

Offre d'un cours en ligne sur

INTRODUCTION À LA PHYSIQUE DU FEU

ALEXIS COPPALLE, INSA ROUEN
ANTHONY COLLIN, POLYTECH NANCY

• Objectifs:

- **Découvrir et comprendre** les notions fondamentales sur les incendies dans les espaces confinés ;
- **Connaitre** les dispositifs de mesures et les standards (réaction/résistance) ;
- **Savoir calculer** des ordres de grandeurs.



Offre d'un cours en ligne sur

INTRODUCTION À LA PHYSIQUE DU FEU



- Deux niveaux de formation

- Niveau 1 : (en construction)

- **Découverte** des phénomènes physiques intervenant dans les incendies ;
- Pour un **grand public**, *** sans prérequis *** ;
- Logique d'une **médiation scientifique** ;
- Module demanderait 1 à 2 heures de suivi, découpé en quelques **notions fondamentales** ;
- **Interactif**, du type "pages web" avec des questions/réponses.

Offre d'un cours en ligne sur

INTRODUCTION À LA PHYSIQUE DU FEU



- Deux niveaux de formation
- **Niveau 2** : 1^{ère} session février 2024 ==> session à venir février 2024
 - **Formation approfondie** sur les phénomènes physiques se produisant dans les incendies ;
 - **Pré-requis** de niveau licence ou master ;
 - **Public** : stagiaires Master, ingénieurs débutants ou confirmés, chercheurs.

Caractéristiques de la formation Niveau 2

Ouverture février 2025



- **Cours en ligne** : pas d'interactivité directe avec un formateur
... mais un formateur suit le déroulement et les progressions
- **Autoformation** et auto-évaluation
- **Durée** : 8 semaines, 3 heures/semaine
- **Organisation** :
 - Créneaux bloqués dans le temps (créneau en 2024, le vendredi après midi)
==> favoriser les interactions entre les participants
 - Accessibilité libre au matériel pédagogique (sur une période limitée pour chaque chapitre) ==> Gestion de son rythme personnel d'apprentissage
- **Avantage** : formation en non présentiel - pas de déplacement, frais réduits

Méthodes et Matériels pédagogiques

Plateforme Moodle de l'Université de Lorraine



• Chaque chapitre s'est :

- **Une introduction** : avec une vidéo (5 mn) et/ou un ppt ==> explicitant les objectifs et les **notions fondamentales** abordées.
 - **notion fondamentale**: Un élément constitutif du contenu pédagogique du chapitre.
==> En moyenne, il faut compter **10 mn environ d'autoformation** pour l'aborder, la comprendre et la maîtriser
- **Une partie didactique** ==> pour découvrir et bien comprendre les **notions fondamentales abordées**, à faire pendant le créneau de formation (ou à finir en dehors du créneau)
- **Un QCM** (5 à 10 mn)
 - ==> pour évaluer le suivi et la compréhension du chapitre, à faire pendant ou en dehors du créneau de formation

Méthodes et Matériels pédagogiques



Chaque chapitre s'est aussi:

- **Des études de cas:**

- ===> Problème pratiques à résoudre avec des résultats chiffrés

- Recherche des valeurs pertinentes de paramètres

- ou des constantes utiles

- Analyse des résultats: pratique de la sécurité incendie

- A faire en dehors des créneaux dédiés à la formation

- Peut prendre 30 à 45 mn

- Interaction possible avec le formateur

- Interaction à distance avec le formateur et échanges sur le forum

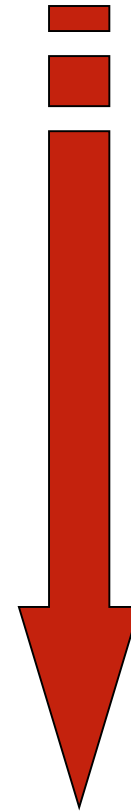
- Correction détaillée et donnée par le formateur

Contenu du cours



• Huit chapitres :

- 1 - Introduction
- 2 - Aspects phénoménologiques d'un feu dans un local
- 3 - La combustion en phase gaz
- 4 - Ignition
- 5 - La propagation sur un matériau
- 6 - Dégagement de chaleur
- 7 - Feu dans un local



Méthodes et Matériels pédagogiques



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

ARCHE

Accueil

Mon espace

Outils enseignant ▾

Besoin d'aide ? ▾

▾ La combustion en phase gaz 🔒



Chap-3 Video Introduction

Une flamme c'est quoi?



Une flamme c'est quoi?

