



## Actualités

Analyse de sinistre – Effondrement d'un pont à Pittsburgh

Réglementation parasismique

Exécution des ouvrages d'art

## Rencontre

Stéphanie Obadia, directrice de Construction21

## Sur le terrain

Une arène au cœur de Chartres



## DOSSIER

Fumées de soudage  
prévenir les risques

**WE  
BREATHE  
FASTENERS®**



EN 14399-4  
Boulons HV



EN 14399-3  
Boulons HR



SMART S-TB7  
Goujons d'ancrage



EN 15048  
Boulons SB

**Les boulons de pgb-France**  
**qualité testée**  
**et approuvée!**

## Boulons en acier pour applications structurales! (selon la norme EN 1090-2)

Afin de permettre une identification claire des ensembles de boulonnerie, chaque élément porte un marquage permettant d'identifier le produit et de limiter le risque d'erreur. De plus, l'indication du numéro de lot de fabrication garantit la traçabilité avant et après assemblage. Le marquage doit donc toujours rester visible. Lors du montage des rondelles et des écrous, il est impératif de s'assurer que la face portant le marquage est tournée vers l'extérieur.

Les goujons d'ancrage SMART S-TB7 avec l'option 7 de l'ETA pour béton non fissuré est votre solution flexible pour le montage dans des surfaces en béton non fissurées.

Pour plus d'information et **information technique** visitez notre site:

[www.pgb-europe.com](http://www.pgb-europe.com) > téléchargements > brochures

### pgb-France

25 Rue du Champ des Oiseaux  
59230 Saint-Amand-les-Eaux, France

[info@pgb-france.com](mailto:info@pgb-france.com) | Tel. +33 (0)3 27 21 56 80

**pgb-fasteners®**

Quality by **france pgb**



# ÉDITORIAL

## L'édito par Nicolas Pouvreau

Directeur développement industriel et transition écologique et directeur  
du département communication-marketing et publication - CTICM



Parmi les grands sujets d'actualité de la filière acier, certains sont prioritaires en particulier pour notre environnement de travail.

Nous devons faire preuve de bienveillance envers notre entourage et prendre soin des êtres vivants que le constituent.

Voilà un bel objectif nécessaire pour pérenniser le bien-être et le bien-faire dans nos entreprises.

Il faut s'attacher au progrès et à l'innovation qui vont améliorer nos conditions de vie au quotidien et en toute circonstance.

Si dans la construction métallique nous voulons recruter et fidéliser nos équipes, nous devons proposer à nos collaborateurs un environnement sain et durable.

Dans un précédent CMI, nous vous avons présenté les exosquelettes dans l'industrie de la métallurgie, « *une évolution pour l'environnement professionnel* ».

Cependant, d'autres innovations technologiques émergent pour améliorer les conditions de travail avec des moyens de manutention automatique ou encore les EPI, « *équipements de protection individuelle* », de dernières générations.

Un autre sujet réglementaire, la protection contre les fumées de soudure, est un aspect crucial en construction métallique pour assurer la sécurité et la vie des travailleurs. Les fumées de soudure contiennent des particules nocives et des gaz, tels que les oxydes métalliques, ainsi que des composés organiques volatils qui peuvent être dangereux pour la santé respiratoire.

Notre dossier vous permettra de mieux appréhender ce danger, de vous prémunir contre l'inhalation de ces substances dangereuses et de trouver un soutien avec un accompagnement du CTICM.

Cependant, pour tirer pleinement parti de ces outils, la formation joue un rôle important dans notre secteur, car elle permet d'acquérir les compétences techniques et professionnelles nécessaires pour mener à bien des projets de manière sûre, efficace et conforme aux normes de santé publique.

N'hésitez pas à nous contacter sur ces différentes problématiques, nous saurons vous conseiller et vous guider !



**CONSTRUCTION  
METALLIQUE**

**Depuis 1886,**

le SCMF défend les intérêts de la  
construction métallique en France.



Au cœur de  
la construction  
métallique

**SCMF**

4 rue Michael Winburn,  
92400 Courbevoie

info@scmf.eu | 01 47 74 66 15 | [www.constructionmetallique.fr](http://www.constructionmetallique.fr)

# SOMMAIRE

## Éditeur :

CTICM - Centre technique industriel de la construction métallique

## Directeur

**de la publication :**  
Philippe Hostaléry  
directeur général du CTICM

## Rédactrice en chef :

Isabelle Pharisier, chef du service publications  
Tél. : 01 60 13 83 00  
ipharisier@cticm.com

## Régie publicitaire :

RIVE MEDIA,  
10 rue du Progrès  
93100 Montreuil  
Razvan Ursache :  
Tél. : 01 41 63 10 34

## Imprimé en France

Réalisation :  
Guillaume Sasse,  
sasse.guillaume@gmail.com

## CTICM

Espace technologique  
L'Orme des Merisiers  
Bâtiment Apollo  
91193 Saint-Aubin  
Tél. : 01 60 13 83 00  
Fax : 01 60 13 13 03

CMI est diffusé  
gracieusement  
à 8 500 exemplaires.

CMI, dans un souci de préservation de l'environnement, est imprimé sur papier recyclable. La reproduction même partielle de tout matériel publié dans CMI est strictement interdite. Les annonceurs prennent l'entière responsabilité des informations qu'ils insèrent et déclarent être autorisés à les utiliser.

Pour vous abonner  
gracieusement :



Une arène au cœur de Chartres

30



RENCONTRE  
Interview de Stéphanie Obadia,  
directrice de Construction21

24



Fumées de soudage  
prévenir les risques

10

## Actualités techniques 6

Analyse de sinistre - Effondrement  
d'un pont à Pittsburgh

Réglementation parasismique 7

Exécution des ouvrages d'art 8

État des connaissances, des pratiques et  
préconisations concernant les agressions  
vent et neige sur les installations  
nucléaires de base 8

## Dossier 10

Fumées de soudage, prévenir les risques

## Rencontre 24

Interview de Stéphanie Obadia, directrice  
de Construction21

## Sur le terrain 30

Une arène au cœur de Chartres

## Formation 38

La formation continue au CTICM

## Assistance technique 40

# ACTUALITÉS

## ACTUALITÉS

### Analyse de sinistre – Effondrement d'un pont à Pittsburgh

Le NTSB (National Transportation Safety Board) a rendu son rapport final sur les causes de l'effondrement d'un pont métallique à Pittsburgh, en janvier 2022. Compte rendu de l'expertise.

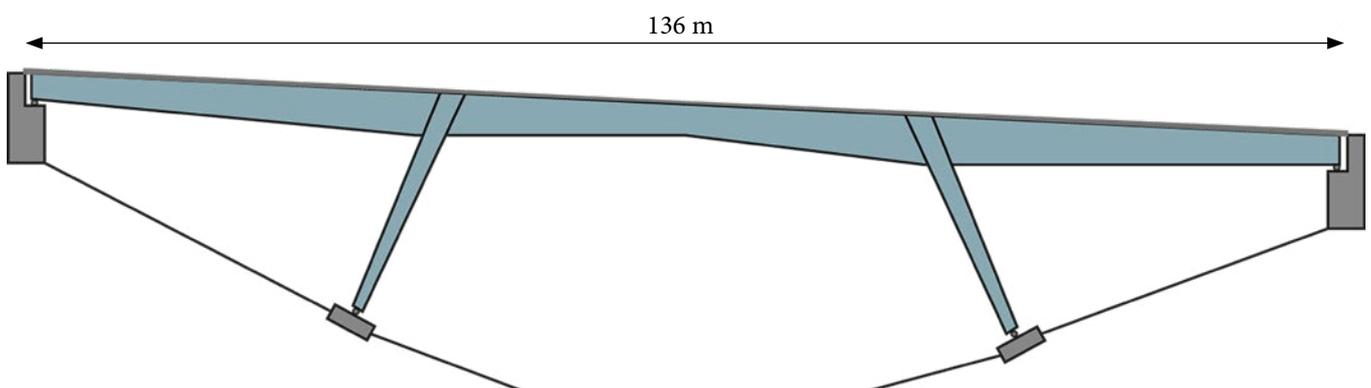
*Pierre-Olivier Martin*, directeur de projets de recherche, CTICM

Le Fern Hollow bridge était un pont métallique de 136 m de portée environ, situé dans la ville de Pittsburgh, en Pennsylvanie (États-Unis), permettant de franchir un ravin d'une vingtaine de mètres de profondeur. Il supportait une chaussée de 2 x 2 voies, servant essentiellement au trafic péri-urbain local. Il était constitué par une ossature à béquilles, les poutres principales et les béquilles étant des profilés reconstitués par soudage. L'ouvrage avait été réalisé en 1974, avec des tôles en acier auto-patinable. Dans la matinée du 28 janvier 2022, le pont s'est effondré, entraînant dans sa chute un bus articulé des transports publics de la ville et quatre véhicules particuliers. Cet accident n'a heureusement conduit qu'à des blessures légères : une dizaine de blessés a été dénombrée et trois victimes ont dû être hospitalisées. Le NTSB (National Transportation Safety Board : agence fédérale américaine responsable des enquêtes sur les accidents liés aux transports) a publié le 3 mai 2023 son rapport(\*) sur les causes de l'effondrement du pont de Pittsburgh et les recommandations proposées pour empêcher un nouvel accident de même origine.

(\*) Ce rapport peut être consulté ici :



La détérioration importante des sections de l'ouvrage sous l'effet de la corrosion constitue la cause principale de la ruine de l'ouvrage. Les problèmes importants de corrosion avaient été identifiés depuis longtemps (au moins une dizaine d'années) au cours des inspections de maintenance mais n'avaient fait l'objet que de réparations de fortune (par exemple les contreventements entre les béquilles avaient été remplacés par des câbles). Une partie des panneaux d'âme des béquilles étaient complètement rouillés, avec une perte de matière à 100 % par endroits. La corrosion est intervenue malgré l'usage d'acier auto-patinable en raison du manque d'entretien du pont. Les systèmes d'évacuation des eaux pluviales étant bouchées, l'eau s'est écoulée directement sur les éléments de structure. En outre, une accumulation de débris en pied d'ouvrage a conduit à une accumulation d'eau stagnante, qui a empêché la formation de cycles alternés d'humidité et séchage. Or la protection des aciers auto-patinables provient d'une patine qui ne peut se former que pendant les périodes sèches de cycles alternant phases humides et phases sèches.





En conclusion, le NTSB recommande à l'usage des maîtres d'ouvrage de ponts en acier auto-patinable une maintenance active de leurs ouvrages, afin de permettre une évacuation normale des eaux de pluie et d'éviter l'accumulation de débris risquant de piéger de l'eau stagnante.

## Réglementation parasismique

Publication par l'AFNOR d'un fascicule de documentation (FD)

*Pierre-Olivier Martin*, directeur de projets de recherche, CTICM

En 2022, le *Journal officiel* a publié l'arrêté du 17 juin 2022 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite à risque normal (référence NOR: TREP2207071A). Pour certaines communes des Antilles françaises, cet arrêté modificatif prévoit la possibilité d'utiliser des spectres spécifiques, issus d'un micro-zonage, à la place des spectres généraux de la réglementation parasismique. Cette disposition est valable pour 12 communes de la Guadeloupe, 6 communes de la Martinique et la partie française de l'île de Saint-Martin.

Il apparaît toutefois que les spectres de réponse spécifiques définis par l'arrêté ne sont applicables directement avec l'Eurocode 8 que pour un dimensionnement élastique dans les directions horizontales, en considérant un amortissement de 5 % et

une catégorie d'importance II de bâtiment. Les informations de l'arrêté sont par contre insuffisantes pour un dimensionnement parasismique aux Antilles, dans les cas suivants :

- analyse élastique avec prise en compte d'un coefficient de comportement correspondant aux classes de ductilité DCM et DCH, ainsi que la DCL avec  $q = 1,5$ ;
- application à d'autres catégories d'importance de bâtiments;
- spectre de réponse élastique pour d'autres amortissements, le cas échéant.

Pour pallier ces manques, l'AFNOR vient de publier le fascicule de documentation FD P06-027, qui fournit tous les paramètres nécessaires à l'application de la norme NF EN 1998-1 avec le micro-zonage prévu dans l'arrêté modificatif du 17 juin 2022.

# ACTUALITÉS

## Exécution des ouvrages d'art

Publication par le Cerema d'un complément technique pour l'application du fascicule 66

*Pierre-Olivier Martin*, directeur de projets de recherche, CTICM

Le fascicule 66 du cahier de clauses techniques générales des marchés de travaux (CCTG) portant sur la construction de structures à ossature en acier est en cours de révision. Dans l'attente de sa mise à jour, des compléments techniques transitoires doivent être inclus dans les CCTP de marché de travaux pour assurer la qualité requise de ces structures.

Les évolutions récentes de la norme de référence (NF EN 1090-2 : Exécution des structures en acier et des structures en aluminium – Partie 2 : Exigences techniques pour les structures en acier version 2018) rendent la version actuelle (2012) du fascicule 66 du CCTG en décalage avec les exigences de qualité qui font consensus dans la profession.

Le Cerema vient de publier une note d'information qui détaille les clauses qu'il est recommandé

d'inclure dans le CCTP de tout nouveau marché de travaux de construction d'un ouvrage d'art à ossature métallique, dans l'attente de la mise en cohérence du fascicule 66 du CCTG. Cette note d'information est intitulée « Exécution des structures en acier - Compléments techniques transitoires pour la bonne application du fascicule 66 du CCTG » et peut être téléchargée gratuitement sur le site internet du Cerema à l'aide du QR code suivant :



## État des connaissances, des pratiques et préconisations concernant les agressions vent et neige sur les installations nucléaires de base



À la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a mis en place en 2019 un groupe de travail vent et neige pour étudier les méthodes de caractérisation des aléas liés à la neige et au vent, ainsi que les méthodes d'étude de ces aléas sur les structures. Les résultats de ces travaux ont été publiés récemment sous la forme d'un rapport intitulé « État des connaissances, des pratiques et préconisations concernant les agressions vent et neige sur les installations

nucléaires ». Les préconisations de ce rapport pourraient être reprises dans un futur guide.

Ce rapport est disponible en téléchargement libre sur le site de l'IRSN à l'aide du QR code suivant :



## LES INDUSTRIELS DE LA GALVANISATION

### Aximum Produits de Sécurité

60180 Nogent-sur-Oise 03 44 65 61 20 [www.galvanisation.aximum-ps.fr](http://www.galvanisation.aximum-ps.fr)

### Chaineries Limousines

87300 Bellac 05 55 68 02 46 [www.chainlim.com](http://www.chainlim.com)

### Galva 72

72550 Coulans/Gée 02 43 39 11 11 [www.galva-72.fr](http://www.galva-72.fr)

### Galva-Afa

89190 Villeneuve l'Archevêque 03 86 96 88 00 [www.entrepose-echafaudages.fr](http://www.entrepose-echafaudages.fr)

### Galva Anjou Touraine - Groupe Louis

49490 Noyant 02 41 82 68 44 [www.groupe-louis.fr](http://www.groupe-louis.fr)

### Galva Atlantique - Groupe Louis

17000 La Rochelle 05 46 42 64 61 [www.groupe-louis.fr](http://www.groupe-louis.fr)

### Galva Maine - Groupe Louis

53700 Villaines-la-Juhel 02 43 30 46 66 [www.groupe-louis.fr](http://www.groupe-louis.fr)

### Galva-Métal - Groupe Louis

49000 Ecoflant 02 41 31 14 14 [www.groupe-louis.fr](http://www.groupe-louis.fr)

### Galvanisation Réunion

97420 Le Port 02 62 43 60 00 [www.galvacolor.re](http://www.galvacolor.re)

### G.T.S. - Groupe Louis

86200 Loudun 05 49 22 30 94 [www.groupe-louis.fr](http://www.groupe-louis.fr)

### Longoraccord

59570 La Longueville 03 27 63 05 17 [www.delcorte.com](http://www.delcorte.com)

### Perrigault Galvanisation

69220 Belleville-en-Beaujolais 04 74 06 48 10 [www.perrigault.com](http://www.perrigault.com)

### Prestia G29

29460 Hanvec 02 98 81 00 39 [www.prestia.fr](http://www.prestia.fr)

### Prestia GCX

76760 Yerville 02 32 70 10 11 [www.prestia.fr](http://www.prestia.fr)

### Prestia GK

14650 Carpiquet 02 31 26 56 41 [www.prestia.fr](http://www.prestia.fr)

### Prestia GN

76760 Yerville 02 32 70 90 10 [www.prestia.fr](http://www.prestia.fr)

### Prestia SBG

56460 Val d'Oust 02 97 74 72 72 [www.prestia.fr](http://www.prestia.fr)

### Sobat

34513 Béziers 04 67 76 74 57 [www.sa-sobat.fr](http://www.sa-sobat.fr)

### Sopranzi Galvanisation

69200 Vénissieux 04 72 50 32 28 [www.sg-galva.com](http://www.sg-galva.com)

### Sté Métallurgique des Ardennes

08800 Montherme 03 24 53 02 90 [www.faynot.com](http://www.faynot.com)

## La protection durable de l'acier

- Protection anticorrosion intégrale, durable et économique des pièces en acier



- Maximise la durabilité, le réemploi et le recyclage de l'acier



- Acteur majeur de l'économie circulaire

# DOSSIER DOSSIER

## préve



# Fumées de soudage venir les risques

Dossier réalisé par :

André Beyer, *expert référent soudage CTICM*

Philippe Morin, *consultant technique externe CTICM*

Le soudage est une opération essentielle pour la réalisation des ouvrages de construction métallique. Cependant, les émissions de fumée peuvent représenter des risques pour la santé des travailleurs mais également pour l'environnement. En explorant les polluants présents dans les fumées et leurs effets néfastes, le dossier met en lumière les solutions visant à réduire l'impact des fumées de soudage. Des systèmes d'extraction et de ventilation sont examinés pour améliorer la sécurité des travailleurs et être en conformité au regard de la réglementation. Tout en sensibilisant le public aux risques, le dossier met en avant les bienfaits d'un environnement de travail sain et d'une réduction de l'empreinte environnementale.

