

Ce document est un modèle pour vous faciliter la reprise et la conception des leçons de physique (LP), et vous permettre d'optimiser la préparation des écrits et des oraux à travers les présentations de LP. Ce document est à adapter en fonction de vos besoins et à faire évoluer. Il vous donne une première base pour synthétiser les informations et orienter efficacement votre travail. Vous devez faire apparaître dans ce document les trois aspects fondamentaux d'une leçon : aspect disciplinaire, aspect didactique, aspect pédagogique. Les conseils et indications de travail sont en *italique*, à suivre en fonction de vos besoins.

Table des matières

1	Prérequis	1
2	Introduction générale de la leçon	1
3	Proposition de plan	1
3.1	Rayonnement du corps noir	2
3.2	Émission par source atomique.	2
3.3	Diodes électroluminescentes	2
4	Ouvertures possibles, prolongements et conclusion de la leçon	3
5	Expériences illustratives, simulations numériques et exploitation pédagogique	3
6	Questions posées à l'issue de la présentation	3
6.1	Examineur.	3
7	Remarques de l'examineur	4
8	Subtilités de la leçon et points disciplinaires essentiels	4
9	Bibliographie pour construire la leçon	4
10	Critique des choix pédagogiques de la leçon	4

1 Prérequis

- ▷ Transfert thermique par rayonnement. Équilibre thermique radiatif. Notion de flux.
- ▷ Notion d'onde électromagnétique.
- ▷ Atome d'hydrogène, modèle de Bohr, nombres quantiques.
- ▷ Notion de semi-conducteur
- ▷ Notion de densité d'état, gaz de photons, statistique de Bose-Einstein.

2 Introduction générale de la leçon

Choix d'ampoule au magasin, laquelle choisir, différentes technologies et quels avantages et inconvénients ?

3 Proposition de plan

[†]arnaud.le_diffon@ens-paris-saclay.fr

3.1 Rayonnement du corps noir

► Définition

Donner les approximations pour démontrer la loi de Planck (enceinte de volume $V = L^3$ corps opaque, gaz de photons indépendants interagissant avec les parois, équilibre thermique à T).

Reexpliquer ce qu'est l'équilibre radiatif.

► Loi de Planck

Démo de la loi de Planck en supposant la stat de Bose-Einstein connue.

Slide avec spectre.

► Applications

Donner (ou démontrer) la Loi de déplacement de Wien et l'utiliser pour commenter la possibilité de déterminer la température de surface de certains objets dont les spectres sont approximés par des spectres de corps noirs (Soleil, lampe QI, corps humain).

Acquerir le spectre de la lampe QI et commenter (Spectro infrarouge Ovio et pas Ocean insight). Commenter l'allure et le fait que le gros du spectre soit dans l'infrarouge (donc échauffement et faire rendement).

Transition didactique : Trop consommatrice d'énergie, on lui a substitué les lampes fluo-compactes ou "à économie d'énergie", dont le fonctionnement repose sur un autre principe.

3.2 Emission par source atomique.

► Atome de Bohr et spectre de raies

Démo de l'expression de l'énergie pour un atome de Bohr puis de l'expression des longueurs d'onde de la série de Balmer. Monter le spectre de la lampe à Hydrogène (ou d'une lampe spectrale) et montrer que le spectre est discret et que le calcul marche très bien pour prévoir les longueurs d'onde (même sans le faire en quantique).

► Fluorescence

Expliquer principe sur slide (transitions indirectes). Donner les temps de vie des états pour les émissions directes, par fluorescence et phosphorescence.

► Applications

Lampe spectrale Sodium pour l'éclairage public puis lampe à décharge

Fluorescence pour la microscopie optique à fluorescence.

Transition didactique : Ces spectres sont discrets et bien que les ampoules permettent beaucoup d'économie d'énergie et un très bon rendement, on peut pas trop faire de lumière blanche (et éclairage pas très facilement pilotable). Du coup on utilise aussi des semi-conducteurs pour faire des LED.

3.3 Diodes électroluminescentes

► Spectre de bande

principe de la structure de bande (schématiquement), de la jonction PN, avec des schémas seulement. Puis acquérir le spectre d'une LED. et commenter.

► Applications

LED, Parler des avantages des LED et comparer aux autres sources. Eventuellement parler des limites s'il y a le temps.

4 Ouvertures possibles, prolongements et conclusion de la leçon

- ▷ On a vu 3 types d'éclairage reposant sur 3 principes physiques différents. et on a pu choisir la technologie qui nous va le mieux (approfondir si on a commenté les matériaux constituant les lampes (Semi-cond, mercure, ...).
- ▷ Bien d'autres sources de rayonnement peuvent être envisagées dans des domaines spectraux bien différents et reposant sur d'autres principes (rayonnement dipolaire, synchrotron, cyclotron, ...)

