

Résumé

L'émission spontanée est due à l'interaction entre un atome et un champ électromagnétique. Ainsi, cet effet n'est pas une caractéristique intrinsèque des atomes et l'émission spontanée est fortement dépendante de l'environnement électromagnétique dans lequel ils évoluent. Par conséquent, en contrôlant la densité locale d'états électromagnétiques (LDOS), il est possible d'augmenter ou de diminuer le taux d'émission spontanée. Le facteur de Purcell mesure l'augmentation ou la diminution du taux d'émission spontanée. Le but de cette thèse est d'analyser l'effet des modes électromagnétiques sur le ce facteur. Le plus souvent, la mesure du facteur Purcell se fait via la variation des taux de décroissance des atomes ou des molécules fluorescentes. Récemment, il a été démontré que dans un régime de couplage faible, le facteur Purcell est analogue à la modification de l'impédance d'entrée d'une antenne radiofréquence. Cette démonstration a permis d'étendre la quantification du facteur de Purcell au domaine des hyperfréquences.

Dans cette thèse, nous avons utilisé cette approche de mesure de l'impédance d'antenne afin de déterminer le facteur de Purcell électrique et magnétique dans un métamatériau fonctionnant entre 5-15 GHz. Le métamatériau, en raison de sa dispersion hyperbolique en polarisation transverse magnétique a une densité d'états locale importante qui se traduit par une augmentation du facteur Purcell. En même temps, l'absence de modes de propagation dans la polarisation transverse électrique annule le facteur Purcell. Nous avons démontré expérimentalement, il est possible d'étudier cette dépendance en polarisation en utilisant de simples antennes radiofréquences.

Dans la deuxième partie de la thèse, j'ai étendu ce modèle à la caractérisation de la modification du transfert d'énergie dans les interactions dipôle-dipôle (DDI) par l'environnement électromagnétique. Le transfert d'énergie par résonance (Förster resonance energy transfer, FRET) est le processus d'échange d'excitation entre un atome dans un état excité (donneur) et un atome dans un état fondamental (accepteur). Ces interactions sont particulièrement intéressantes lorsque la distance séparant le donneur et l'accepteur est inférieure à la longueur d'onde. À de telles distances, le transfert d'énergie est dû à des mécanismes non radiatifs en champ proche. Un tel transfert d'excitation gouverne des phénomènes importants tels que le transfert d'énergie par résonance, responsable du transfert d'énergie entre les molécules à des distances nanométriques (nm).

Dans le manuscrit, je montre que pour l'émission spontanée, on peut formuler un transfert d'énergie classique avec des antennes radiofréquences. Le transfert d'énergie par résonance peut être ainsi étudié à travers l'impédance mutuelle (Z_{21}) de deux circuits linéaires couplés à des antennes de dimensions sub-longueur d'onde. Je développe ainsi des analogies classiques afin de caractériser l'influence des modes électromagnétiques sur les processus par DDI tel que le FRET en termes d'impédance mutuelle (Z_{21}) d'un réseau micro-ondes à deux ports. Je présente ensuite les mesures du transfert d'énergie de résonance dans le vide à la fréquence 1 GHz où la dépendance caractéristique du FRET comme r_{DA}^{-6} est rapportée, r_{DA} étant la distance de séparation donneur-accepteur. Je

présente aussi des résultats expérimentaux montrant le changement de transfert d'énergie de résonance à l'intérieur d'un guide d'onde à plaques parallèles et je le compare avec les modèles théoriques. Ainsi, ce travail contribue à développer une compréhension cohérente de l'effet de l'environnement électromagnétique sur processus induits par les interactions dipolaires atome-champ.