# DOSSIER

Le soudage est un procédé de fabrication essentiel mais, du fait des hautes températures atteintes au point de fusion, il génère des fumées dont la composition varie en fonction des matériaux soudés, des méthodes utilisées et des conditions de travail.

Ces fumées sont un vecteur potentiel de risques pour la santé. En effet, les particules en suspension dans l'air contiennent des éléments qui, lorsqu'ils sont inhalés, peuvent causer des problèmes respiratoires aigus et chroniques. De plus, des composés chimiques comme les oxydes de métal et les gaz toxiques tels que l'ozone et les gaz d'azote peuvent être libérés, exposant les travailleurs à des risques accrus de maladies pulmonaires et cardiovasculaires.

Les opérations de coupage telles que l'oxycoupage ou le coupage par plasma sont également susceptibles d'émettre des fumées à risque potentiel, néanmoins grâce aux aspirations généralement mises en place en dessous des tables de coupage, l'exposition des opérateurs est moindre.

Outre les préoccupations liées à la santé humaine, les fumées de soudage ont également des implications environnementales. Les particules fines et les métaux relâchés peuvent avoir un impact sur la qualité de l'air et de l'eau, affectant les écosystèmes et la biodiversité.

Pour vous aider à y voir plus clair sur la façon de prévenir les risques, nous vous proposons dans ce dossier de dresser un panorama de la composition des fumées de soudage, de leurs conséquences sur la santé des travailleurs et des solutions pour réduire les risques au minimum à défaut de pouvoir les supprimer. Ces solutions répondent aux exigences réglementaires qui ne cessent d'évoluer ces dernières années (évolutions sont susceptibles de se poursuivre), notamment en ce qui concerne les limites d'exposition aux fumées de soudage.

## Composition des fumées de soudage

Les fumées sont **composées de gaz et de poussières** dont les proportions varient selon le procédé de soudage utilisé.

Les poussières contiennent des particules métalliques et des oxydes métalliques dont le diamètre est, le plus souvent, inférieur à  $0,1 \mu\text{m}$ . Elles sont donc considérées comme étant ultra-fines (poussières alvéolaires). La composition et le débit d'émission des fumées de soudage dépendent de nombreux paramètres (dont certains sont liés entre eux) :

- procédé de soudage;
- présence de revêtements (contenant du zinc, du plomb, etc.) ou de contaminants sur le métal de base (salissures, graisses, traces de solvants, etc. );
- diamètre du fil ou de l'électrode (produit d'apport);
- composition et épaisseur de l'enrobage ou du flux (produit d'apport);
- composition du fil ou de l'électrode (produit d'apport);
- paramètres de soudage: intensité, tension, longueur d'arc, etc.;
- position de soudage: à plat, en angle, etc.;
- nature de l'opération de soudage: assemblage ou rechargement;
- débit et composition du gaz protecteur;
- composition du métal de base et de son préchauffage éventuel.

Il a été identifié que 95 % des constituants des fumées de soudage proviennent des produits d'apport et moins de 5 % du matériau de base.

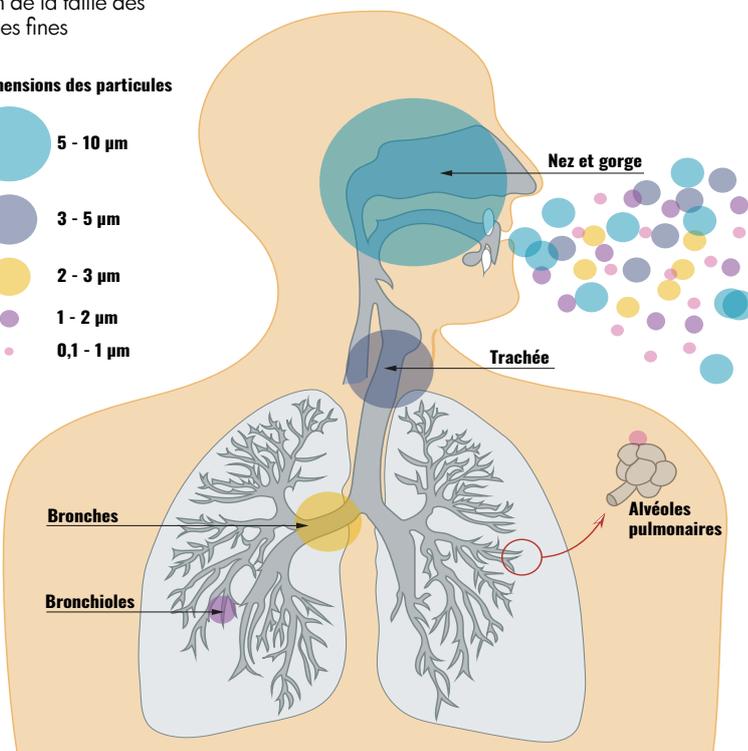
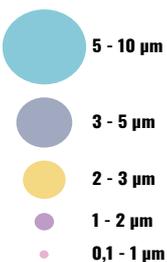
## Les gaz des fumées de soudage

On distingue trois sortes de gaz présents dans les fumées de soudage :

- les gaz protecteurs des opérations de soudage: argon, hélium, dioxyde de carbone;
- les gaz émis lors des opérations de soudage: monoxyde de carbone, ozone, oxydes d'azote...;
- les produits émis lors de la dégradation thermique ou photochimique des revêtements des pièces: phosgène, aldéhyde formique, cyanure d'hydrogène...

Atteintes respiratoires en fonction de la taille des particules fines

### Dimensions des particules



## Les poussières des fumées de soudage

Les poussières contiennent des particules métalliques et des oxydes métalliques divers et variés dont voici une liste non exhaustive :

- oxydes de fer, de manganèse, d'aluminium, de plomb, de cuivre, de nickel, de zinc, de cadmium, de béryllium, de cobalt, de potassium ;
- dioxyde de thorium, de titane ;
- composés du chrome VI ;
- fluorures ;
- composés du baryum.

Le niveau d'empoussièrement se mesure en milligrammes de particules par m<sup>3</sup> d'air.

Afin de limiter l'impact des fumées de soudage et des composants de poussière et donc de protéger les travailleurs, la réglementation prévoit des limites d'exposition. En France, la valeur limite d'exposition professionnelle sur huit heures (VLEP-8h) pour la totalité des particules composant les fumées de soudage est de 5 mg/m<sup>3</sup> d'air. Mais les ateliers dans lesquels des opérations de soudage sont réalisées sont considérés comme des locaux à pollution spécifique. Or pour ces derniers, le Code du travail (article R. 4222-10) distingue deux taux à respecter : un pour les poussières totales (ensemble des particules solides en suspension dans l'air, quelle que soit leur taille) et un pour les poussières alvéolaires (particules extrêmement fines capables d'atteindre les alvéoles pulmonaires) et précise que « les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires de l'atmosphère inhalée par un travailleur, évaluées sur une période de huit heures, ne doivent pas dépasser respectivement 4 et 0,9 milligrammes par mètre cube d'air. » (nouveaux seuils applicables depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2023).

De plus, la France étant membre de l'UE, afin de respecter la directive (UE) 2022/431 du Parlement européen et du Conseil (modifiant la directive 2004/37/CE, voir encadré), la VLEP à prendre en compte pour les composés du nickel est de 0,1mg/m<sup>3</sup>. Cette valeur sera abaissée à partir du 18 janvier 2025 à 0,01 mg/m<sup>3</sup> pour la fraction alvéolaire et à 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour la fraction inhalable. Pour des informations plus détaillées concernant les VLEP, il est possible de consulter le site internet de l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles).

## Fumées de soudage et santé

Voici quelques pathologies et problèmes de santé potentiellement liés à l'inhalation de fumées de soudage :

- irritations respiratoires : les particules fines présentes dans les fumées de soudage peuvent irriter les voies respiratoires, provoquant des symptômes tels que toux, éternuements et irritations de la gorge ;

## Obligations des employeurs

Les fumées de soudage relèvent du champ de la prévention des risques chimiques dont les règles générales sont établies dans la 4<sup>e</sup> partie du Code du travail intitulée *Santé et sécurité au travail* (articles R. 4412-1 à R. 4412-58, *Prévention de certains risques d'exposition et Risques chimiques*).

De plus, depuis 2018, les fumées de soudage sont passées de la catégorie 2B à la catégorie 1 des agents cancérogènes pour l'homme. De fait, les mesures particulières de prévention prescrites dans le Code du travail pour les opérations exposant à un agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction (CMR) de catégorie 1A ou 1B sont à appliquer (articles R. 4412-59 à R. 4412-93).

Par ailleurs, le Code du travail définit les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) aux agents chimiques (article R. 4412-4). Il dresse la liste des VLEP réglementaires contraignantes (article R. 4412-149) et renvoie à des arrêtés pour les VLEP réglementaires indicatives (article R. 4412-150 et arrêté du 30 juin 2004 modifié). Dernier point, les entreprises opérant dans l'Union européenne doivent se conformer aux directives européennes qui leur sont applicables. De fait, la directive 2004/37/CE du Parlement européen et du Conseil (modifiée par la directive (UE) 2022/431) visant à protéger les travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérogènes ou mutagènes au travail s'applique. Dans cette dernière sont déterminés les prescriptions minimales particulières d'hygiène et de protection, y compris les valeurs limites d'exposition professionnelle aux constituants des fumées de soudage (chrome VI, nickel, béryllium, etc.), l'Union européenne ne classant que ces derniers.

En d'autres termes, dès lors que des opérations de soudage font partie des activités d'une entreprise, les travailleurs doivent être protégés puisque lors de leur travail ils sont exposés ou susceptibles d'être exposés à des agents chimiques dangereux (ACD) et à des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR). Il convient donc d'adopter une démarche de prévention des risques répondant aux exigences du Code du travail et des directives européennes.

- bronchite chronique et maladies pulmonaires : l'exposition fréquente aux fumées de soudage peut contribuer au développement d'une bronchite chronique et d'autres maladies pulmonaires, en particulier chez les travailleurs sensibles ou prédisposés ;
- asthme professionnel : certaines substances chimiques présentes dans les fumées de soudage peuvent aggraver ou déclencher l'asthme chez les individus prédisposés ;
- pneumonie chimique : l'inhalation de particules fines peut augmenter le risque d'infections pulmonaires, y compris la pneumonie, chez les travailleurs exposés ;

## Directive de l'Union européenne

Le 9 mars 2022, l'Union européenne a publié la directive (UE) 2022/431 apportant des modifications aux règlements existants (directive 2004/37/CE) concernant l'exposition des travailleurs aux agents cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR). Cette directive, qui doit être mise en œuvre par les États membres avant le 5 avril 2024, introduit plusieurs changements importants pour améliorer la protection de la santé des travailleurs.

Premièrement, la directive intègre les substances reprotoxiques dans ses prescriptions. Ces substances, pouvant causer des effets graves et irréversibles sur la santé des travailleurs, seront soumises à des niveaux d'exposition maximum déterminés scientifiquement. De plus, une distinction est faite pour les substances reprotoxiques sans seuil, qui seront identifiées comme telles dans les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP).

Deuxièmement, la directive introduit des valeurs limites biologiques pour certaines substances, basées sur les dernières

données scientifiques. Pour le moment, cela s'applique principalement au plomb et à ses composés ioniques.

Enfin, la directive révisé et insère de nouvelles valeurs limites d'exposition professionnelle pour divers agents CMR, tels que le benzène, l'acrylonitrile, les composés du nickel, le plomb inorganique et d'autres. Ces VLEP contraignantes visent à réduire notablement les risques pour la santé des travailleurs.

La directive souligne également l'importance de la formation des travailleurs exposés aux agents CMR, en mettant l'accent sur l'adaptation de la formation en cas de nouveaux risques ou de modifications dans les circonstances de travail. Cette directive vise à renforcer la protection des travailleurs tout en tenant compte des avancées scientifiques et des besoins changeants dans le domaine de la santé et de la sécurité au travail.

- fibrose pulmonaire : l'exposition prolongée à certaines particules et gaz présents dans les fumées de soudage peut causer des lésions pulmonaires permanentes, connues sous le nom de fibrose pulmonaire ;
- effets sur le système cardiovasculaire : certaines études suggèrent que l'inhalation de fumées de soudage peut être associée à des problèmes cardiovasculaires, tels que l'augmentation du risque de maladies cardiaques ;
- cancers : les fumées de soudage peuvent contenir des substances cancérigènes, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les métaux lourds, qui pourraient augmenter le risque de développer certains types de cancer, notamment des poumons et des voies respiratoires ;
- effets sur la reproduction : l'exposition à certaines substances dans les fumées de soudage pourrait avoir des effets négatifs sur la fertilité et la santé reproductive des travailleurs, ainsi que sur le développement de la descendance ;
- problèmes neurologiques : certaines substances chimiques présentes dans les fumées de soudage pourraient également avoir des effets sur le système nerveux, entraînant des problèmes neurologiques.

Il est important de noter que la gravité de ces effets dépend de facteurs tels que la composition des fumées, la durée et l'intensité de l'exposition, ainsi que la sensibilité individuelle. Pour réduire les risques pour la santé des travailleurs, il est essentiel de mettre en œuvre des mesures de contrôle de

l'exposition, telles que l'utilisation d'équipements de protection respiratoire, la ventilation adéquate et la formation sur les bonnes pratiques de soudage.

