

## Formation : Transfert radiatif.

### Présentation

Cette formation ne présuppose aucune connaissance de la physique du rayonnement. Elle s'adresse par contre à des ingénieurs et des physiciens disposant d'une culture minimum dans au moins un domaine de la physique des transferts (e.g. fluide, thermique, chimie, combustion, structures, etc). On rappellera les fondements de la physique du rayonnement, en insistant sur son haut niveau de maturité : les sources de rayonnement et la façon avec laquelle le rayonnement interagit avec la matière (propriétés de surface, spectres de raies des gaz moléculaires, diffusion et absorption par des gouttes, des particules, des agrégats de suie) sont assez bien maîtrisées dans la plupart des contextes applicatifs. Mais sur cette base, notre objectif principal sera surtout de discuter et de clarifier l'observation suivante : lorsqu'un ingénieur ou un physicien actuel doit comprendre, prédire, optimiser les transferts d'énergie associés au rayonnement, et doit pour cela tenir compte des effets de réflexion/diffusion multiple en géométrie réelle, tenir compte des dépendances fréquentielles des propriétés et intégrer chacun des effets énergétiques sur l'ensemble du spectre, il fait le même constat qu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle : le transfert radiatif est "à part", comme si la pratique courante et l'expertise disponible autour des autres modes de transfert n'était jamais directement exploitable en présence de rayonnement. Nous essaierons de bien comprendre cette apparente spécificité, en en précisant les raisons et les limites, puis de montrer qu'elle est aussi, plus récemment, devenue une force dans le contexte de l'ingénierie actuelle, au sens où certaines des questions radiatives réputées les plus délicates deviennent simples du fait même de cette spécificité et sont aujourd'hui une source d'inspiration pour l'ingénierie des transferts plus usuelle.

### Objectifs

Il s'agit d'offrir un point d'entrée vers :

- La maîtrise des concepts clés de la physique du rayonnement, essentiellement les propriétés d'émission/absorption/réflexion/diffusion, les observables usuelles (luminance, densité d'énergie radiative, flux radiatif, puissances nettes échangées) et l'équation de transfert radiatif.
- Une connaissance actuelle de la pratique effective, en termes d'analyse du rayonnement au sein d'un système (industriel ou naturel), avec ou sans prise en compte des couplages avec les autres modes de transfert.
- Une classification des approches numériques disponibles.

### Public visé et/ou prérequis

Cette formation s'adresse à un public d'ingénieur-e-s ou de chercheur-e-s issus du milieu industriel ou académique. Aucun prérequis en transfert radiatif n'est nécessaire. Les concepts fondamentaux seront systématiquement réintroduits et discutés de manière rigoureuse, permettant à des participants non spécialistes ou disposant d'une expérience limitée dans le domaine de suivre la formation dans de bonnes conditions. Un niveau de formation ou de pratique correspondant aux standards de l'ingénierie ou de la recherche constitue le principal prérequis.

**ATTENTION :** Merci de candidater auprès du Responsable Pédagogique de la Formation

### Responsable de la formation

BLANCO STEPHANE

[stephane.blanco@laplace.univ-tlse.fr](mailto:stephane.blanco@laplace.univ-tlse.fr)

### Inscription

Administrative MISSION  
FORMATION CONTINUE ET  
APPRENTISSAGE

[mfca\\_formationqualifiante@utoulouse.fr](mailto:mfca_formationqualifiante@utoulouse.fr)

### Référente handicap

[Fabyenne.borloz@utoulouse.fr](mailto:Fabyenne.borloz@utoulouse.fr)

**Prix 2 422 € / stagiaire**

Réduction tarifaire de  
30% pour les  
établissements publics

### Déroulement de la formation

Durée : 21 heures

Dates :

Lieu : Laboratoire LAPLACE,  
Université Paul Sabatier, 31000  
Toulouse

Nombre de

participants :

Minimum : 3

Maximum : 10

*L'établissement se réserve le droit  
d'annuler la formation si le nombre  
minimal de participants n'est pas  
atteint*

### Modalités d'enseignement

Présentiel

### Formateurs et Intervenants

**Stéphane Blanco**

[stephane.blanco@laplace.univ-tlse.fr](mailto:stephane.blanco@laplace.univ-tlse.fr)

**Richard Fournier**

[richard.fournier@laplace.univ-tlse.fr](mailto:richard.fournier@laplace.univ-tlse.fr)

### Compétences visées :

À l'issue de la formation, le public aura acquis un premier niveau de pratique et, surtout, une connaissance précise de l'état de l'art actuel en transfert radiatif :

- il connaîtra le corpus théorique du transfert de rayonnement, y compris en milieu semi-transparent, son domaine de validité et ses limites opérationnelles ;
- il comprendra les liens et articulations entre le transfert radiatif et les disciplines telles que l'électromagnétisme et la spectroscopie quantique moléculaire d'où sont issues les propriétés radiatives de la matière ;
- il aura expérimenté ce que signifie concrètement mobiliser ce corpus pour analyser qualitativement, puis quantifier précisément le rayonnement au sein d'un système thermique ;
- il aura pris la mesure des potentialités et des limites des approches actuelles, notamment en termes de simulation numérique.

### Programme

Chaque demi journée de formation débutera par un temps de cours consacré aux fondements théoriques, suivi d'une mise en pratique en immersion au sein de l'équipe de recherche Grephe du laboratoire Laplace. La formation sera encadrée par plusieurs chercheur·e·s de la plateforme CNRS EdStar. Les apports théoriques et les travaux pratiques seront étroitement articulés afin de mettre en évidence les principales sources de difficultés et les moyens actuels de les contourner. Une part importante du temps de formation prendra ainsi la forme de travaux pratiques, d'études de cas et de discussions collectives autour de configurations représentatives des moments où le praticien doit calculer des ordres de grandeur, faire des tests de cohérences, évaluer la pertinence d'une approche numérique et concevoir une procédure de validation.

#### Partie théorique

**Jour 1 :** La première demi journée sera consacrée aux fondements de la physique du rayonnement, à l'établissement de l'équation de transfert radiatif et à l'expression de la solution générale de cette équation. L'équation de transfert radiatif est en effet une équation linéaire et il est possible (et surtout très utile) de présenter sa solution (le champ de luminance) comme une somme de toutes les sources présentes dans le système, multipliées par le propagateur du lieu de la source vers le point d'observation. Comprendre ce propagateur (dont la version la plus simple est la loi d'extinction de Beehr) est essentiel pour la suite.

**Jour 2 :** La seconde demi journée poursuivra cet ancrage des fondements en insistant sur les propriétés spectrales (avec notamment la question des spectres de raies des gaz moléculaires).

**Jour 3 :** La troisième demi journée revisitera l'ensemble sous l'angle des méthodes numériques.

#### Partie pratique

**Jour 1 :** Les participants seront invités à analyser un petit nombre de configurations très simples, de façon à asseoir leur compréhension des émissions radiatives et de leur mode de propagation (transmission, réflexion, diffusion) en insistant sur les contraintes thermodynamiques principales (reconstruction de l'équilibre à la limite isotherme, échanges nets nuls entre zones de même température).

**Jour 2 :** Les participants choisiront entre deux approfondissements possibles : groupe 1, complexification des chemins optiques (réflexion multiple, diffusion multiple) ou groupe 2, complexification du spectre.

**Jour 3 :** Les participants seront engagés collectivement dans une mise en œuvre numérique.

### Modalités d'évaluation

*Mise en situation*

### Validation

*Délivrance d'une attestation de fin de formation*