Réaction globale de combustion, vitesse de réaction



Réaction globale de combustion et vitesse de réaction

Température de flamme: adiabatique ou réelle



Températures de flamme: adiabatique ou réelle

Emission de gaz toxiques



Emission de gaz toxiques

La combustion en phase gaz

Réaction globale de combustion, vitesse de réaction

- La réaction globale et stœchiométrique de la combustion, c'est :



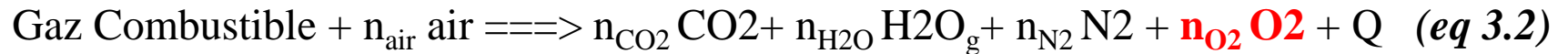
Avec $n_{\text{air},s}$, $n_{\text{CO}_2,s}$, $n_{\text{H}_2\text{O},s}$ et $n_{\text{N}_2,s}$ les coefficients stœchiométriques

- Mais que se passe-t-il si il y a trop d'air ou trop d'oxygène

(par rapport à la proportion stœchiométrique)

\implies Il restera du O_2 après la combustion!

- On écrira:

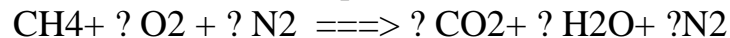


Avec $n_{\text{air}} > n_{\text{air},s}$

- Souvent on définit le facteur de dilution λ par $\lambda = n_{\text{air}} / n_{\text{air},s}$ avec $\lambda > 1$

- E : écrire la réaction globale et stœchiométrique (en moles) de la combustion du méthane

Il s'agit de donner les coefficients stœchiométriques molaires de la réaction



- Pour cela chaque élément (C, O, N et H) doit être équilibré à gauche et à droite de la réaction

- Attention: O_2 s'appelle l'oxygène moléculaire, O est l'élément oxygène

E : écrire la réaction (en moles) d'un combustible de composition élémentaire $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$

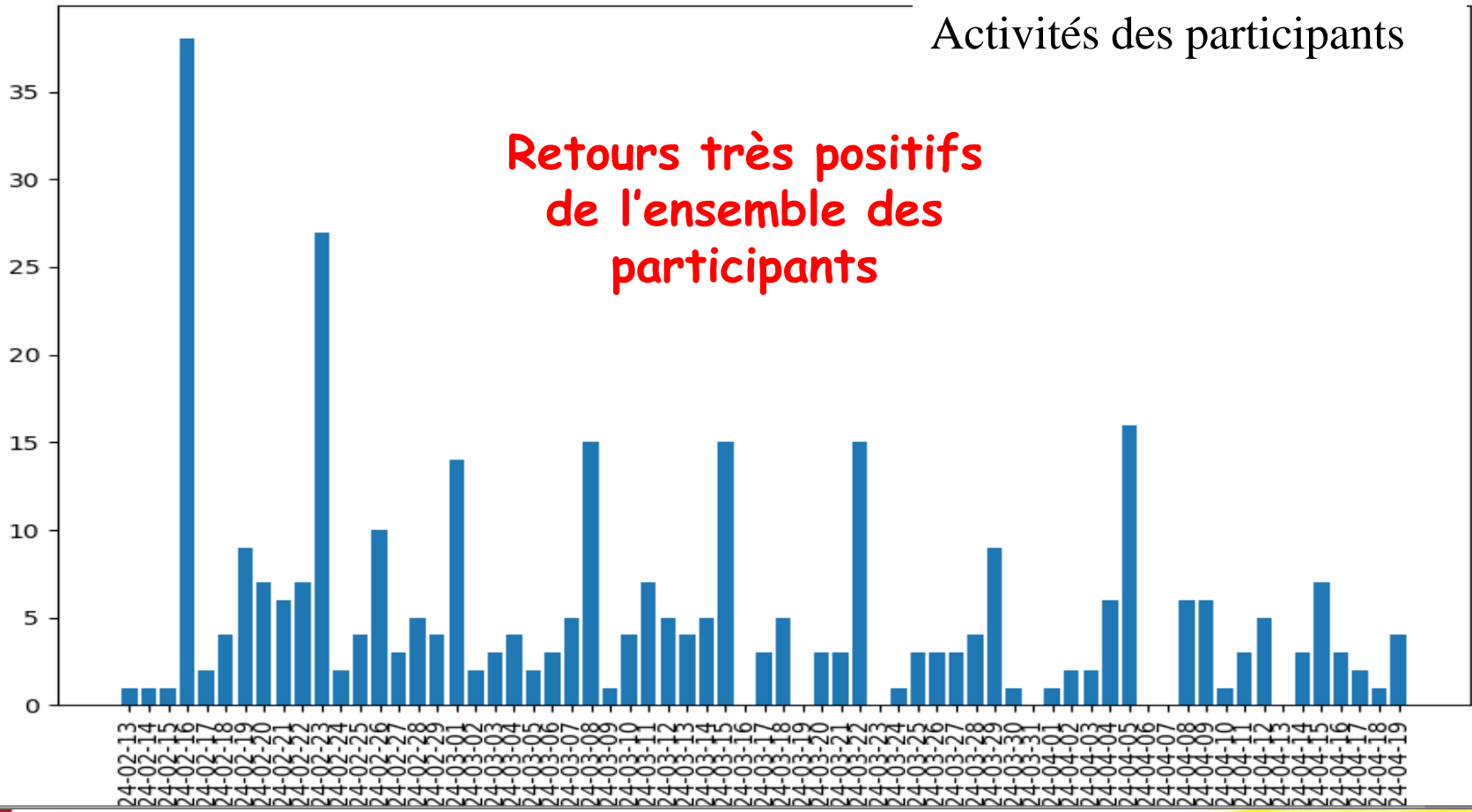
- Des approfondissements : **pour en savoir plus**,

pas nécessaire à la compréhension de l'ensemble de la formation.