### Démarche de prévention des risques

La prévention des risques liés aux fumées de soudage implique la mise en place de mesures visant à réduire l'exposition des travailleurs aux substances nocives présentes dans ces fumées. Voici les étapes clés de cette démarche :

- évaluation des risques : identifier les procédés de soudage et les matériaux utilisés dans l'environnement de travail pour déterminer quels types de fumées sont générés et quelles substances chimiques sont présentes. Cette évaluation permet de comprendre les risques potentiels pour la santé des travailleurs ;
- réduction à la source : la première étape consiste à réduire la génération de fumées à la source. Cela peut inclure l'utilisation de techniques de soudage plus propres, le choix de matériaux moins émetteurs de fumées et l'ajustement des paramètres de soudage pour minimiser la production de particules ;
- ventilation et extraction : mettre en place des systèmes de ventilation adéquats pour capter les fumées à la source et les évacuer hors de la zone de travail. Les hottes de ventilation, les bras d'extraction et les systèmes d'aération peuvent aider à réduire l'exposition des travailleurs aux fumées ;
- utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) : si les mesures de réduction à la source et de ventilation ne suffisent pas à maintenir l'exposition en dessous des niveaux recommandés, les

travailleurs doivent porter des EPI tels que des masques respiratoires appropriés ;

- formation et sensibilisation : fournir une formation adéquate aux travailleurs sur les risques liés aux fumées de soudage, les bonnes pratiques de travail, l'utilisation des EPI et les mesures de prévention à mettre en œuvre ;
- surveillance médicale : mettre en place des programmes de surveillance médicale pour les travailleurs exposés aux fumées de soudage, afin de détecter tout signe précoce de problèmes de santé et de prendre des mesures appropriées ;
- étiquetage et information : assurer que les substances chimiques potentiellement nocives contenues dans les produits de soudage soient correctement étiquetées et que les travailleurs aient accès à des informations sur les risques associés ;

- gestion des déchets : mettre en place des procédures appropriées pour la gestion et l'élimination des déchets de soudage, y compris les résidus de fumées, conformément aux réglementations en vigueur ;
- surveillance de l'environnement : évaluer régulièrement les niveaux d'exposition aux fumées de soudage dans l'environnement de travail pour s'assurer que les mesures de contrôle sont efficaces et que les travailleurs ne sont pas exposés à des niveaux nocifs.

En mettant en œuvre ces mesures de prévention de manière cohérente, les employeurs peuvent réduire les risques pour la santé des travailleurs exposés aux fumées de soudage, créant ainsi un environnement de travail plus sûr et plus sain.

## Solutions pour la prévention des risques

Les équipes du CTICM ont créé une cellule de soutien dédiée aux constructeurs métalliques français afin de les aider dans leur démarche de prévention des risques. Dans un premier temps, elles ont rencontré une quarantaine d'entreprises pour recenser leurs besoins d'informations et d'aides pour la mise en place de solutions, mais également pour étudier ce qu'elles avaient déjà mis en œuvre.

Tous ces retours d'expérience ont permis d'identifier que le processus le plus adapté à la construction métallique pour la réduction à l'exposition des fumées de soudage passe par les étapes suivantes :

1. Réduction des fumées : utilisation de gaz protecteurs et de produits d'apport moins émissifs (ces derniers peuvent être classés selon la norme NF EN ISO 15011-4, voir encadré), optimisation des cordons de soudage, utilisation d'outils de mesure et de contrôle des réglages, adaptation du procédé de soudage ;
2. Captation des fumées à la source grâce à des torches, des gabarits, des bras, des tables et dossierets aspirants, des buses, des capteurs, des cabines ventilées, des hottes et des centrales d'aspiration pour évacuer les polluants ;
3. Installation d'une ventilation générale ;
4. Utilisation de protections individuelles.

### Réduction des fumées

Dans un premier temps, rappelons qu'il est préférable de travailler des aciers propres, de limiter les opérations de meulage, de substituer les anti-grattons

à base de dichlorométhane (produits chimiques conçus pour enlever les résidus ou les dépôts tenaces, souvent appelés « grattons », qui peuvent s'accumuler sur diverses surfaces) par des sprays antiadhérents à base aqueuse.

### Utilisation de gaz protecteurs moins émissifs

Dans le domaine de la construction métallique, les gaz protecteurs du soudage sont généralement oxydants ou inertes. Ces gaz créent un environnement

### Norme NF EN ISO 15011-4 - Résumé

#### Hygiène et sécurité en soudage et techniques connexes - Méthode de laboratoire d'échantillonnage des fumées et des gaz - Partie 4 : fiches d'information sur les fumées

L'ISO 15011-4:2017 couvre l'hygiène et la sécurité en soudage et techniques connexes. Elle spécifie les exigences relatives à la détermination des taux d'émission et à la composition chimique des fumées de soudage dans le but de préparer des fiches d'information sur les fumées.

L'ISO 15011-4:2017 s'applique à tous les métaux d'apport utilisés pour l'assemblage ou le rechargement par soudage à l'arc utilisant un procédé manuel, partiellement mécanisé ou entièrement automatisé déposant un acier non allié, un acier allié et des alliages non ferreux. Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées, le soudage à l'arc avec fil plein sous protection gazeuse, le soudage à l'arc avec fil fourré sous protection gazeuse et le soudage à l'arc avec fil fourré autoprotecteur sont inclus dans le domaine d'application de cette norme.

de protection autour de l'arc électrique ou de la zone de soudure. Ils sont utilisés pour prévenir ou réduire la contamination de la zone de soudure par l'oxygène atmosphérique et d'autres gaz réactifs qui pourraient compromettre la qualité du joint de soudure. Le choix du gaz protecteur dépend du matériau à souder, du procédé de soudage et des exigences spécifiques de la soudure.

Ils sont principalement utilisés dans les procédés de soudage à l'arc, tels que le soudage TIG (Tungsten Inert Gas), le soudage MIG (Metal Inert Gas) et le soudage MAG (Metal Active Gas). Les gaz protecteurs les plus couramment utilisés sont :

- l'argon : c'est l'un des gaz protecteurs les plus fréquemment utilisés. Il est inerte, ce qui signifie qu'il ne réagit pas chimiquement avec les métaux fondus. L'argon crée un environnement inerte autour de l'arc, ce qui aide à prévenir l'oxydation du métal et à maintenir la qualité du joint de soudure ;
- l'hélium : c'est également un gaz protecteur inerte utilisé dans certains procédés de soudage. Il est moins dense que l'air, ce qui peut améliorer la pénétration de l'arc dans les métaux épais et augmenter la vitesse de soudage. Cependant, l'hélium est plus réactif que l'argon et peut nécessiter des paramètres de soudage différents ;
- le mélange argon/hélium : dans certains cas, un mélange d'argon et d'hélium est utilisé pour combiner les avantages des deux gaz. Cela peut améliorer la pénétration et la vitesse de soudage tout en maintenant un environnement de protection adéquat ;
- le mélange argon/CO<sub>2</sub> et argon/CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> : il s'agit d'un mélange oxydant (voir NF EN ISO 14175) notamment utilisé pour le soudage MAG : procédés 135 et 138. Dans le soudage MIG/MAG, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est ajouté à l'argon pour améliorer la pénétration et augmenter la productivité.



Il est important de rappeler que le gaz de protection et le matériau d'apport sont des éléments essentiels de la qualification du mode opératoire en soudage (QMOS), à savoir qu'il est nécessaire de revalider le mode opératoire par une nouvelle QMOS après un changement de gaz.

Dans le cas présent, vous pouvez privilégier des mélanges de gaz composés de d'un taux de CO<sub>2</sub> faible (par exemple utiliser un mélange M11 plutôt qu'un mélange M21 selon la NF EN ISO 14175) et également voir avec votre fournisseur comment il serait possible de faire baisser le mélange argon/CO<sub>2</sub> de 18 à 8 %, ou d'envisager la possibilité d'utiliser un mélange ternaire argon/CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>. Ce mélange ternaire a des effets spécifiques sur le processus de soudage et sur les propriétés du joint de soudure. Les proportions spécifiques des composants dans le mélange peuvent varier en fonction des exigences de

la soudure, du matériau à souder et du type de procédé de soudage utilisé. Voici comment chacun de ces composants peut influencer le processus de soudage :

- l'argon est souvent utilisé comme composant principal dans les mélanges de gaz protecteurs en raison de son caractère inerte. Il crée un environnement inerte autour de l'arc de soudage, réduisant la formation d'oxydation et de porosité dans le joint de soudure ;
- le CO<sub>2</sub> est souvent ajouté pour améliorer la pénétration dans les métaux épais et augmenter la vitesse de soudage. Cependant, il peut également augmenter le risque de formation de porosité dans certaines situations ;
- l'oxygène peut être ajouté en quantités contrôlées pour aider à stabiliser l'arc et augmenter la vitesse de fusion du métal. Une petite quantité d'oxygène peut également favoriser la formation d'oxydes protecteurs sur la surface du bain de soudure.

Le mélange ternaire argon/CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> est utilisé dans des applications spécifiques où une combinaison des avantages de ces gaz est requise. Cela peut inclure le soudage de certains métaux, la pénétration améliorée, la réduction de la porosité et la stabilisation de l'arc. Comme pour tout mélange de gaz protecteurs, les proportions et les composants spécifiques doivent être choisis en fonction des besoins du processus de soudage et des propriétés recherchées pour le joint de soudure.

### Optimiser le choix du métal d'apport suivant la norme NF EN ISO 15011-4 et vos exigences techniques

La norme NF EN ISO 15011-4 établit une méthodologie destinée aux fabricants de matériaux d'apport. Un des objectifs est de permettre la détermination des taux d'émission de gaz et la classification des produits d'apport en fonction des résultats obtenus. Ces informations ont vocation à figurer dans des fiches techniques, pour lesquelles cette norme propose un format spécifique afin de simplifier la comparaison entre divers produits d'apport. En tant que constructeur, il vous est possible de solliciter votre fournisseur afin qu'il vous communique éventuellement ces fiches. Toutefois, en pratique, l'obtention de la classification de la part de votre fournisseur peut s'avérer complexe.

### Optimisation des cordons de soudure

Si les soudures ne peuvent pas être réalisées à l'aide de machines automatisées sous flux (ce qui réduit considérablement l'exposition aux fumées),

l'optimisation des cordons de soudure (au regard des charges appliquées) doit être étudiée. En premier lieu, l'équipe du bureau d'études doit calculer au plus près les dimensions des cordons, le surdimensionnement impliquant une exposition aux fumées de soudage plus grande. Par ailleurs, il faut s'assurer que l'information/les plans donnés aux opérateurs sont clairs et précis. Enfin, ces derniers doivent disposer d'outils permettant de mesurer correctement les cordons.

### Utilisation d'outils de mesure et de contrôle des réglages du matériel

Afin de respecter les réglages répondant aux exigences sanitaires et techniques, il est primordial d'équiper les opérateurs d'outils permettant la vérification du matériel, du débit du gaz... comme :

- les pipettes débitmètres permettant la vérification du débit de gaz à la sortie de torche, mais également la détection de fuites éventuelles ;
- les jauges de soudure permettant le contrôle de l'épaisseur des gorges afin d'éviter les surépaisseurs ;
- les régulateurs de pression permettant de maintenir ou de contrôler la pression et le débit souhaités lorsque les conditions du système varient.

De plus, l'étalonnage annuel des postes et des manomètres est recommandé.

### Captation des fumées à la source

Les fumées de soudage représentent un risque chimique, au regard de la réglementation il y a donc obligation de les capter à la source. Par ailleurs, le rejet de ces fumées doit se faire à l'extérieur des locaux.

Lors du choix des solutions de captation, il faut garder en tête que plus l'aspiration s'éloigne du point d'émission, plus les particules nocives se diluent dans l'atmosphère de travail, nécessitant un débit d'extraction plus important.

Enfin, choisir les bonnes solutions nécessite qu'une analyse de l'activité soudage ait été faite au préalable et ce poste par poste : quelles sont les dimensions, formes et poids des pièces à souder ? Quels sont les flux entre l'opérateur et les pièces ? etc. Ce sont toutes ces questions qui permettent de définir les solutions de captage les plus adaptées.

Les solutions pour capter les fumées à la source sont nombreuses. On peut citer parmi elles plusieurs outils aspirants : la torche, le gabarit, le bras, la buse, le capteur, la table, le dossier, la hotte et la cabine aspirantes.

### Torches aspirantes

Cet équipement aspire les fumées au plus près de leur émission et les évacue hors des locaux via un réseau d'aspiration ou un groupe d'aspiration individuel. Une période d'ajustement est nécessaire pour contrôler la capture des fumées sans perturber le flux du gaz protecteur, surtout lors de changements dans les configurations de soudage. Les torches aspirantes, notamment celles refroidies par eau, sont lourdes et peuvent exiger une potence pour les suspendre et équilibrer leur poids. Dans ce cas, la torche doit être suspendue de telle sorte qu'elle puisse suivre les mouvements du soudeur. Pour ces équipements (torche et potence), des essais sur au moins un mois sont indispensables. La mise en place de cet équipement demande un engagement à long terme et la collaboration de tous les acteurs (encadrement, maintenance, QSE...) en raison de l'attention minutieuse nécessaire envers les performances de ce matériel.

Il existe également des torches à contact électrique stoppant temporairement l'aspiration (par exemple dans les zones d'accès difficile). Ces dernières sont utiles dans certaines configurations mais peuvent nécessiter des ajustements dans les techniques de soudage et dans la manipulation de la torche elle-même.

### Gabarits aspirants

Un gabarit aspirant est généralement constitué d'une structure en métal ou en matériau résistant à la chaleur. Cette structure est conçue pour maintenir en place la pièce à souder dans une position spécifique, garantissant ainsi la précision du soudage.



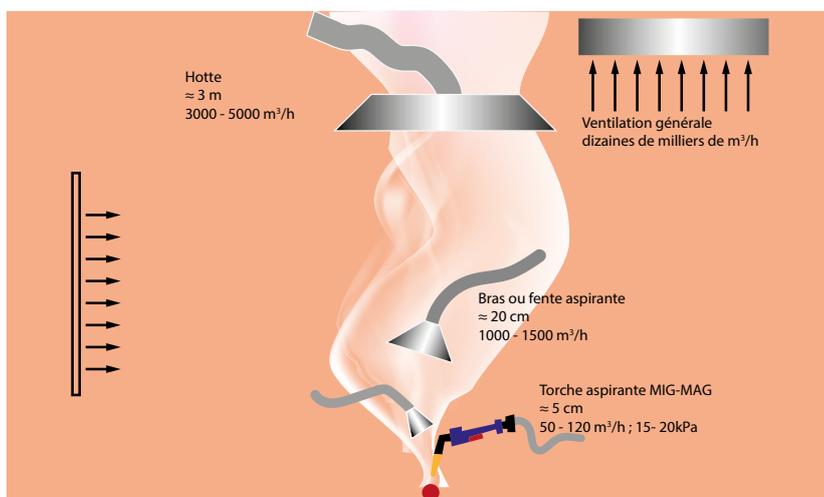
Pipette débitmètre



Jauge de soudure



Régulateur de pression



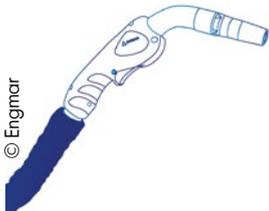
Volumes d'air à capter par les équipements d'aspiration pour répondre aux obligations réglementaires.

# DOSSIER

Il peut s'agir d'une table, d'une pince, d'un support ou d'une configuration sur mesure, en fonction de la nature du projet de soudage.

Bien souvent, les gabarits de soudage servent pour la production répétitive de pièces.

L'une des caractéristiques clés d'un gabarit aspirant est son système d'aspiration intégré. Ce système consiste en des ouvertures ou des canaux placés près de la zone de soudage. Les fumées, les gaz et les particules générés lors du soudage sont aspirés à travers ces ouvertures par un flux d'air généré par un système d'aspiration. Une fois aspirées, les émanations passent généralement à travers un système de filtration intégré au gabarit.



© Engmar

Torche aspirante



© Engmar

Torche aspirante suspendue à une potence



© Engmar

Gabarit aspirant



© Engmar

Buse et capteur



© Engmar

Table à dossier aspirant

## Bras aspirants

Le bras aspirant est une structure articulée composée de plusieurs segments reliés par des articulations. Ces articulations permettent au bras d'être ajusté et positionné de manière précise pour atteindre la zone où les émanations doivent être capturées.

Le bras aspirant est connecté à un système d'aspiration centralisé, comme un ventilateur ou un collecteur de poussière. Ce système crée un flux d'air qui aspire les émanations générées par le soudage à travers la buse d'aspiration du bras.

Le bras aspirant est adapté pour la soudure sur poste de travail quasiment figé et pour des pièces de dimensions limitées puisque leur taille doit être compatible avec celle de la fente aspirante ou de la bouche d'aspiration.

## Buses et capteurs

Ce matériel permet la captation sur point fixe. Il est donc efficace pour un poste de travail où l'émission des fumées est fixe et la pièce à souder est mobile (comme des vireurs).

## Tables et dossierets aspirants

La **table aspirante** intègre un système d'aspiration avec des buses placées sur la surface de travail pour capturer les émanations nocives.

Les opérations de soudage à même le plan aspirant sont à préconiser pour le soudage de pièces planes et perméables à l'air.

