

Quelques conseils sur les leçons de quantique dans la perspective de leçons de 30 min.

### **1- Remarques générales**

Le temps imparti est court. Il ne faut pas se disperser. On peut distinguer les intitulés de leçons qui suivent les programmes de prépa et celui qui ne le suit pas (le photon ...). Le plus simple est de se référer le plus possible au programme de prépa lorsque c'est possible, en vous appuyant sur les livres correspondants (vérifier systématiquement les programmes de MPSI, PC et MP). Le danger est alors de ne se référer qu'à un seul ouvrage et de faire de la paraphrase. Il faut donc que vous choisissiez, en plus des livres de prépa, une ou deux références de niveau licence ou master, en particulier pour traiter les applications qui seront implicitement demandées.

Je pense qu'il est raisonnable d'identifier une partie que l'on développera plus en détail, en annonçant que l'on donnera les grandes lignes des autres parties afin de respecter le temps imparti.

**TOUJOURS PENSER AUX ORDRES DE GRANDEURS.**

### **2 – Leçon sur le photon.**

Classiquement il s'agit de faire une leçon en deux parties :

- 1) mise en évidence des propriétés corpusculaires du rayonnement.
- 2) Le raccordement des propriétés corpusculaires avec les propriétés ondulatoires dans l'introduction du corpuscule quantique.

Avec le temps court on peut envisager de faire :

- 1) effet photoélectrique – formule d'Einstein – courte mais précise description dans Texier chapitre 1. Une bonne source est « Structure de la matière, atomes, liaisons chimiques et cristallographie », de Michel Guymont, chapitre 1. Enchaîner sur les propriétés de cette nouvelle particule (masse, quantité de mouvement - voir par exemple Semay, relativité restreinte, chapitre 9 - moment cinétique).
- 2) expériences à 1 photon (Mach-Zehnder) chapitre 10 du Antoine, Fabre, Treps, (ou chapitre 2 du Antoine).

### **3 - Effet Tunnel**

Programme de MP (une illustration : Radioactivité alpha) ou PC (deux illustrations : radioactivité et STM).

Les programmes demandent que l'on établisse l'expression de  $T$  dans le cas d'une barrière carrée, pour un faisceau monocinétique de particules caractérisé par une densité de courant de probabilité  $J$ . Il faut analyser l'expression de  $T$  pour extraire l'influence de  $V-E$ ,  $l$  (épaisseur de la barrière). Toujours d'après le programme, les applications sont basées sur la donnée de  $T$  dans les deux cas, et ses conséquences : Gamow  $\rightarrow$  loi de Geiger Nutall et STM  $\rightarrow$  précision du microscope du fait de la variation exponentielle de  $I$  en fonction de la distance pointe surface.

Biblio :

Commencer par une très bonne synthèse rapide dans « Introduction la physique quantique » de Charles Antoine, p183-186.

Calcul de la barrière : CTDL (complément H1, propre mais long). Plus pédestre dans « J'intègre, PC-PC\* » (p 1200 et suivantes). Ce livre peut servir de fil rouge car il suit le programme, mais ceci rend important le fait de recourir à d'autres sources pour éviter la paraphrase.

Pour aller plus loin : sur l'approx WKB : Christophe Texier.

Effet tunnel optique et Gamow : épreuve centrale-supélec 2 MP 2019

#### **4 – Aspects ondulatoires de la matière – notion de fonction d’onde.**

Ceci correspond presque à un chapitre entier du programme de prépa, attention à ne pas essayer de tout traiter avec le même niveau de détail. Le titre annonce un plan :

1) mise en évidence de la longueur d’onde de de Broglie pour la matière.

Quantification façon corde de Melde et Interférences. Photo de figure de diffraction des électrons sur surface.

2) Si longueur d’onde : quelle onde ? La fonction d’onde et son équation d’onde (Schrödinger, linéaire, 1<sup>er</sup> ordre en t, 2<sup>e</sup> ordre en x), en finissant sur la signification probabiliste de  $|\psi|^2$  (interprétation de Born). Video de l’apparition d’une figure d’interférences par accumulation de points.

Biblio : Cohen (chapitre 1), ou plutôt Texier Chapitre 2 et Sanz PC-PC\*

#### **5 – Confinement d’une particule et quantification de l’énergie**

C’est une partie non négligeable du chapitre 34 du bouquin de Sanz PC-PC\*. L’exemple du puits de potentiel infiniment profond est le plus simple. On arrive à la quantification, soit par analogie avec la corde de Melde, soit directement par le calcul. Mais en 30 minutes on ne peut pas faire ce cas là et le cas du puits carré de profondeur finie, plus physique. En fonction de votre envie, vous pouvez donc soit ne traiter que le puits de profondeur finie (solution préférable), soit le puits de profondeur infinie suivi immédiatement de corrections dues au caractère fini.

Alain vous a mis un super programme python sur le site pour illustrer le cas fini.

Noter que le puits fini est une idéalisation aussi, qui vous permet de discuter proprement les problèmes de continuité de  $\psi$  et  $\psi'$  (cf bouquin de prépa et Cohen). Ou Le Bellac Chapitre 8.

Pour les applications expérimentales des puits carrés : l’exo 34.3 du Sanz est bien sympa sur les colorants ; les boîtes quantiques (Fabre, Antoine, Treps Chapitre 13) ; On peut enfin ouvrir sur les potentiels périodiques et l’apparition des bandes (voir Le Bellac dans ce cas, chapitre 8).

#### **6 – Evolution temporelle d’un système à deux niveaux**

Sanz PC-PC\* + notes sur Internet tirées de Basdevant. Voir aussi Feynman III chapitres 8 et 9 (en anglais sur internet) ou surtout Le Bellac (tome I, chapitre 5 : traitement très digeste)

Pour « assurer », une proposition :

1) Régler le problème de la combinaison linéaire de deux niveaux. Evolution temporelle. Oscillation à  $\Delta E/\hbar$ . Il faut garder en mémoire que l’idée est ici de montrer que l’on peut construire un objet présentant des oscillations dans le temps à partir d’états stationnaires. Les calculs plus détaillés peuvent être vus dans Cohen chapitre IV, partie C. ou Feynman.

2) Où trouve-t-on un système à deux niveaux ? Ou encore : qu’est ce qui fixe  $\Delta E$  ? Un champ extérieur (magnétique pour le spin  $1/2$ ), la structure d’une molécule (Ammoniac (notes ou Feynman), molécule  $H^+$  (cf cohen)) Vous pouvez alors construire le système à deux niveaux de votre choix. Pour une molécule on peut en particulier insister sur l’effet stabilisateur du partage des e- (là encore cf. Cohen IV-C-c).