

# PHYSIQUE ULTRARAPIDE



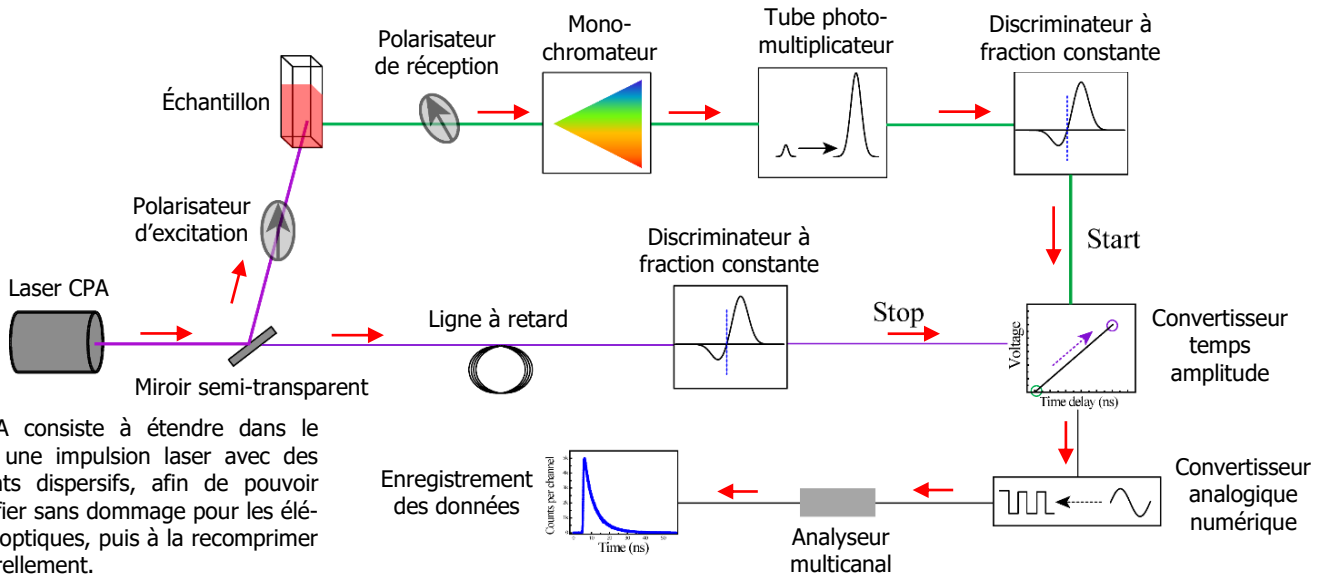
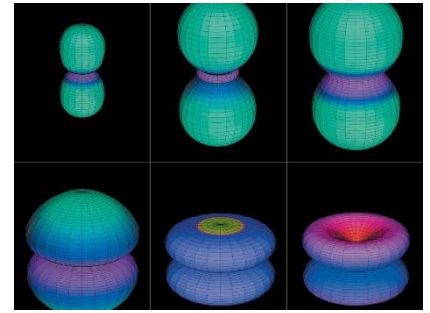
**Anne L'Huillier** : Combien de temps un électron met-il pour sortir d'un atome ? Comment saisir son mouvement ? C'est grâce aux travaux de cette cinématographe de l'atto-seconde (as) que l'on peut enfin répondre à ces questions. On la surnomme la *paparazza de l'infiniment petit*. Pionnière de la physique ultrarapide, avec elle est née un nouveau domaine d'exploration : la physique atoseconde et de nouveaux outils pour sonder les propriétés quantiques de la matière.

En 2023 le Nobel de physique a consacré la Franco-suédoise Anne L'Huillier, le Français Pierre Agostini et l'Austro-hongrois Ferenc Krausz pour leur recherche sur les flashes lumineux ayant permis de comprendre les mouvements ultra-rapides des électrons dans les atomes et molécules.

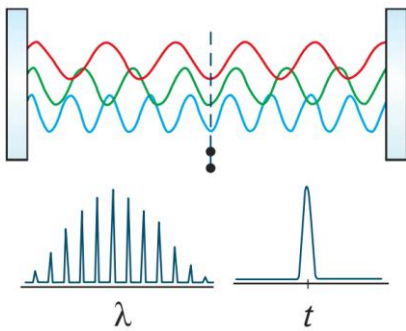
Pour réaliser cet exploit scientifique, il a fallu développer deux instruments.

**Le Laser Ultrarapide** : il génère des impulsions lumineuses qui ne durent que quelques fs.

**La Caméra Ultrarapide** : c'est une combinaison d'une caméra à balayage, un micromiroir numérique et un logiciel. Une fois que les données sont acquises par la caméra, les images sont formées sur ordinateur grâce à une méthode d'imagerie par calcul. Le grand avantage de la méthode est qu'elle permet de saisir des images jusqu'à 10'000 milliards par seconde. (Caltec).



La CPA consiste à étendre dans le temps une impulsion laser avec des éléments dispersifs, afin de pouvoir l'amplifier sans dommage pour les éléments optiques, puis à la recomprimer temporellement.



Les lasers ultrarapides sont extrêmement avantageux pour une grande diversité d'applications notamment les applications médicales de haute précision, le traitement de matériaux, le micro-usinage, l'imagerie et la microscopie non linéaires et les communications. Les lasers ultrarapides permettent d'obtenir de meilleures tolérances dimensionnelles dans le cadre du traitement de matériaux et du micro-usinage tout en éliminant les étapes usuelles post-traitement et en minimisant les dommages occasionnés au niveau des surfaces environnantes. De la même manière, les lasers ultrarapides permettent de minimiser les chocs dans le cadre de la chirurgie laser et d'autres applications médicales, réduisant également les besoins en anesthésie et en stérilisation. Les impulsions laser ultrarapides sont créées lorsque les ondes lumineuses contenant une grande quantité de modes, ou des multiples entiers de la moitié de la longueur d'onde de la lumière, sont émises de manière cohérente par leur superposition en phase. On appelle également cela « verrouillage de mode ».

La qualité d'un faisceau laser est caractérisée par le facteur  $M^2$ , qui compare la vraie forme du faisceau à celle d'un faisceau gaussien idéal.

$$M^2 = \pi w_0 \theta / \lambda$$

Principe d'une chaîne d'amplification à dérive de fréquence (CPA) utilisée classiquement dans les lasers femtosecondes ⇒