Enfin, la table aspirante peut permettre au soudeur de tourner autour de la pièce.

Le **dossieret aspirant** se présente comme une surface verticale équipée de buses d'aspiration et d'un système d'aspiration intégré. Ce système dirige les émanations vers un système de filtration pour éliminer les contaminants.

Il est idéal pour le soudage sur établi de pièces de petites ou moyennes dimensions (jusqu'à 1,5 m).

Les parois latérales peuvent être en matériau souple et/ou sur charnière de manière à permettre de manipuler et souder des pièces de dimensions supérieures à celles de l'établi.

## Cabines ventilées et hottes

La cabine ventilée est adaptée au soudage de pièces de petites et moyennes dimensions et lorsque l'activité comporte des opérations de meulage.

L'opérateur ne doit jamais se situer entre le point de pollution et le caisson aspirant.

La hotte aspirante est utilisable uniquement pour les installations de soudage robotisé.

Cette solution est à proscrire en cas de présence de courants d'air dans l'atelier.

Le volume de cantonnement des fumées doit être suffisant et étanche.

## Centrale d'aspiration

Une fois le captage à la source en place, il faut extraire les polluants hors des lieux de travail.

Pour cela une centrale d'aspiration est nécessaire. Elle peut être individuelle ou centralisée.

Le choix du variateur permettant l'optimisation des débits mis en jeu et les flux d'air est important.

## Ventilation générale

La ventilation générale peut se faire par dilution ou par déplacement.

La ventilation générale par dilution vise à diluer les polluants non capturés à la source. Elle n'est recommandée comme méthode principale de purification de l'air que lorsque le captage localisé n'est pas réalisable sur le plan technique. Cependant, son utilisation doit être prudente, car les débits d'air impliqués peuvent entraîner des coûts opérationnels excessifs (ayant un impact sur la circulation de l'air et la température du bâtiment).



© Engmar



La ventilation générale par déplacement est recommandée. Cette approche implique la création d'un flux d'air contrôlé dans un bâtiment. L'air pollué est extrait de la partie supérieure de l'espace, généralement à travers des conduits ou des systèmes de ventilation, tandis qu'un débit d'air propre est insufflé dans la partie basse du bâtiment à une vitesse relativement basse (inférieure à 1 m/s). Cela crée un mouvement de l'air du bas vers le haut, poussant les polluants vers le niveau supérieur où ils peuvent être évacués plus efficacement.

Il n'est pas envisageable de recycler l'air pris dans un atelier de soudage (captage localisé ou ventilation générale). En effet, il ne peut être réintroduit même après filtration car, bien souvent, seules les poussières sont filtrées. De plus, la réglementation exige pour les installations de recyclage un contrôle en continu de la qualité de l'air réintroduit pour l'ensemble des polluants (gaz et particules), ce qui n'est aujourd'hui techniquement pas réalisable.

### Protection individuelle respiratoire

Les masques à adduction d'air et les cagoules ventilées seront utilisés en complément de la ventilation générale, et uniquement lorsque l'installation d'un dispositif de captage localisé est impossible sur le plan technique ou insuffisant pour protéger les voies respiratoires des soudeurs.

Il est essentiel de choisir un modèle qui assure une ventilation assistée constante lors des phases de travail en dehors des périodes d'arc. Les aérosols doivent être filtrés au niveau P3, et l'étanchéité doit être au moins de type TH3 ou TM3, selon le choix du modèle (cagoule, masque complet ou demi-masque). Lors du choix des équipements de protection individuelle (EPI), il faut prendre en considération tous les polluants émis, qu'ils soient des particules ou des

gaz, ainsi que la diminution de la teneur en oxygène dans l'air, en particulier dans les espaces confinés. L'air alimentant les masques à adduction d'air doit répondre aux critères de qualité de l'air respirable définis par la norme NF EN 12021.

L'employeur a la responsabilité de vérifier annuellement, au minimum, l'état général, le fonctionnement et la conformité des équipements de protection respiratoire.

### Mesure des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)

Après la mise en place d'une ou plusieurs solutions de captage, vous pourrez faire la mesure des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP). L'INRS met à disposition l'ensemble des valeurs limites réglementaires (contraignantes ou indicatives) et non réglementaires établies pour des agents chimiques (gaz, poussières, aérosols...). Les VLEP sont exprimées sous forme de concentrations dans l'air d'un agent chimique, pour un temps d'exposition déterminé. En dessous de ces concentrations, le risque d'altération de la santé est considéré comme négligeable.

Ces mesures peuvent être réalisées par la Carsat ou des organismes agréés Cofrac.

Il sera utile de réaliser ces mesures après les travaux pour vérifier la bonne protection des personnes.



Échantillons d'un test réalisé dans un atelier révélant divers niveaux de concentration de poussière selon les postes.

## NF EN 12021 : Qualité de l'air respirable pour appareils respiratoires

La norme NF EN 12021 spécifie les exigences pour la qualité de l'air comprimé destiné à un usage respirable comme les systèmes à adduction d'air ou les appareils respiratoires isolants. Elle ne s'applique pas aux gaz comprimés à usage médical ou aux applications aérospatiales.

Dans l'industrie, dès lors que des personnels sont équipés d'appareils de protection respiratoire (masques, cagoules, scaphandres...) alimentés par un réseau d'air comprimé ou un chariot d'air respirable, les valeurs limites imposées par cette norme doivent être respectées.

La norme NF EN 12021 régit l'analyse et le contrôle de certains paramètres comme le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le taux d'oxygène (O<sub>2</sub>), l'hygrométrie (teneur en eau dans l'air respirable), les vapeurs d'huile (composés organiques volatils) et les impuretés (poussières).

Polluant	Prescription
Oxygène	21 % (+/- 1 %)
Impuretés	< à la limite d'exposition nationale
Lubrifiants	0.5 mg/m <sup>3</sup>
Odeur et goût	Absence
Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub>	500 ppm
Monoxyde de carbone CO	5 ppm
Teneur en eau (*)	Pt de rosée < de 5 °C à la température ambiante la plus basse attendue

(\*) Il ne doit pas y avoir de présence d'eau liquide ni de risque de givre. Si les conditions d'utilisation ne sont pas connues, le point de rosée de l'installation ne doit pas excéder -11 °C.



# Le CTICM à vos côtés

Les équipes du CTICM sont en mesure de vous assister dans le choix des solutions et dans la mise en place de ces moyens.

Elle vous propose une mission structurée en différentes phases permettant le choix des moyens de protection et/ou des traitements adaptés à l'entreprise.

Parmi celles-ci, trois étapes sont primordiales et incontournables.

## Phase 1 : état des lieux (EDL)

L'objectif de la première phase est d'identifier l'organisation actuelle de l'entreprise pour les opérations de fabrication et d'analyser d'éventuelles démarches déjà réalisées ou en cours de réalisation au regard de la sécurité du travail.

## Phase 2 : accompagnement managérial

La deuxième phase doit permettre d'impliquer l'ensemble du personnel y compris le personnel d'encadrement et les opérateurs dans la démarche d'amélioration des conditions de travail.

## Phase 3 : accompagnement pour l'étude des solutions

Lors de la phase 3 les différentes solutions possibles sont étudiées avec le personnel afin d'identifier les moyens à mettre en place.

Sont identifiés à cette phase les moyens les plus efficaces et les plus adaptés à l'entreprise. L'intervenant du CTICM apporte également son assistance afin de

calculer le débit de polluant sur la base de la consommation des métaux d'apport et pour le dimensionnement des solutions (comme le dimensionnement de la capacité d'une ventilation générale).

Outre ces 3 étapes, l'intervenant du CTICM pourra vous aider dans la rédaction du cahier des charges pour les moyens à mettre en œuvre. Il pourra également vous seconder lors de la consultation des fournisseurs, de la préparation des demandes d'aides financières disponibles (voir encadré « Subvention captage fumées de soudage »), du suivi de l'installation et de la mise en œuvre des nouveaux moyens de fabrication/de protection, de la réception et de l'examen ou de la rédaction de la documentation, du bilan lorsque les nouveaux moyens seront opérationnels.

Cette prestation est complémentaire aux aides de la Carsat. En effet, lors des rendez-vous de concertation, nous avons pu constater la présence d'équipements ne répondant pas au processus préalablement décrit et par conséquent très peu utilisés.

Le CTICM intègre les spécificités et pratiques de vos ateliers et mettra en œuvre un accompagnement adapté. Un management participatif sera privilégié : plus exigeant durant la phase de mise au point, il est aussi reconnu pour des solutions pérennes et pour le renforcement des liens du groupe de travail.

Si vous avez des questions concernant les fumées de soudage ou si vous souhaitez bénéficier gratuitement d'une visite d'un expert du CTICM, n'hésitez pas à contacter :  
Benoît Donnaint,  
directeur de projet  
industrie, CTICM

06.78.51.02.62  
bdonnaint@  
cticm.com

Pour visionner le replay de notre webinar « Fumées de soudage, conformité réglementaire et stratégie préventive », flashez ce QR code :



## Subvention « Captage fumées de soudage »

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) ont entre autres pour mission de promouvoir la santé au travail et d'aider les entreprises à améliorer les conditions de travail de leurs salariés. C'est dans ce cadre qu'elles ont mis en place une subvention « Captage fumées de soudage » avec pour objectif la diminution de l'exposition des salariés ayant des activités de construction métallique à des particules submicroniques et à des gaz contenus dans les fumées.

### Entreprises éligibles

La subvention s'adresse aux entreprises de 1 à 49 salariés dépendant du régime général et respectant les critères administratifs et exigences réglementaires en matière de prévention des risques professionnels.

### Montant de la subvention et dépenses financées

La subvention correspond à :

- 50 % du montant HT des sommes engagées pour les équipements ;
- 70 % du montant HT des sommes engagées pour la vérification financée.

Le montant de la subvention ne pourra être inférieur à 1 000 €.

La subvention est plafonnée à 25 000 €.

Plusieurs équipements peuvent être financés ainsi que la vérification des performances aérodynamiques et acoustiques :

- des installations de captage localisé : torches aspirantes TIG, torches aspirantes MIG-MAG, dossierets aspirants, gabarits aspirants, bras aspirants, tables aspirantes, cabines, enceintes pour le soudage robotisé ;
- des réseaux ou groupes aspirants avec rejet des fumées à l'extérieur ;
- des installations pour l'introduction mécanique d'air réchauffé en période froide en compensation des débits extraits ;
- des dispositifs d'aide à la manipulation des équipements et de mise en position des pièces : équilibres, potences, supports dévidoirs, vireurs en option et uniquement en complément du financement d'installations de captage localisé.

### Plus d'informations



# SCIA ENGINEER 22.1

## UNE CONVIVIALITÉ AMÉLIORÉE

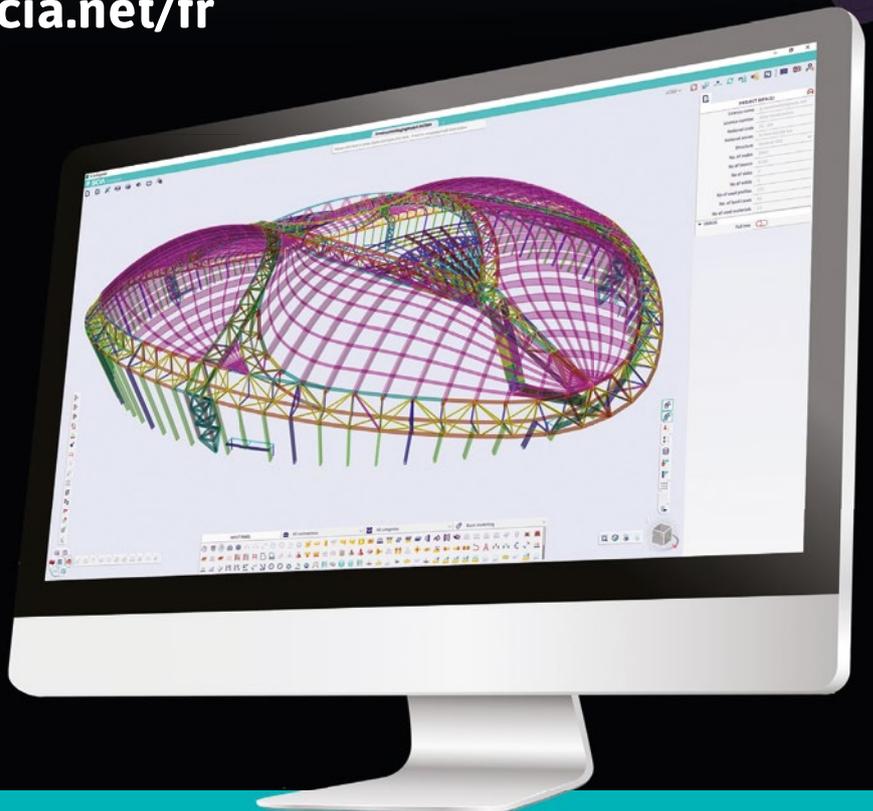
Découvrez comment SCIA Engineer peut vous aider à optimiser votre travail et à stimuler votre productivité.



Essayez-le par vous-même avec un  
essai gratuit de 30 jours : [scia.net/fr](http://scia.net/fr)  
(support technique incl.)

**SCIA** | 22.1  
ENGINEER

SUPER PUISSANT.  
SUPER FACILE.



PROJET À L'HONNEUR

# LE PALAIS GARNIER

Une intervention où histoire et technologie fusionnent



Sollicité par l'Opéra de Paris, le BET Duberseuil a eu pour mission d'effectuer un diagnostic sur la cage de scène du Palais Garnier afin d'évaluer les surcharges d'exploitation qui peuvent lui être applicables. Cette mission d'expertise, de modélisation et de calculs a été menée avec SCIA Engineer.

**Une approche technique optimisée pour une mission d'étude et de reprise en sous œuvre :**

- La vérification de la charpente métallique de la conque d'Orchestre.
- Le diagnostic de l'ossature existante sous l'action de nouvelles charges permanentes.

**Avec SCIA Engineer, cette action a été facilitée grâce à la fluidité de transmission des DWG et la liberté de gestion des calques que l'on peut activer et désactiver en fonction des besoins.**

L'automatisation des sections graphiques et de la synthèse permet ensuite une note de calcul complète générée rapidement, pour un gain de temps qui permet de se concentrer sur la suite du processus, qui se résume en trois étapes, à savoir l'inspection et relevé de l'ossature existante, les calculs de l'ossature sous règlement AL76 et le renforcement de la charpente suite aux résultats de calculs.

« C'est un bâtiment qui est plus gros que l'Arc de Triomphe. Si on veut se le représenter il fait 70 mètres de haut, 53 mètres de large et 26 mètres de profondeur, on l'a modélisé du sous-sol jusqu'à la toiture. Ça représente environ 1900 tonnes d'acier. »

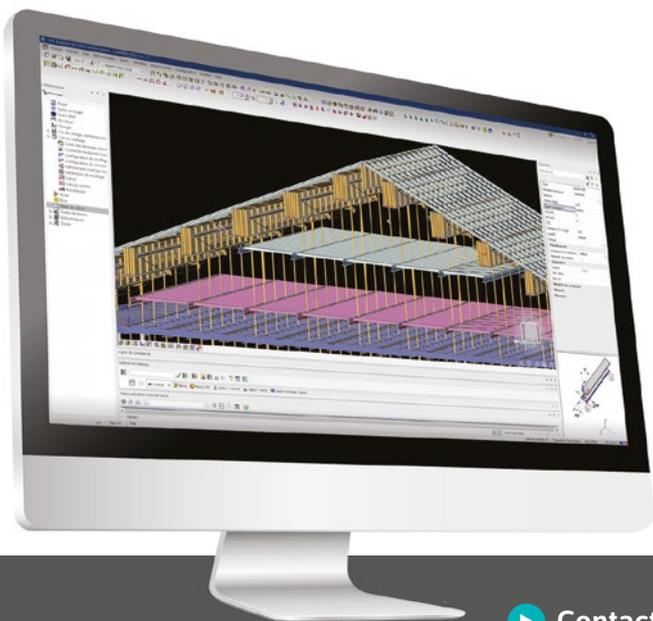
A. Duberseuil

Vous voulez en savoir plus sur le projet ?  
Regardez ensuite la vidéo sur notre chaîne YouTube ...



