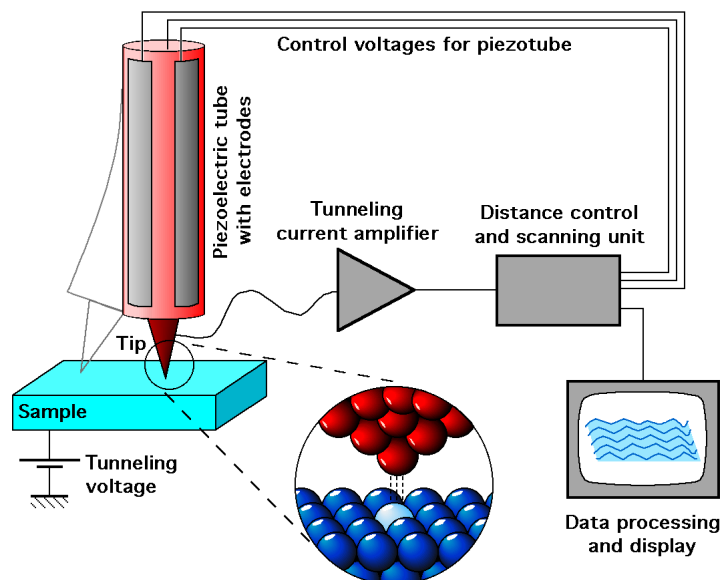


FIGURE 1 – Schéma simplifié d'un microscope à effet tunnel. Lorsqu'une différence de potentiel est exercée entre une pointe (*tip*) et une surface métallique (*sample*), un courant peut circuler même si la pointe et le métal sont séparés par du vide. Figure issue du site internet de l'[Institut de Physique Appliquée](#) de l'université technique de Vienne TU WIEN.

L'objectif du projet est de déterminer le travail d'extraction du tungstène à partir de la figure ci-dessous qui est la première mesure utilisant un microscope à effet tunnel tel que décrit précédemment.

## 2 Travail à effectuer

Ce travail est constitué de plusieurs étapes :

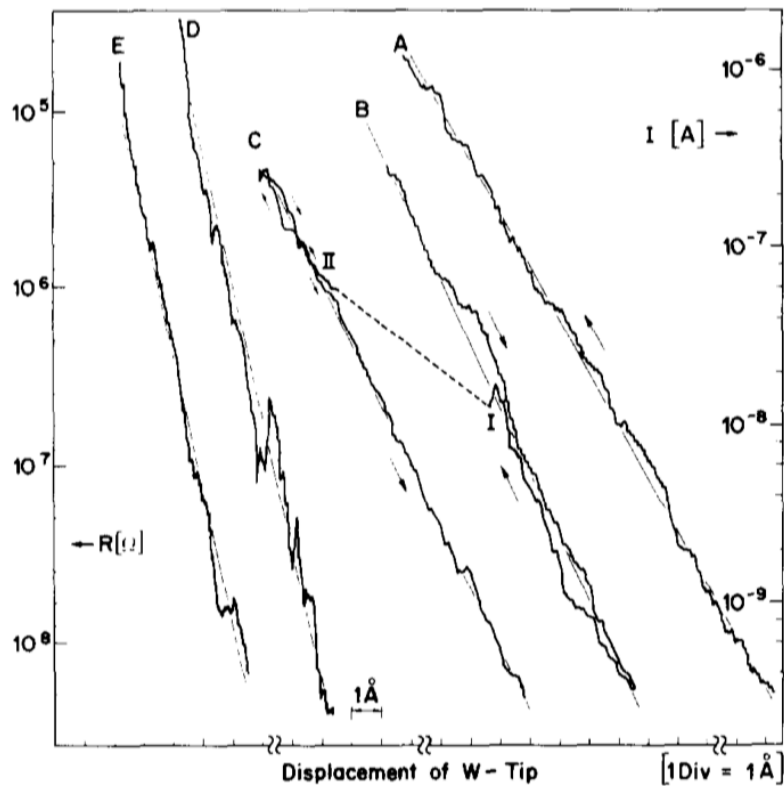


FIGURE 2 – Mesure de la résistance  $R$  (axe de gauche) et du courant  $I$  (axe de droite) en fonction de la distance entre l'échantillon de tungstène  $W$  et la pointe. Les deux axes des ordonnées sont en échelle logarithmique. De gauche (courbe E) à droite courbe A), les mesures sont faites avec des vides moins poussés et parfois des pointes moins pures. La figure est issue de l'article *Tunneling through a controllable vacuum gap* publié par G. BINNIG, H. ROHRER, Ch. GERBER et E. WEIBEL en janvier 1982 dans la revue *Applied Physics Letters* (vol. 40, pp. 178–180).

- analyse et modélisation du problème où vous étudierez la pertinence d'une approche par la physique quantique et modéliserez le phénomène physique avec les bons ordres de grandeur ;
- numérique où vous utiliserez un programme pour » observer« l'effet tunnel, montrerez que la simulation numérique est en accord avec la courbe expérimentale et déterminerez un ordre de grandeur du travail d'extraction du platine ;
- théorique qui vous permettra de déterminer le travail d'extraction du platine en vous basant sur les données expérimentales ;

- synthèse où vous confronterez vos résultats et les données expérimentales avec la valeur retenue du travail d'extraction.

### 3 Rapport

L'étape de synthèse fera l'objet d'un rapport à remettre entre le mardi 21 et le jeudi 23 mai 2024. Ce rapport réalisé par groupe de 3 maximum respectera les critères suivants :

- taille de police entre 10 et 12;
- entre 3 et 5 pages maximum sans compter les figures;
- les figures devront être synthétiques et commentées (pas d'accumulation de figures)
- si votre groupe a écrit des lignes de code supplémentaires dans le programme initialement fourni, celles-ci peuvent être ajoutées en annexe mais ne seront pas l'un des principaux critères d'évaluation;
- le rapport pourra être rédigé à l'aide d'un traitement de texte classique ou de  $\text{\LaTeX}$  (voir document sur Teams et/ou Moodle) qui est plus adapté pour l'écriture des formules.