Bilan de la session de février 2024:

38 inscrits
(20 participants actifs jusqu'à la fin)





Inscription : libre et gratuite

Envoyer un courriel avec quelques lignes sur les motivations
et le projet de formation

alexis.coppalle@coria.fr

anthony.collin@univ-lorraine.fr

giacomo.erez@interieur.gouv.fr

En réponse à votre courriel:

*le contenu détaillé sera fourni afin de vous permettre de juger de l'adéquation
entre cette offre et votre projet de formation*

Rappel: ouverture de la formation en Février 2025

Créneaux: vendredi après midi

Evolutions futures



- **Niveau 1** : en construction, ouverture courant 2025
- **Nouveaux chapitres**
 - Rayonnement thermique dans l'incendie (A. Collin),
 - La simulation des incendies (A. Coppalle, autre?),
 - Métrologie des températures et des flux (G. Erez, autre?),
 - L'évacuation (A. Collin ?),
 - Les feux de végétation (A. Collin, autre?).
 - Autres... (?)
- Certains modules pourraient à l'avenir devenir payant
 - ... si reconnaissance dans le milieu professionnel ...
 - A discuter...
- Ce cours en ligne peut être intégré à des cursus existants de formations
 - ==> initiales ou continues
 - A discuter...

Contenu détaillé de la formation



➤ Introduction

- Des notions simples sur le feu
- Les statistiques
- Notion de risque, *prévention et protection*
- L'ingénierie de la sécurité incendie
- *Un descriptif du contenu et du déroulement du cours*

Contenu détaillé de la formation



➤ *aspects phénoménologiques d'un feu dans un local:*

- un feu c'est un scénario
- Courbes caractéristiques de température ou de puissance
- Le 'backdraft'

Contenu détaillé de la formation



➤ **La combustion en phase gaz**

- Une flamme, c'est quoi ?
- Réaction globale de combustion, vitesse de réaction
- Températures de flamme: adiabatique ou réelle
- Emission de gaz toxiques
- Structure interne des flammes
flammes de diffusion ou pré mélangée
- Flammes turbulentes

Contenu détaillé de la formation



➤ Ignition

- Ignition des gaz
 - Auto-ignition. Théorie de Semenov
 - Exercice excel 'Auto-ignition-Calcul-Qr-Qp'
 - Ignition pilotée
 - Limites d'inflammabilité
 - Etude de cas
 - Et les fumées
- Ignition des liquides
 - notion de points éclair et feu
- Ignition des solides
 - Approche normative: Réaction au feu des matériaux,
 - Approche normative: Résistance au feu des matériaux
 - Estimation du temps d'ignition
 - Estimation du temps d'ignition : Processus et modèle simple
 - Estimation du temps d'ignition : cas 'thermiquement mince'
 - Estimation du temps d'ignition : cas 'thermiquement épais'

Contenu détaillé de la formation



➤ La propagation sur un matériau

- Mais de quoi parle-t-on?
- Facteurs importants
(qui influencent la vitesse de propagation V_p)
- Flamme à contre courant
Principe de la propagation d'une flamme à contre courant
Cas d'un matériau thermiquement mince
Cas d'un matériau thermiquement épais
Test LIFT
Influence de la vitesse de l'air
- Flamme à co-courant
Principe de la propagation d'une flamme à co-courant
ordre de grandeur de la vitesse de propagation
- Combustion sans flamme: feux couvant
- Etude de cas: propagation d'un feu sur un matelas

Contenu détaillé de la formation

➤ Le dégagement de chaleur



- Quelques rappels sur le rayonnement thermique
- Perte de masse et dégagement de chaleur
- Pour les liquides:
 - Scénarios et cinétique de feux
 - Lien entre le flux reçu et la perte de masse
- Etude de cas:
 - calcul de l'impact du rayonnement d'un feu de nappe
- Pour les solides:
 - Scénarios et cinétique de feux
- La mesure du dégagement de chaleur
- Foyers réels
- Etude de cas: Feux de palettes

Contenu détaillé de la formation



➤ Feux dans un local

- Le foyer:
 - Hauteur de flamme
 - Le panache thermique
 - Lois de McCaffrey
 - Entrainement d'air
 - Effet d'un plafond
- Etude de cas: toxicité d'une fumée en CO
- Pré-flashover:- Formules simplifiées
- Etude de cas: calcul de la température et de la hauteur de fumée
- Le déroulement d'un feu et la puissance dégagée
- L'embrasement généralisé (flashover)
- Etude de cas:
 - Analyse du flashover dans un local avec un feu de palettes
- Influence de la ventilation du foyer
- Une approche simple: le modèle à zone
- La circulation des fumées