**SCIA**  
ENGINEER

UN LOGICIEL DE CALCUL  
DE STRUCTURES PUISSANT,  
AVEC SUPPORT LOCAL



Contactez-nous pour plus d'informations : [www.scia.net/fr/contact](http://www.scia.net/fr/contact)

## Interview de Stéphanie Obadia, directrice de Construction21

### « Construire un monde meilleur »

À la fois média de la ville durable et réseau de rencontres des acteurs engagés, Construction21 diffuse les informations et bonnes pratiques autour du bâtiment et de la ville sur fond de transition écologique et énergétique. Portés par ces enjeux, les acteurs de la construction métallique ont eux aussi un rôle majeur à jouer et des atouts à valoriser. Décryptage avec Stéphanie Obadia, qui vient de fêter un an à la tête de l'association.

*Propos recueillis par Fanny Messica*



© Construction21

Stéphanie Obadia,  
directrice de  
Construction21

#### **Quelle est l'origine de votre parcours et de votre engagement sur les sujets de l'environnement, de la construction et de l'urbanisme durables ?**

**Stéphanie Obadia :** Cet intérêt s'est fait naturellement. Au début de ma carrière, j'ai très vite pris la rédaction en chef de revues spécialisées dans la filière bois et je me suis particulièrement intéressée aux aspects environnementaux, comme la bonne gestion de la forêt et la lutte contre la déforestation, par exemple. Totalement corrélés, les enjeux de la construction se sont donc rapidement imposés. Je me suis ainsi spécialisée dans le bâtiment et la ville en rejoignant le *Moniteur des travaux publics et du bâtiment* et en prenant la rédaction en chef des *Cahiers techniques du bâtiment*. Je n'ai cessé de cultiver cette approche environnementale, essentielle pour construire un monde meilleur. C'est donc naturellement que j'ai pris la direction de Construction21, tout en gardant la plume, afin d'informer mais aussi en un sens de sensibiliser et donner des pistes de solutions pour accélérer l'évolution du secteur.

#### **Quelles évolutions avez-vous pu observer au cours de votre expérience en rédactions autour de la transition écologique ?**

**S. O. :** J'ai constaté des changements notables dans l'acte de construire, dans le choix des matériaux, la prise de conscience écologique. Il y a encore dix ans, la construction écologique était perçue comme marginale, réservée aux « écolos ». La prise en compte de ces enjeux était assez faible mais s'est accélérée depuis cinq ans, en particulier avec la crise sanitaire. Elle a depuis gagné du terrain, conquis les grands mais aussi les plus petits acteurs.

#### **Est-ce par choix ou par obligation ?**

**S. O. :** Difficile d'y répondre. Je dirais les deux. Il est impossible de nier les effets et les conséquences du changement climatique. Les acteurs de la construction en ont pris conscience, ils se sont engagés et proposent aujourd'hui des initiatives intéressantes. Les entreprises prennent des risques et cherchent des solutions en décarbonant leurs outils de production, en créant de nouveaux modes de construction, en adoptant de nouvelles méthodes et en développant de nouveaux matériaux. La mixité des matériaux est d'ailleurs de plus en plus plébiscitée. Avec, en prime, plus de collaborations entre les acteurs. C'est en conjuguant les compétences et les connaissances que l'on obtient les meilleurs résultats. Mais certains acteurs sont plus volontaires que d'autres... Il faut parfois des obligations réglementaires pour faire évoluer les habitudes et contraindre les professionnels à la conduite du changement. La France s'est en effet dotée d'une ambition importante avec la stratégie nationale bas carbone (SNBC), qui vise à atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 et à réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français.

#### **Les acteurs de la construction ont-ils pris le train en marche ?**

**S. O. :** Le secteur représente 43 % de la consommation énergétique annuelle française et génère 23 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'Hexagone. La France a véritablement été pionnière en la matière, avec notamment la mise en œuvre de la réglementation environnementale, la RE2020, qui incite tous les acteurs à construire de manière vertueuse en utilisant les matériaux les moins carbonés. Cette réglementation, très décriée d'ailleurs à ses débuts par

## Construction21, média et réseau du bâtiment et de la ville durables

Créé il y a 11 ans, Construction21 est un média qui impulse les solutions abordables, bas carbone et répliquables pour construire les bâtiments et la ville durable de demain. C'est aussi un réseau de 160 acteurs adhérents engagés en faveur du bâtiment et de la ville durable, dont les diverses productions et actualités nourrissent quotidiennement le site. Des études de cas, nationales et internationales, renforcent l'expertise de l'association : plus de 1 700 sont consultables, par thèmes et en accès libre. Construction21 est réparti en dix collèges : architectes, ingénieurs et bureaux d'études, promoteurs, collectivités territoriales, industriels, constructeurs, instituts de

recherche et universités, entités gouvernementales, organismes en faveur de la construction durable et, depuis peu, des négoce et magasins de distribution. L'objectif est de créer des synergies et faire se rencontrer ces différents acteurs de la construction et de la ville durable pour trouver ensemble des solutions performantes. L'association, dont l'action se décline également à l'international à travers huit plateformes (Maroc, Algérie, Chine, Allemagne, Italie, Espagne, Belgique, Luxembourg) joue pleinement son rôle de fédérateur et mène des actions communes avec les organismes, professionnels, ministères et pouvoirs publics.

les acteurs de la construction métallique, notamment sur la question de l'ACV dynamique, constitue néanmoins un changement majeur. Car plutôt que de se focaliser sur la performance thermique, l'approche carbone des bâtiments est désormais prise en compte. Elle vise aussi des objectifs de diminution d'impact carbone, mais en prenant en compte l'ensemble des émissions du bâtiment sur son cycle de vie, de la phase de construction à la fin de vie (matériaux de construction, équipements), en passant par la phase d'exploitation (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, éclairage...). Cela engendre des changements essentiels dans la façon de concevoir, de produire, et incite à l'emploi de matériaux bas carbone comme le bois ou les biosourcés, déconomiser la ressource ou de favoriser le réemploi. En ce sens, les industriels (béton, acier...) redoublent d'efforts pour diminuer les émissions de leurs produits. Cette émulation touche tous les secteurs, dont la filière de la construction métallique. La RE2020 met également l'accent sur le confort d'été. Ainsi, les bâtiments neufs devront mieux résister aux épisodes de canicule, qui seront plus fréquents et intenses du fait du dérèglement climatique. Pour le moment, les ambitions sont facilement atteignables mais les exigences augmenteront progressivement avec des seuils carbone plus contraignants en 2025, 2028 et 2031.

### Quels autres enjeux, notamment réglementaires, se dessinent pour l'ensemble des professionnels ?

**S. O. :** Le neuf n'est pas l'unique secteur concerné. Le gouvernement a pris d'autres dispositions. La loi climat et résilience prévoit en outre plusieurs mesures pour assurer la résilience des bâtiments face aux impacts futurs. Elle oblige les rénovations des passoires thermiques F ou G d'ici 2028 et prévoit des sanctions financières pour les propriétaires qui

ne les respectent pas. Le diagnostic de performance énergétique et climatique (DPE) est rendu obligatoire pour toutes les transactions immobilières afin de connaître précisément la consommation énergétique du bien et son empreinte carbone. Enfin, elle encourage les installations de production d'énergie renouvelable. Aussi, elle a adopté le décret tertiaire afin de diminuer les consommations énergétiques du parc.

Le défi est donc d'aller plus loin et d'intégrer l'impact carbone de la construction ou de la réhabilitation. Ceci implique d'avoir une approche globale lors de la conception et de la rénovation. Et de repenser les modèles constructifs traditionnels. Pour dépasser les avancées apportées par la RE2020, un nouveau cadre commun de référence est d'ailleurs en cours d'élaboration. Il élargit la définition de la construction durable en intégrant de nouveaux paramètres en termes de gestion de l'eau, de prise en compte de la biodiversité, la mesure des performances et le développement de techniques low tech, par exemple.

Il faut alors penser mixité de matériaux, matériaux bas carbone, issus du réemploi... en toute intelligence. Tout un travail de formation, d'acculturation est à mener en même temps, avec des procédés parfois non traditionnels et qui peuvent modifier les habitudes.

### Comment le métal tire-t-il son épingle du jeu et quels progrès sont possibles ?

**S. O. :** L'acier, qui contient une forte part de produits recyclés, permet la réalisation d'ouvrages démontables et réutilisables et s'applique parfaitement au réemploi. En effet, même indéfiniment recyclé, l'acier conserve l'ensemble de ses caractéristiques mécaniques. De nombreux efforts de décarbonation sont également menés par les aciéristes, notamment

via la production de nouveaux aciers bas carbone et le type d'énergie employé par les fours peut diviser les taux d'émission de CO<sub>2</sub> par 5 ou 6. Je pense notamment à XCarb, acier d'Arcelor, qui revendique des émissions de l'ordre de 0,3 kg de CO<sub>2</sub> par kg d'acier de construction métallique produit. Le projet de l'usine Gravithy à Fos-sur-Mer – monté par EIT InnoEnergy, Engie New Ventures, Forvia, le groupe Idec, Plug et Primetals – est également intéressant. L'objectif étant de produire, d'ici 2027, deux millions de tonnes de minerai de fer préréduit, nécessaire à la fabrication d'acier, et qui seront produites à base d'hydrogène décarboné.

L'acier a encore de nombreux atouts à jouer. Il est résistant au feu et aux séismes et il permet de construire des structures légères avec de grandes portées et pouvant être préfabriquées (gain de temps et de carbone). Il est en cela l'un des matériaux favoris pour la surélévation, l'extension et la réhabilitation. La rénovation-réhabilitation est justement un autre grand enjeu des politiques publiques. D'autant que 80 % des bâtiments de 2050 existent déjà, mais quasiment aucun n'est adapté aux conséquences du dérèglement climatique. L'objectif est de rénover

800 000 logements par an en France. L'adaptation est fondamentale : adapter, c'est anticiper pour que demain ne soit pas subi. Et si tout est réalisé avec une faible empreinte carbone, c'est encore mieux.

## Quelles innovations et avancées dans le métal ?

De nombreux efforts sont menés concernant le réemploi. D'autres exemples en témoignent comme la rénovation d'une friche industrielle en zone d'activité, les Ateliers Diderot, qui allie l'économie de matériaux à la conservation au maximum de l'existant. Sur ce projet, 68 % des profils existants ont été réemployés, c'est-à-dire une part de réemploi de 8 % de l'acier utilisé au total sur le chantier. Autre exemple, la cité de l'Éco-habiter à Pantin. Pour la réhabilitation d'un ensemble de cinq bâtiments industriels de 6 000 m<sup>2</sup> de plancher, la structure métallique principale des ouvrages existants a été conservée (voir encadré). Aussi, pour la construction de la prochaine usine du groupe Briand aux Herbiers en 2023, près de 100 tonnes de poutrelles d'acier proviendront de l'ossature des anciennes halles Alstom de Nantes, dont le démontage s'est achevé à l'automne 2022. Enfin, des plateformes et outils se développent. La filière métallique, sous la houlette du CTICM, travaille à l'organisation du marché du réemploi et à l'élaboration de référentiels techniques nécessaires pour une massification du recours aux produits d'occasion. Une plateforme numérique fonctionnant comme une salle de marchés virtuelle est en cours d'élaboration. Elle permettra la mise en contact entre vendeurs et acheteurs. Les produits mis en vente seront en partie requalifiés avec des attestations de performances conformément aux règles de l'art en vigueur. Associé à la plateforme, un réseau de partenaires du réemploi (relais) sera mis en place dans les différentes régions de la métropole. Autre piste intéressante : la réversibilité des bâtiments afin de modifier facilement l'usage futur des bâtiments, favoriser leur flexibilité et adaptabilité. Des expérimentations sont menées afin de repenser le concept de murs porteurs, et les dissocier de ceux qui séparent les espaces. L'avantage de l'acier est qu'il permet d'avoir des éléments que l'on peut facilement assembler et désassembler selon les besoins. En Europe, les structures en acier sont reliées par des boulons. Il est aisé de déboulonner pour réutiliser et agencer les différentes parties autrement.

## Les Ateliers Diderot Ateliers, bureaux et espaces de co-working dédiés à l'éco-construction

Pour la réhabilitation d'un ensemble de cinq bâtiments industriels de 6 000 m<sup>2</sup> de plancher, la structure métallique principale des ouvrages existants a été conservée. Les chemins de roulement métallique existant dans le hall Diderot ont été démontés pour être utilisés sur ce projet pour la réalisation des poutres principales des planchers. Une partie des pannes support de couverture existante a été redistribuée pour correspondre aux caractéristiques du complexe de couverture. Les pannes récupérées lors de cette nouvelle distribution ont été utilisées pour supporter le complexe d'une couverture chaude sur une autre partie du bâtiment et les quelques pannes métalliques restantes ainsi que les ossatures métalliques secondaires de façade ont été intégralement incorporées dans le stock de matière première du constructeur métallique pour une réutilisation sur une structure métallique d'un futur ouvrage. Les justifications des dimensionnements des structures réutilisées ont reçu l'avis favorable du bureau de contrôle de l'ouvrage. Et les travaux sont en cours de finition.



**Maîtrise d'ouvrage :** sas Halle Papin  
**Maîtrise d'ouvrage déléguée :** régie immobilière de la ville de Paris  
**Maître d'œuvre :** Block Mand.  
Bâtiment durable francilien (BDF)  
niveau argent

## Green Solutions Awards : des projets vertueux et ambitieux en éclaireurs

Organisés par Construction21, ces trophées récompensent les projets les plus vertueux, que l'on parle d'approche globale, en neuf ou en rénovation, ou de thématiques précises comme la low tech, le climat chaud, le réemploi. Quelque 220 candidatures nationales et internationales ont été enregistrées pour l'édition 2023. La France a dévoilé ses lauréats en juillet, les vainqueurs internationaux ont également été désignés et la finale se déroulera à la Conférence des parties (COP), à Dubaï, le 5 décembre prochain. De nombreux projets exemplaires ont été retenus, comme autant d'inspirations pour les acteurs de la construction métallique, encore trop peu représentés. Constructeurs, industriels, maîtres d'ouvrage... chacun est invité à publier et à partager ses réalisations sur le site pour briller lors des prochaines cérémonies.



belle illustration. La réhabilitation de ces halles, qui abritent désormais les ateliers de Maximum, a impliqué la consolidation des structures existantes et la création d'espaces chauffés : parmi les matériaux récupérés sur d'autres chantiers utilisés lors de la rénovation, les structures métalliques sont reines. Je pense également à la Green Factory, située dans l'ancien faubourg industriel de Lyon, en mutation depuis les années 1990. Pour ce projet, plus de 1500 m<sup>2</sup> de charpente métallique ont été restaurés et conservés, pour maintenir l'accent pittoresque du lieu. Les projets de reconversion avec le métal font également florès à l'étranger : en 2012, la reconversion d'un hangar pour le Winnipeg Folk Festival a notamment impliqué la réutilisation d'anciens poteaux électriques pour soutenir un portique extérieur. La terrasse a été réalisée avec du bois local et des tôles métalliques ondulées qui, quoique neuves, provenaient d'un surplus. Le tout a été assemblé en tenant compte d'un futur désassemblage. Et les exemples se comptent par milliers...

### L'acier a-t-il sa place dans la réhabilitation ?

**S. O. :** Les politiques urbaines et publiques plaident en effet en faveur de la rénovation et de la réhabilitation de l'ancien, avec prise en compte de l'empreinte environnementale. Parmi les solutions : la surélévation, qui peut permettre de revoir l'isolation thermique du bâtiment existant, de le rénover (rénovation, ravalement, installation d'ascenseurs, etc.), et de le rendre plus vertueux en intégrant sur la toiture des panneaux solaires ou photovoltaïques... La surélévation peut être un levier de financement de la rénovation thermique et énergétique des bâtiments. Idem pour l'extension. Elle doit se penser autrement, avec une approche

écologique. Des produits recyclés et recyclables, avec une isolation biosourcée par exemple. L'acier a toute sa place à prendre dans la réhabilitation. Alors certes, il y a parfois des freins, juridiques, financiers, urbains... Malgré les embûches, la voie est tracée et le marché est conséquent.