5 Expériences illustratives, simulations numériques et exploitation pédagogique

- ▷ Acquisition des 3 spectres des lampes blanche et spectrale et LED en direct.

6 Questions posées à l'issue de la présentation

6.1 Examineur

- ▷ Schéma donne la dimension dans l'espace des k comme $V = \frac{\pi}{L}$, vous avez écrit dans la démo avec un 2π , pourquoi? *C'est vrai, ça n'y figure pas, c'est une erreur.*
- ▷ Qu'est-ce que la luminance spectrique? *Il s'agit de la dérivée de la luminance spectrale.*
- ▷ Quel sont les inconvénients des ampoules à filament de tungstène? *Filament qui se sublime s'il n'y a pas de gaz qui l'empêche + vapeur de tungstène qui opacifie le bulbe.*
- ▷ Quels sont les risques sanitaires présumés pour les lampes fluo-compactes? *Vapeurs de mercure dans l'ampoule et rayonnement UV.*
- ▷ Quels sont les avantages et inconvénients des LED? *Faible température, bonne durée de vie, résistance aux cycles allumage/extinction mais alimentation qui a une durée de vie amoindrie à cause de son échauffement*
- ▷ Quel est l'élément le plus lourd de la classification? Y-a-t'il une limite théorique au tableau périodique? *Le plus lourd est l'Oganesson (118). On voit apparaître un terme en $\sqrt{1 - \alpha^2 Z^2}$ qui demande que $Z < 137$. Donc avec ce modèle simple, il y a une limitation à $Z = 137$.*
- ▷ MAX du spectre du Soleil? Quelle est sa couleur et pourquoi on le voit pas comme ça? *Diffusion Rayleigh qui enlève le bleu et donc on voit une somme du rouge et vert restant (s'ou le jaune).*
- ▷ Quelle expérience pour mettre en avant la loi de Wien? *Pyromètre à disparition du filament (voir le Hprépa pour le détail)*
- ▷ Quelle différence entre rayonnement thermique et rayonnement d'équilibre thermique? *le premier dépend de la nature du matériau, le second non (second principe violé sinon).*
- ▷ Pourquoi y-a-t'il besoin d'un miroir dichroïque pour la microscopie à fluorescence? *Bail de polarisation, même si un filtre interférentiel suffirait pour sélectionner les longueurs d'ondes de fluorescence par rapport à celle d'excitation.*
- ▷ Analogie entre rayonnement d'équilibre et un gaz parfait? *Oui, le rayonnement ne peut pas être en équilibre tout seul comme les modes électromagnétiques sont découplés. Il faut les parois pour atteindre l'équilibre.*
- ▷ Une source de rayonnement du corps noir dans l'univers? Découvert par qui? *Fond diffus cosmologique découvert par Penzias et Wilson.*
- ▷ Commentaires sur le spectre du soleil? Effet de Serre, quels gaz sont coupables? *Zones absorbées par le CO_2 , H_2O , CH_4 et CFC*
- ▷ Quelle est l'approximation dipolaire?
- ▷ Formule de Larmor? (celle sur la puissance rayonnée)
- ▷ Quelle structure de l'onde dans l'approximation dipolaire?
- ▷ En classique, est-ce qu'une charge accélérée rayonne? Et dans le cadre relativiste? (spoiler : ça reste valable)
- ▷ Principe du synchrotron? du cyclotron? du betatron (reflets de la physique N°33)?
- ▷ Principe du LASER? du MASER?
- ▷ Particularité d'une antenne $\lambda/2$? Des antennes Yagi?

7 Remarques de l'examineur

Bon plan et bons choix, du temps à gagner sur les démos (de l'équilibre au début et de l'atome de Bohr). Eviter que ça fasse catalogue, donc c'est bien de garder des sciences entre chaque application.

8 Subtilités de la leçon et points disciplinaires essentiels

▷ Connaitre démo de la stat de Bose-Einstein.

9 Bibliographie pour construire la leçon

- ▷ Gié, thermo chapitre sur le corps noir.
- ▷ Bellac, mécanique quantique p36.
- ▷ Garing L2, chapitre 5 pour dipolaire et antenne.
- ▷ Hprépa chapitre 3 p77
- ▷ Cours sur les LED de l'ESPCI et Supopopop
- ▷ Livre d'Arnaud pour les spectres s'il faut une idée du matos

10 Critique des choix pédagogiques de la leçon

ça passait pas en 40min, faut gagner du temps sur les démos afin de tout caser proprement et tout commenter. La démo de Planck suffit comme développement mathématique. Les expériences doivent servir, donc soit on les fait et on les commente, soit on les dégage, à voir.

- BONNE PRÉPARATION -