### Et l'industrialisation de la construction ?

**S. O. :** Le hors-site est un mode de construction intéressant sur les plans économique, de rapidité de chantier et environnemental. Et l'acier y a toute sa place. C'est un matériau léger : il peut être transporté facilement depuis les ateliers jusqu'au lieu d'assemblage, sans avoir besoin de mobiliser une grosse flotte de véhicules. Les études montrent que la circulation de camions sur chantier diminue de 39 % avec la construction hors-site. Ce qui joue forcément sur les émissions carbone. Aussi, industrialiser la construction métallique peut passer par des standards d'éléments constructifs. Limiter le nombre d'éléments peut permettre d'aller plus vite.

### Du reste, faut-il encore construire ?

**S. O. :** Bonne question..., surtout dans ce contexte d'épuisement des ressources, des impacts environnementaux, des enjeux de la non-artificialisation des sols et de la comptabilisation carbone de toutes les constructions, de tous nos gestes, comportements et déplacements. C'est une question à la fois politique, économique, sociale, culturelle, environnementale et philosophique. Alors faut-il encore construire ? Oui, bien sûr ! L'histoire de l'humanité n'est pas de déconstruire. Il est important de maintenir notre développement, de proposer les services adaptés au maintien de la santé et la sécurité de tous.

# RENCONTRE

Je rappelle que le secteur du BTP est certes le secteur le plus énergivore et le troisième plus polluant, mais il reste le premier bassin d'emplois et le rouage économique de notre pays. Et même si nous émettions le désir de stopper toute construction nouvelle, nous sommes dans une société qui évolue et qui doit rester résiliente. Donc il y aura toujours des demandes d'extension d'une aile d'hôpital afin de répondre à de nouveaux besoins ou proposer de meilleurs services, la création de crèches dans les quartiers en forte demande, la rénovation d'une école en décrépitude, d'un espace public planté rafraîchissant le cœur de ville, de centres culturels et d'équipements sportifs, de logements collectifs, d'infrastructures, etc. La question que nous devons nous poser est : comment bien et mieux construire ? Et là, c'est tout un changement de paradigme et d'approche. Une révolution. Nous devons également ménager l'aménagement. La biodiversité n'a jamais été aussi en difficulté. Notre responsabilité en tant que constructeurs, peu importe l'échelle de notre action, nous oblige plus que jamais à nous réapproprier les conséquences de nos actes sur notre environnement. Il est essentiel d'endiguer l'étalement urbain et de contenir l'artificialisation des sols. La tâche est de grande ampleur, c'est pourquoi nous parlons de changement de paradigme.

## **Quelle est votre appréciation de l'état du parc français et de sa capacité à améliorer sa performance ?**

Il y a aujourd'hui une obligation forte de rénover le parc immobilier, impulsée par des décrets. De nombreux outils sont mis en place, notamment des outils numériques, sorte de banques d'information sur le parc immobilier existant, ce qui permet d'évaluer par exemple quelles typologies de bâtiments prioriser dans la rénovation. L'objectif est de rénover à court ou moyen terme les bâtiments ayant des étiquettes énergétiques F ou G. Ces dernières années, les politiques de rénovation mises en place visaient à saupoudrer des financements. Aujourd'hui, la rénovation globale est privilégiée à la rénovation par gestes. Il est essentiel de mettre en place un plan stratégique pour savoir comment attaquer efficacement ces sujets. L'énergie est de plus en plus chère et la réduction des consommations n'est plus une option. Il existe aujourd'hui des solutions de tiers financement des travaux de rénovation, notamment lors de la vente d'un bien immobilier. De nombreuses actions se développent. Pour les bâtiments à caractère patrimonial, la question est un peu différente, car il n'est pas question de tout détruire ou pas toujours

facile d'atteindre une performance semblable à un bâtiment lambda. Chaque projet doit être traité au cas par cas et c'est là toute la complexité de l'exercice.

## **Comment imaginez-vous le bâtiment de 2050 ?**

Le premier point est de prendre en compte le changement climatique dès maintenant, en s'intéressant au confort d'été et d'hiver, selon les projections prévues pour 2050. Ensuite, comme je le disais, il faut trouver le juste milieu technologique. Du point de vue morphologique, le bâtiment de 2050 sera ouvert vers l'extérieur et devra être autonome en énergie et en eau. Il est également intéressant de réfléchir aux aspects sociaux, avec des espaces partagés : une cour d'école peut avoir un autre usage le week-end et pendant les vacances scolaires par exemple. Ensuite, le confort est un aspect clé, car le bâtiment de 2050 doit être désirable. Dans le choix des matériaux, biosourcés, écologiques et bas carbone sont à privilégier, mais aussi le réemploi, car les ressources sont précieuses et se raréfient. Il faut également favoriser la biodiversité par la végétalisation, ce qui permet de contrer la chaleur en été. Enfin, le bâtiment doit être connecté à son quartier, en énergie par exemple avec des réseaux de chaleur et des échanges d'énergie.

## **Un message aux acteurs de la construction métallique ?**

**S. O. :** À vous, acteurs de la construction métallique et acier, de placer vos pions et de vous mettre en ordre de marche pour une construction/réhabilitation durable. À vous de promouvoir les avantages que peut offrir le métal. Allez de l'avant. La RE2020 est entrée en application. La quantification du poids carbone et la méthode de calcul d'ACV a fait l'objet d'un accueil très mitigé, le mot est tendre... mais c'est acté et il faut bien avancer. Prenez-le comme un challenge. Démontrez que votre matériau peut être durable. Et démontrez-le avec des chiffres, de manière scientifique et objective. Optez pour des matériaux recyclés et engagez-vous dans l'économie circulaire et de l'occasion. L'acier est l'unique matériau de construction à pouvoir être recyclé à l'infini tout en conservant la totalité de ses performances. Je ne l'ai pas encore évoqué, mais réduire l'empreinte carbone peut également passer par la frugalité et moins de matière. Bref, innovez, proposez des systèmes constructifs bas carbone. La mixité des matériaux est aussi intéressante. Vous n'en serez que plus fiers. D'autant que l'urgence climatique est bien là. Et pour conclure, bien sûr, rejoignez Construction21 pour impulser la ville durable de demain.



la référence depuis plus de 55 ans  
recherche, calcul et conception, ingénierie incendie,  
réglementation et normalisation, descriptions d'ouvrages

## ABONNEZ-VOUS!

Tarif de l'abonnement  
annuel 2023 (4 numéros) :

France 160 € TTC

Étranger 195 € TTC

À retourner accompagné de  
votre règlement par chèque à  
l'ordre du CTICM :



Service publication Espace  
technologique L'orme des  
merisiers Immeuble Apollo  
91193 Saint-Aubin

Conditions générales de vente disponibles :  
sur le site [www.cticm.com](http://www.cticm.com) ou sur simple  
demande à [publication@cticm.com](mailto:publication@cticm.com)

### VOTRE COMMANDE

	quantité	prix unitaire	prix total
Abonnement 2023 France*		160 € TTC	
Abonnement 2023 Étranger*		195 € TTC	
<b>Total TTC de votre commande</b>			

\*Lorsque vous vous abonnez en cours d'année nous vous envoyons les numéros déjà parus.

Nom : ..... Prénom : .....

Raison sociale de votre société : .....

Adresse : .....

Code Postal : ..... Ville : ..... Pays : .....

E-mail : .....

Adresse de facturation (si différente) : .....

TERRAIN

# Une arène au co



© Groupe-6

# œur de Chartres

Un nouvel équipement culturel et sportif est en cours d'achèvement à Chartres, en cœur de ville. À l'issue d'un concours d'architecture, c'est une proposition audacieuse de l'agence Groupe-6 qui a été sélectionnée, une arène contemporaine toute en courbes venant s'inscrire délicatement dans le sol et dont la toiture constitue un nouvel espace public, un « jardin-belvédère » offrant une vue inédite sur la cathédrale et sur la vieille ville.

*Par Vincent Rey*

# TERRAIN TERRAIN



© Arnaud HEBERT/REA - Groupe-6

## Parti pris urbain

Jusqu'à une époque récente, les grands équipements sportifs et culturels étaient usuellement implantés à l'extérieur des villes, dans les zones dites périphériques qui ont vu ainsi fleurir moult salles de spectacle et arènes sportives émergeant au cœur d'immenses zones de parkings. Tel n'a pas été le choix de la ville de Chartres qui a décidé de construire son futur équipement à proximité immédiate du centre historique, sur une parcelle très contrainte auparavant occupée par des entrepôts de la SNCF. Un pari d'autant plus audacieux que le terrain choisi offrait une co-visibilité directe avec la cathédrale de Chartres, un monument de l'architecture gothique inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1979.

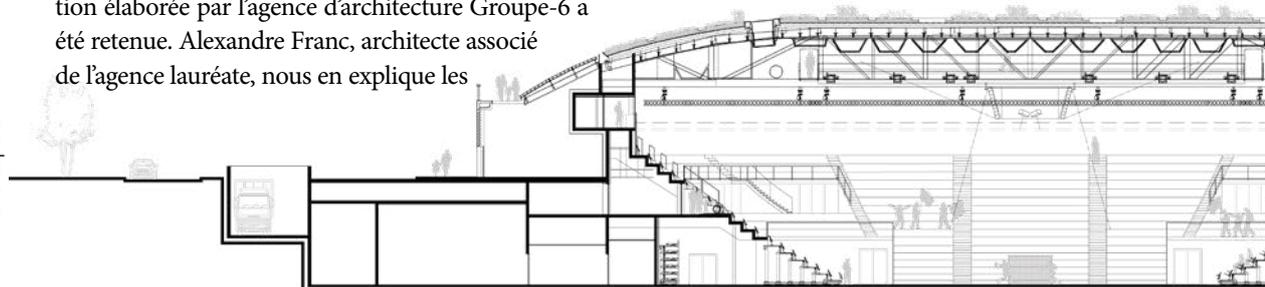
Face à un tel emplacement, face à de tels enjeux patrimoniaux, les équipes d'architectes se devaient de concevoir un édifice nécessairement urbain, c'est-à-dire répondant non seulement au programme de la maîtrise d'ouvrage mais également au contexte spécifique du site sur lequel il prenait place. À l'issue d'un concours, la proposition élaborée par l'agence d'architecture Groupe-6 a été retenue. Alexandre Franc, architecte associé de l'agence lauréate, nous en explique les

principes : « Notre projet s'insère dans la topographie existante selon un effet recto-verso : l'un de ses faces est tournée vers Mainvilliers (commune limitrophe de Chartres), et se présente comme un grand jardin incliné accompagné de sa promenade circulaire, alors que son autre face, orientée vers le centre-ville de Chartres, est une grande façade vitrée de 12 mètres de haut, un réel effet coup de théâtre lorsque l'on contournera l'édifice pour pénétrer dans son hall... »

## Un travail topographique

En première lecture, l'élément marquant du projet de Groupe-6 est en effet son immense toiture-jardin qui, par son inclinaison, vient linéairement prolonger l'espace public de la rue en une grande promenade circulaire offrant un point de vue inédit sur la cathédrale. Mais cette intention topographique n'est pas uniquement une réponse formelle au site et à ses contraintes, elle traduit également une réflexion des architectes sur le fonctionnement des grands équipements urbains. « Un équipement sportif et

© Groupe-6





© Groupe-6

*culturel accueille des manifestations temporaires, et nous voulions aller au-delà de cette temporalité pour offrir à la ville des espaces qui, eux, seraient utilisés tous les jours : une place, un parvis, un jardin public ; c'est ce jeu sur la double temporalité que nous avons souhaité mettre en avant dans notre projet, et qui nous a inspiré directement sa conception*», nous détaille Alexandre Franc.

Cet effacement partiel du bâtiment et l'horizontalité de ses façades induisent un rapport très franc et contrasté avec la « verticalité sacrée » de la cathédrale émergeant dans le ciel de Chartres, une relation forte et revendiquée par les architectes qui parmi leurs références citent Charles Péguy : « Notre projet est un hommage à sa vision de Chartres, une cathédrale posée sur le paysage... Finalement nous avons reconstitué un paysage au-dessus de notre bâtiment sur lequel vient se poser la vue-cathédrale. »

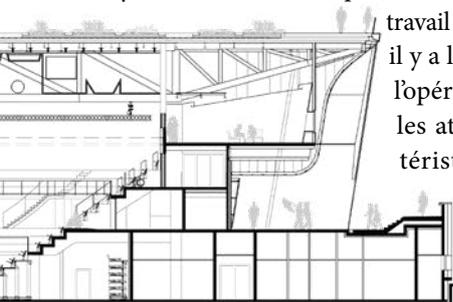
## Une arène elliptique

Il y a le contexte urbain qui oriente nécessairement le travail des architectes, et il y a le programme de l'opération qui définit les attentes et caractéristiques du futur

bâtiment. Point central de l'équipement, une salle multifonctionnelle pouvant accueillir aussi bien des manifestations sportives que différents spectacles culturels sous des jauges modulables : de 4 200 spectateurs pour un concert à 3 800 places assises pour un match de handball. Groupe-6 a conçu cet espace comme une « sorte d'arène antique » selon les mots de l'architecte : « Nous voulions créer un espace très englobant pour favoriser une grande proximité du public avec le spectacle, et la forme elliptique aide à cette sorte de concentration, en offrant un confort visuel optimal. » La conception de cette salle et de sa couverture a constitué un véritable défi pour l'ensemble de l'équipe de maîtrise d'œuvre, et pour le groupe Briand en charge de la réalisation de l'ouvrage. La question acoustique tout d'abord était prégnante pour cet espace aux usages multiples : « Nous avons dû concevoir une salle très flexible en termes d'acoustique en prenant en compte sa programmation diversifiée, mais il nous fallait également protéger l'intérieur des sons extérieurs et des vibrations dues à la proximité des voies ferrées et de la gare », relate Alexandre Franc.

## Mégastructure

La charpente métallique recouvrant la salle principale présente des dimensions extrêmement imposantes : 11



# TERRAIN TERRAIN

© Groupe-6



fermes treillis de 58 mètres de portée et de 5 mètres de hauteur... François Gaborit, chargé d'affaires du groupe Briand, nous en détaille les spécificités: « Sur ce genre d'équipement, la couverture est généralement composée de plateaux acoustiques avec un double complexe, mais ici nous sommes sur une dalle béton collaborante courbe avec un véritable jardin au-dessus - 25 centimètres d'épaisseur de terre végétale -, ce qui nous a ramené des charges extrêmement importantes... Le poids propre du revêtement additionné aux contraintes des équipements scéniques nous ont amenés à mettre en place des sections plus proches d'un ouvrage d'art que de la charpente d'une salle de sport! » En effet, outre les problématiques « classiques » d'une structure métallique, des ponts roulants manuels sont implantés entre chaque ferme afin de permettre l'accrochage et le déplacement d'éléments scéniques. Sur la base d'un cahier des charges rédigé par le scénographe de l'opération, il a fallu que l'entreprise étudie l'ensemble des scénarios potentiels pour définir les cas les plus défavorables pour la charpente: « Si une ferme était chargée à 100 % et celle d'à côté à zéro, il ne fallait pas qu'une flèche différentielle entre les deux gêne en exploitation le roulement de ces poutres », explique François Gaborit.

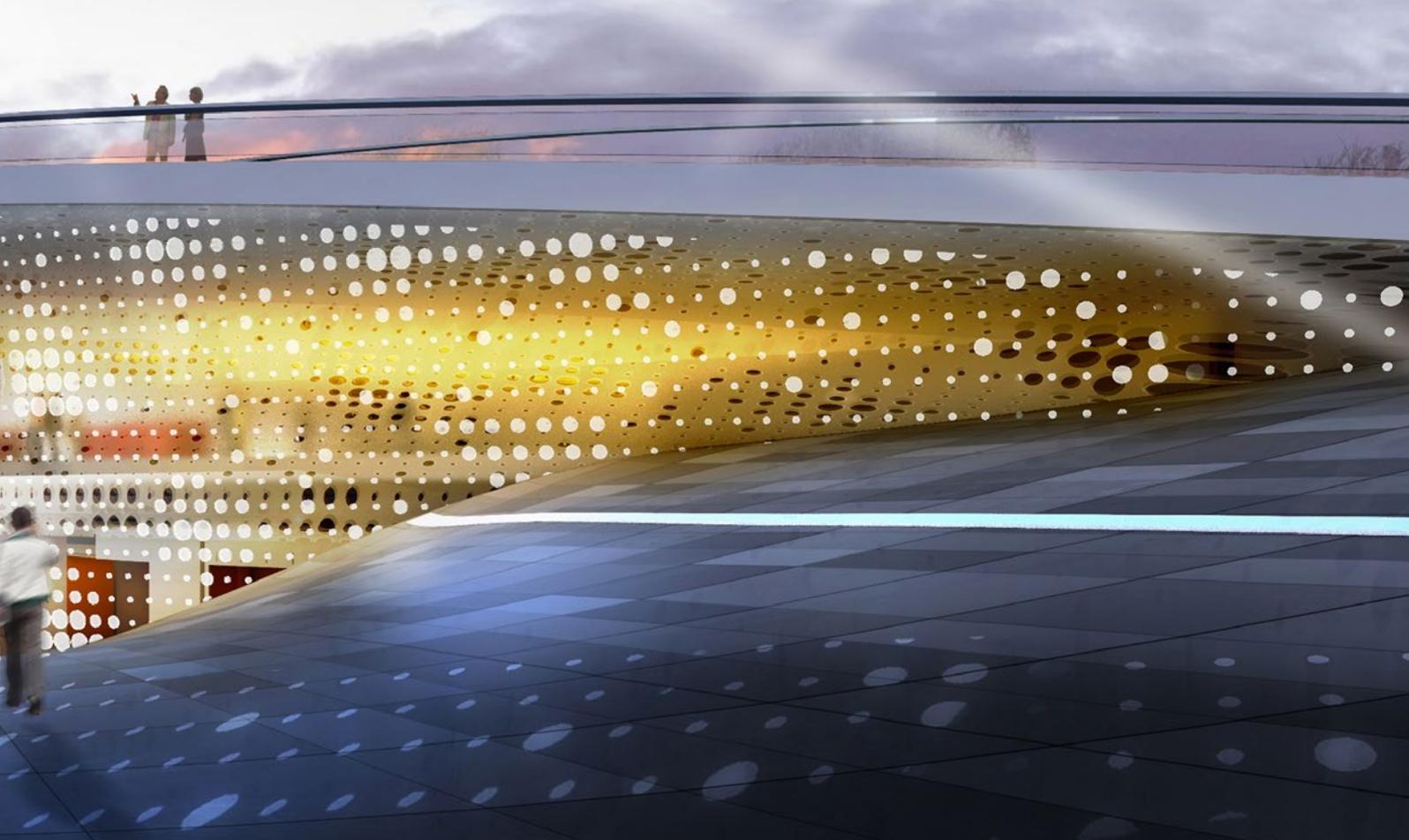
Dernier point spécifique à relever concernant la charpente métallique: la présence d'un gril intégré à cette dernière. « Le gril est essentiellement constitué de passerelles d'accès qui font office de supports de projecteurs ou de points d'accroche pour divers équipements mais mis à part des séances de synthèse assez intenses, notamment pour le passage des réseaux électriques, c'était plutôt classique », nous confie l'entreprise.

## En phase chantier

En site urbain, les chantiers sont toujours très contraints et la présente opération ne fait pas exception à la règle. Le chantier est ici au cœur d'une ZAC avec de nombreuses autres constructions se déroulant simultanément, impliquant une synchronisation dans les différentes interventions... Autre complexité: une « dépollution pyrotechnique » a été nécessaire puisqu'il s'agissait d'un site fortement bombardé pendant la Seconde Guerre mondiale. Enfin, la problématique de l'accès au chantier a pesé fortement sur les process mis en place par les entreprises.

« Nous n'avions qu'une seule voie d'accès dimensionnée pour des camions de taille standard et de fait empêchant tout convoi exceptionnel; il nous a donc





*fallu trouver des solutions pour traiter les fermes treillis», détaille François Gaborit. En conséquence, chaque élément de charpente était d'une longueur de 12 mètres maximum, et des postes ont été créés au sol pour assembler par boulonnage les fermes en deux parties. Pour la mise en place des poutres, des tours d'étalement étaient installées à mi-portée et des tronçons d'environ 40 tonnes étaient levés puis assemblés en hauteur. Cette contrainte d'accessibilité au chantier a donc fortement conditionné le dessin de la charpente, et a également impacté le lot gros œuvre avec des solutions de préfabrication qui ont été préférées à des coulages en place.*

### Un hall tout en courbes

Autre défi technique, la façade vitrée de 12 mètres de hauteur correspondant au hall d'accès de l'édifice et ouverte côté esplanade. « Sa complexité ? Nous sommes sur un ouvrage courbe dans tous les plans, un mur-rideau en VEA (vitrage extérieur attaché) avec pour les vitrages un jeu de 10 millimètres maximum dans leur mise en œuvre. Nous avons donc dans un premier temps mis en place la structure porteuse, puis réalisé un scan 3D de tous

## Équipement multifonctionnel à Chartres

**Type d'opération :** équipement culturel et sportif

**Maîtrise d'ouvrage :** Chartres Métropole

**Maîtrise d'œuvre :** Groupe-6 architectes

**Scénographie :** Mas EA Consultants

**Acoustique :** APIA

**Bureau d'études TCE :** Edeis

**Bureau d'études façades :** Elioth

**Entreprise générale :** Groupe Briand

**Surface :** 15 000 m<sup>2</sup> SHON

**Date de livraison :** fin 2023

*les points d'accroche des vitrages, ensuite finalisé les réglages avant la mise en place des 1200 m<sup>2</sup> de VEA en sachant que chaque vitrage pesait 450 kilos en moyenne... » C'est l'entreprise Briand Métal qui a assuré la réalisation de cette façade.*

En arrière-plan des vitrages, une immense surface perforée vient épouser la forme de la salle VIP en se retournant pour devenir un faux plafond.

# TERRAIN



## Le projet en chiffres

1 500 m<sup>2</sup> de façades vitrées

1458 tonnes de charpente

1000 cassettes perforées uniques

500 tonnes d'armatures

18000 m<sup>2</sup> de plancher

9800 m<sup>2</sup> de dallage

10 000 m<sup>3</sup> de béton coulé en place

15 000 m<sup>2</sup> de pré-murs

5 000 ml de chemin de câble

2 100 m<sup>2</sup> de sols sportifs

1 300 plantations

Alexandre Franc de Groupe-6 nous en décrit les caractéristiques: « Cet élément participe vraiment de l'effet coup de théâtre du projet... Il conditionne fortement la mise en valeur du hall et il est à la fois courbe en plan et en coupe; afin de maîtriser cette complexité, nous avons effectué tout un travail en 3D et nous avons eu beaucoup d'échanges avec l'entreprise pour définir les perforations, établir un calepinage précis de l'ensemble et obtenir un effet de continuité alors même que chaque panneau composant cette surface est unique. »

Réalisée en aluminium composite, cette peau perforée repose sur une ossature métallique qui a été développée à partir de la forme proposée par les architectes, avec une précision d'assemblage entre panneaux de l'ordre du millimètre.

## Approche environnementale

Aujourd'hui, la conception d'un équipement public implique nécessairement une attention majeure portée aux problématiques environnementales. Et concernant un bâtiment destiné à accueillir un large public, la question des transports et de leurs impacts

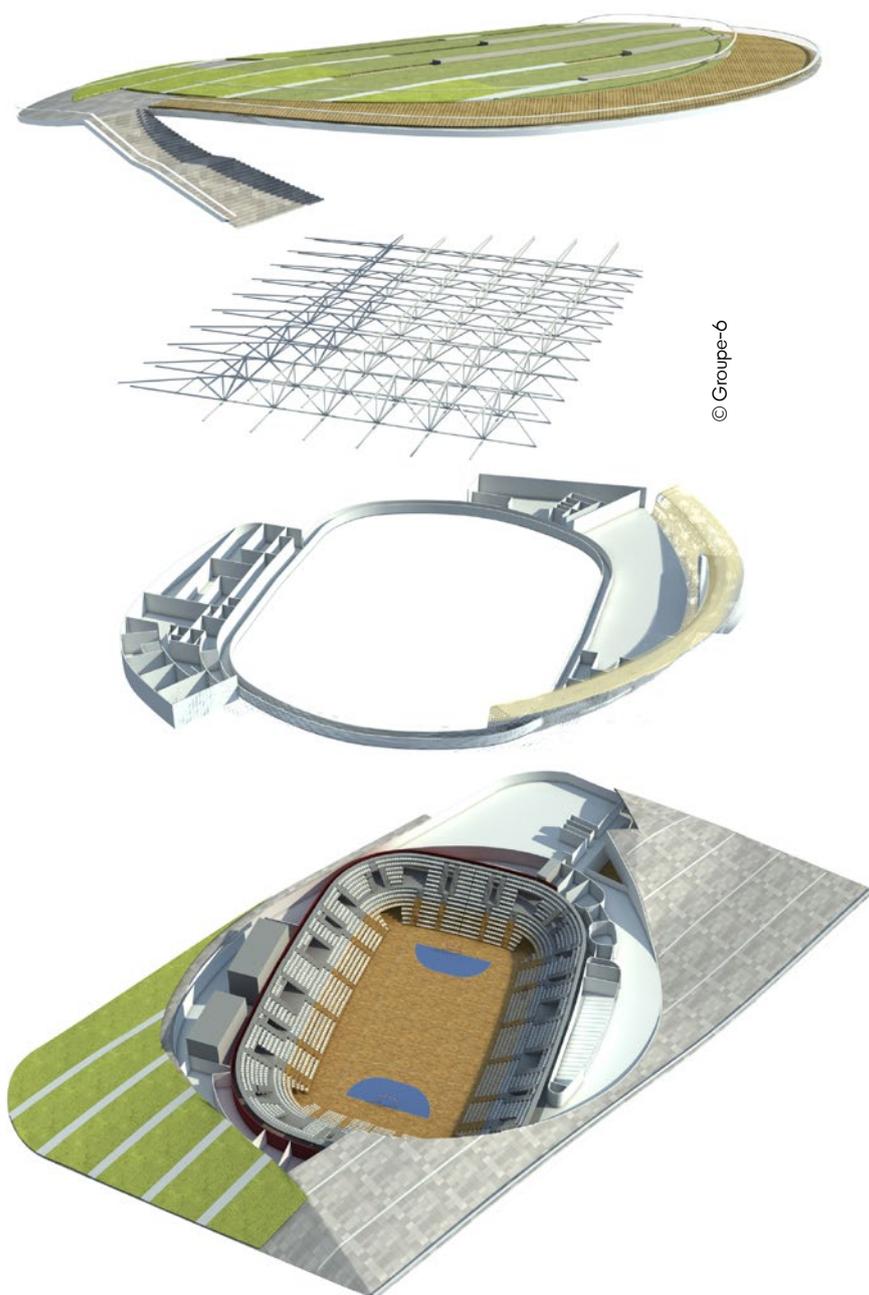
est incontournable. L'implantation choisie par la ville de Chartres est à ce titre tout à fait pertinente : situé en zone urbaine dense, à proximité de la gare et d'une plateforme intermodale, le projet bénéficiera d'un réseau dense de transports en commun et de mobilités douces.

La problématique de la consommation énergétique de l'édifice a fait l'objet d'un travail spécifique. « L'installation mise en place fonctionne avec différents traitements selon les types d'espaces et leur occupation dans le temps : l'administration, utilisée en permanence, est équipée avec des éléments standards tertiaires alors que la grande salle est munie d'une TFP - thermofrigopompe - pour répondre aux pics d'utilisation ; nous avons également créé des espaces tampons intermédiaires comme le hall », détaille Alexandre Franc.

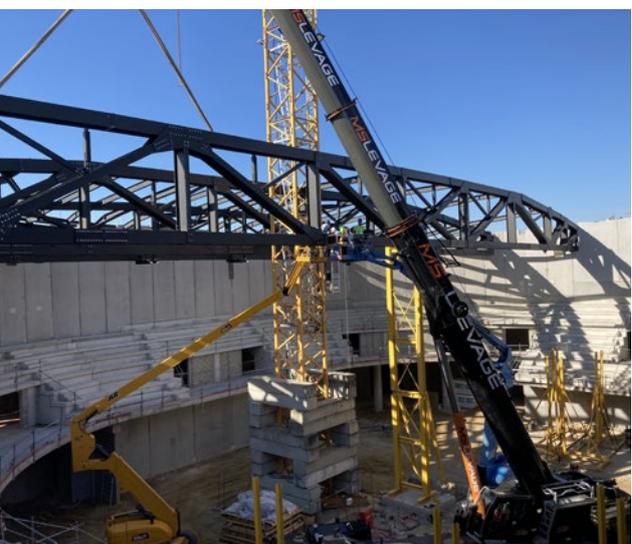
Le traitement du jardin-belvédère a été mis au point en interne par les paysagistes de l'agence Groupe-6, en collaboration étroite avec l'équipe d'architectes. Il a fallu en effet développer un complexe de toiture spécifique intégrant les pentes et les contraintes du lieu. Si les plantations intensives choisies assurent un rôle important en matière de biodiversité, le traitement végétal de la toiture favorise également une gestion bioclimatique du bâtiment.

### Reconquête urbaine

À la base du projet, la volonté ambitieuse de reconquête d'une friche urbaine aux portes de la vieille ville. Mais également l'idée d'un équipement réellement polyvalent, en capacité d'accueillir des spectacles ou manifestations pour des publics très variés. Ces deux objectifs sont en passe d'être pleinement



© Groupe-6



© Arnaud HEBERT/REA - Groupe-6

réalisés, ils sont représentatifs des nouvelles politiques urbaines qui privilégient une reconstruction de la ville sur la ville plutôt qu'une recherche de foncier toujours plus éloigné en périphérie.

Le bâtiment est aujourd'hui hors d'eau et hors d'air, et les travaux devraient être achevés à la fin de cette année pour une mise en service courant 2024. Et au terme d'une consultation citoyenne, cet équipement majeur pour la ville de Chartres a été baptisé « Le Colisée », un nom qui résonne comme un écho à « l'arène antique » proposée par les architectes au cœur même du projet.

# La formation continue au CTICM

Le CTICM accompagne les acteurs de la filière construction métallique dans le développement de compétences de leurs collaborateurs. Avec une expertise de longue date dans ce secteur, nous proposons des formations axées principalement sur le calcul des structures métalliques selon les Eurocodes.

Nos formations couvrent une vaste gamme de sujets, allant de la conception et du dimensionnement des structures métalliques, en passant par la sécurité incendie des ossatures, jusqu'à des sujets plus spécifiques comme les chemins de roulement, la construction mixte acier béton ou l'utilisation de l'aluminium. Le calendrier de nos formations catalogue pour 2024 est disponible ci-contre.

Pour faciliter l'accès à nos formations, nous proposons des parcours pédagogiques cohérents appelés « formules ». Celles-ci regroupent plusieurs modules complémentaires, permettant ainsi aux participants de bénéficier d'une approche globale et approfondie et ainsi de véritablement monter en compétence. Par exemple, notre formule 1 « Fondamentaux » est régulièrement utilisée par des dessinateurs expérimentés pour évoluer vers un poste de calculateur. En outre, ces formules bénéficient d'une remise commerciale avantageuse pour encourager la poursuite d'une formation complète.

Le CTICM est fier d'être certifié Qualiopi, ce qui atteste de la qualité de nos actions de formation et vous permet de faciliter le financement de nos formations via votre OPCO (opérateur de compétences).

## Les nouveautés pour 2024

En 2024, le CTICM continue d'innover en proposant de nouvelles formations spécialisées pour répondre aux besoins actuels de l'industrie de la construction métallique. Deux formations de deux jours chacune sont désormais disponibles pour les professionnels du secteur.

### > Formation CNX02 sur la réglementation environnementale 2020 (RE 2020)

Face aux enjeux environnementaux croissants, nous avons proposé en 2023 une formation « Focus »

sur le sujet de la réglementation environnementale 2020 (RE 2020). L'animation de ce format court, également proposé en province, nous permettra en 2024 de vous proposer une formation catalogue enrichie sur ce sujet. Une première journée sera consacrée à une analyse des principales exigences de la réglementation environnementale 2020, tandis qu'une demi-journée supplémentaire sera dédiée à des applications spécifiques sur le volet carbone. Les participants auront l'occasion de mettre en pratique leurs connaissances à travers des études de cas concrets et d'explorer des méthodes d'évaluation et de réduction des émissions de carbone dans les projets de construction métallique.

### > Formation OUV04 sur les pylônes autostables treillis et monotubes

Cette formation approfondie est destinée aux ingénieurs et cadres de bureaux d'études impliqués dans la conception, le calcul de pylônes autostables. Durant deux jours, les participants acquerront une compréhension approfondie des méthodes de calcul du corpus Eurocodes spécifiques aux pylônes autostables. Les participants repartiront avec des compétences techniques renforcées pour optimiser la conception et la construction de pylônes autostables, tout en garantissant leur fiabilité et leur sécurité.

Ces nouvelles formations s'inscrivent dans la volonté du CTICM de maintenir son rôle de référence en matière de formation professionnelle dans le domaine de la construction métallique. En se tenant à jour des dernières avancées et en proposant des contenus à la fois pointus et pratiques, le CTICM contribue à renforcer les compétences des acteurs de l'industrie et à favoriser une construction métallique toujours plus performante et respectueuse de l'environnement.

Code	Intitulé de la formation	Durée en jours	Prix (€HT)	Formule 1 Fondamentaux	Formule 2 Intermédiaire	Formule 3 Confirmé	Premier semestre 2024						Second semestre 2024								
							J	F	M	A	M	J	S	O	N	D					
RDM01	Bases de résistance des matériaux - ISO	3	1590										13-15					10-12			
RDM02	Bases de résistance des matériaux - HYPER	3	1590										27-29					24-26			
FON05	Conception et introduction au dimensionnement en construction métallique - éléments isolés	3	1590															8-10			
FON06	Conception et introduction au dimensionnement en construction métallique - ossatures	3	1590															22-24			
BAS12	Eurocode 0 et Eurocode 1 - Actions et combinaisons	4	2240										9-12							5-8	
BAS04	Eurocode 3 - Calcul et vérification des éléments courants d'ossature	4	2240										23-26							19-22	
ASS05	Eurocode 3 - Calcul des assemblages	4	2240															4-7			3-6
BAT06	Calculer un bâtiment simple avec les Eurocodes	5	2800															17-21			
PER03	Eurocode 3 - Méthodes d'analyse globale des structures	2	1180															17-18			
PER04	Eurocode 3 - Résistance des sections et des éléments	4	2360															1-4			
MIX01	Eurocode 4 - Poutres et poteaux mixtes acier béton	2	1180																	13-14	
ALU01	Construire avec l'aluminium	3	1680															11-13			
BAS11	Eurocode 8 - Séisme : bâtiments courants faiblement dissipatifs	2	1120															22-23			
PER11	Séisme - Approfondissement : structures à comportement dissipatif	2	1180																		10-11
BAS21	Conception à l'incendie des bâtiments à simple rez-de-chaussée en charpente métallique	2	1120															14-15			
PER21	Sécurité incendie des structures métalliques et mixtes	3	1770															15-17			
FAT01	Fatigue et rupture fragile	1	560															7			
OUV01	EN 1993-6 : Chemins de roulement pour ponts roulants et monorails	3	1680															28-30			
OUV02	EC3 partie 1-3 - Éléments longs formés à froid	2	1120															19-20			
OUV03	Passerelles pour piétons	2	1180																		26-27
OUV04	Pylônes autostables treillis et monotube	2	1180															11-12			
OUV21	Escaliers et garde-corps	2	1060															16-17			
CNX01	NF EN 1090-2 - Exécution des ouvrages en acier	2	1180															3-4			19/21/26/28 (classes virtuelles)
CNX02	Réglementation environnementale RE2020	1,5	870															5-6 (matin)			
Formule 1	Fondamentaux : Les bases indispensables pour concevoir et calculer des ouvrages simples	20	9210																		
Formule 2	Intermédiaire : Bien utiliser les Eurocodes pour calculer les bâtiments en acier	19	9040																		
Formule 3	Confirmé : Maîtriser les Eurocodes pour justifier par le calcul les ouvrages en acier de toute nature	10+ option(s)	Remise de 5 à 10 %																		
Se reporter aux dates ci-dessus																					

# ASSISTANCE

L'assistance technique contribue à faciliter et encourager le choix des solutions métalliques, et permet aux praticiens d'obtenir des réponses concrètes à leurs interrogations au quotidien. Elle est délivrée aux constructeurs métalliques mais également à l'ensemble des acteurs du secteur de la construction métallique.

Il s'agit généralement de conseils ou renseignements ne nécessitant pas d'études approfondies, et qui sont donc donnés à titre gratuit. Dans le cas où la demande d'assistance nécessite une étude particulière de plus longue durée, un devis est alors proposé dans le cadre des prestations d'ingénierie et de conseil.

Thèmes	Contacts	Téléphone	Courriel
<b>RÉGLEMENTATION ET NORMALISATION</b>			
Eurocodes: statut, avancement	Valérie Lemaire	01 60 13 83 37	<a href="mailto:vlemaire@cticm.com">vlemaire@cticm.com</a>
Réglementation et normalisation française	Valérie Lemaire	01 60 13 83 37	<a href="mailto:vlemaire@cticm.com">vlemaire@cticm.com</a>
Réglementation «sécurité incendie» pour bâtiments et ICPE	Christophe Thauvoye	01 60 13 83 21	<a href="mailto:cthauvoye@cticm.com">cthauvoye@cticm.com</a>
<b>CONSTRUCTION MÉTALLIQUE - GÉNÉRALITÉS</b>			
Analyse globale des structures	Alain Bureau	01 60 13 83 56	<a href="mailto:abureau@cticm.com">abureau@cticm.com</a>
Assemblages boulonnés	Anthony Rodier	01 60 13 83 66	<a href="mailto:arodier@cticm.com">arodier@cticm.com</a>
Assemblages soudés	Anthony Rodier	01 60 13 83 66	<a href="mailto:arodier@cticm.com">arodier@cticm.com</a>
Dynamique des structures - Vibrations	Mladen Lukić	01 60 13 83 68	<a href="mailto:mlukic@cticm.com">mlukic@cticm.com</a>
Comportement des structures soumises au séisme PS92, EC8 PS-MI	Pierre-Olivier Martin	01 60 13 83 69	<a href="mailto:pomartin@cticm.com">pomartin@cticm.com</a>
Exécution des structures métalliques: fabrication, montage, tolérances	André Beyer	01 60 13 83 73	<a href="mailto:abeyer@cticm.com">abeyer@cticm.com</a>
Fatigue	Mladen Lukić	01 60 13 83 68	<a href="mailto:mlukic@cticm.com">mlukic@cticm.com</a>
Justification du comportement (à froid) des structures par l'expérimentation	Alain Bureau	01 60 13 83 56	<a href="mailto:bureau@cticm.com">bureau@cticm.com</a>
Logiciels utilisés en CM	Pierre-Olivier Martin	01 60 13 83 69	<a href="mailto:pomartin@cticm.com">pomartin@cticm.com</a>
Rupture fragile	Mladen Lukić	01 60 13 83 68	<a href="mailto:mlukic@cticm.com">mlukic@cticm.com</a>
Vérification des sections et des éléments Flambement, déversement, voilement local	Alain Bureau	01 60 13 83 56	<a href="mailto:abureau@cticm.com">abureau@cticm.com</a>
Voilement des plaques et EC3-1-5	Pierre-Olivier Martin	01 60 13 83 69	<a href="mailto:pomartin@cticm.com">pomartin@cticm.com</a>
Calcul des coques et EC3-1-6	Tien-Minh Nguyen	01 60 13 83 67	<a href="mailto:tnguyen@cticm.com">tnguyen@cticm.com</a>
Diagnostic des structures et réhabilitation Aciers anciens	Claire Rocher	01 60 13 83 45	<a href="mailto:crocher@cticm.com">crocher@cticm.com</a>
<b>CONSTRUCTION MIXTE</b>			
Bâtiments mixtes acier-béton (planchers, poteaux...)	Hoang Tung Vu	01 60 13 83 28	<a href="mailto:htvu@cticm.com">htvu@cticm.com</a>
<b>MATÉRIAUX</b>			
Aciers inoxydables et EC3-1-4	Alain Bureau	01 60 13 83 56	<a href="mailto:abureau@cticm.com">abureau@cticm.com</a>
Boulonnerie – Fixations	Anthony Rodier	01 60 13 83 66	<a href="mailto:arodier@cticm.com">arodier@cticm.com</a>
Soudage	André Beyer	01 60 13 83 73	<a href="mailto:abeyer@cticm.com">abeyer@cticm.com</a>
Produits d'enveloppe en acier	Amor Ben Lardi	01 60 13 83 61	<a href="mailto:abenlarbi@cticm.com">abenlarbi@cticm.com</a>
<b>ÉLÉMENTS DE STRUCTURE ET OUVRAGES PARTICULIERS</b>			
Cheminées et EC3-3-2	Tien-Minh Nguyen	01 60 13 83 67	<a href="mailto:tnguyen@cticm.com">tnguyen@cticm.com</a>
Chemins de roulement et EC1-3/EC3-6	Romain Palacios	01 60 13 83 44	<a href="mailto:rpalacios@cticm.com">rpalacios@cticm.com</a>
Conception des structures de bâtiment	Anthony Rodier	01 60 13 83 66	<a href="mailto:arodier@cticm.com">arodier@cticm.com</a>
Éléments minces formés à froid et EC3-1.3	Mladen Lukić	01 60 13 83 68	<a href="mailto:mlukic@cticm.com">mlukic@cticm.com</a>

**AU CŒUR DE VOS PROJETS  
EN FRANCE DEPUIS 1996**

**JK**  
TECHNIC

## **SPÉCIALISTE FRANÇAIS DU CAILLEBOTIS DEPUIS 1996**

COMPTEZ SUR NOS  
PROFESSIONNELS  
EXPÉRIMENTÉS DE L'ÉTUDE  
DE VOTRE PROJET À LA  
FABRICATION !

- une équipe commerciale proche de vous
- un bureau d'études intégré
- une production sur-mesure
- un des plus grands stocks de caillebotis en Europe
- un contrôle qualité permanent
- un service logistique de pointe



ACIER | INOX | ALUMINIUM | POLYESTER | GRILLES DE SÉCURITÉ | ESCALIERS

**CAILLEBOTIS**

**JK**  
TECHNIC

PARC INDUSTRIEL SUD - ZI EDISON - RUE ABBÉ LOUIS VERDET  
57200 SARREGUEMINES - FAX : 03 87 98 82 87

☎ 03 87 98 88 76

✉ [jktechnic@jktechnic.fr](mailto:jktechnic@jktechnic.fr)

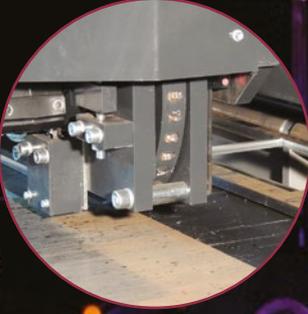
**JKTECHNIC.FR**

Thèmes	Contacts	Téléphone	Courriel
<b>ÉLÉMENTS DE STRUCTURE ET OUVRAGES PARTICULIERS (suite)</b>			
Ponts métalliques et mixtes EC3-2 et EC4-2	Daniel Bitar	01 60 13 83 38	<i>dbitar@cticm.com</i>
Poutres alvéolaires	Alain Bureau	01 60 13 83 56	<i>abureau@cticm.com</i>
Pylônes et pylônes haubanés et EC3-3.1	André Beyer	01 60 13 83 73	<i>abeyer@cticm.com</i>
Silos et réservoirs et EC1-4/EC3-4	Hannah Boehm	01 60 13 83 46	<i>hboehm@cticm.com</i>
Stabilisation d'un bâtiment par les parois - Effet diaphragme	Mladen Lukić	01 60 13 83 68	<i>mlukic@cticm.com</i>
Escaliers et garde-corps	Anthony Rodier	01 60 13 83 66	<i>arodier@cticm.com</i>
Structures en aluminium	Mladen Lukić	01 60 13 83 68	<i>mlukic@cticm.com</i>
<b>ACTIONS</b>			
Actions climatiques : neige et vent - Règles NV et EC1	Laëtitia Molina	01 60 13 83 72	<i>lmolina@cticm.com</i>
Actions d'exploitation (charges)	Laëtitia Molina	01 60 13 83 72	<i>lmolina@cticm.com</i>
Combinaisons d'actions	Laëtitia Molina	01 60 13 83 72	<i>lmolina@cticm.com</i>
Actions sismiques PS92 et EC8	Pierre-Olivier Martin	01 60 13 83 69	<i>pomartin@cticm.com</i>
Actions en cas d'incendie EC 1-1.2	Christophe Thauvoye	01 60 13 83 21	<i>cthauvoye@cticm.com</i>
États limites de service - Flèches admissibles	Alain Bureau	01 60 13 83 56	<i>abureau@cticm.com</i>
<b>DÉVELOPPEMENT DURABLE</b>			
Construction métallique et développement durable	Thibault Maquenhém	01 60 13 83 65	<i>tmaquenhém@cticm.com</i>
Protection anticorrosion des structures métalliques	Olivier Mouatt	01 60 13 83 64	<i>omouatt@cticm.com</i>
<b>DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL</b>			
Organisation industrielle des ateliers et chantiers	Nicolas Pouvreau	01 60 13 83 53	<i>npouvreau@cticm.com</i>
<b>PHYSIQUE DU BÂTIMENT</b>			
Performances thermiques et énergétiques de bâtiments à ossature métallique	Amor Ben Larbi	01 60 13 83 61	<i>abenlarbi@cticm.com</i>
Performances acoustiques de bâtiments à ossature métallique	Amor Ben Larbi	01 60 13 83 61	<i>abenlarbi@cticm.com</i>
Étanchéité à l'air de bâtiments à ossature métallique	Amor Ben Larbi	01 60 13 83 61	<i>abenlarbi@cticm.com</i>
<b>INCENDIE</b>			
Calcul du comportement au feu des structures en acier et aluminium - Application des EC3-1.2 et EC9-1.2	Christophe Renaud	01 60 13 83 27	<i>crenaud@cticm.com</i>
Calcul du comportement au feu des structures mixtes - Application de l'EC4-1.2	Gisèle Bihina	01 60 13 83 26	<i>gbihina@cticm.com</i>
Calcul du comportement au feu des éléments de second œuvre à ossature métallique	Christophe Renaud	01 60 13 83 27	<i>renaud@cticm.com</i>
Comportement au feu des entrepôts et bâtiments industriels	Christophe Renaud	01 60 13 83 27	<i>crenaud@cticm.com</i>
Comportement au feu des parcs de stationnement	Bin Zhao	01 60 13 83 16	<i>bzhao@cticm.com</i>
Flux thermique émis par un feu d'entrepôt (Flumilog)	Christophe Thauvoye	01 60 13 83 21	<i>cthauvoye@cticm.com</i>
Produits de protection des structures contre l'incendie	Christophe Renaud	01 60 13 83 27	<i>crenaud@cticm.com</i>
Ingénierie de la sécurité incendie - Méthodologie	Christophe Thauvoye	01 60 13 83 21	<i>cthauvoye@cticm.com</i>
<b>CERTIFICATION</b>			
Marquage CE des produits de construction métallique	André Beyer	01 60 13 83 73	<i>abeyer@cticm.com</i>

DÉCOUPE PLASMA

# MAG

## CENTRE D'USINAGE POUR TÔLES



MARQUAGE



PERÇAGE



FRAISAGE

LA machine la plus automatisée du marché pour la production des goussets, platines, raidisseurs etc. pour les **charpentiers métalliques** :

- Chargement sécurisé des tôles
- Marquage profond, perçage-fraisage mécanique et découpe plasma des pièces avec des **vitesses et qualités d'usinage élevées**
- Déchargement automatique des pièces grâce à la table de déchargement basculante
- Combinaison possible avec une **machine de décalaminage et d'ébavurage** par tonnelage de notre partenaire Spaleck
- **Coûts d'utilisation réduits** : imbrication optimisée des pièces, durée de vie élevée des outils, pas de support de tôles avec plats martyrs à remplacer...

 **VERNET  
BEHRINGER**

CONTACTEZ-NOUS :  
Tel. +33 380 73 21 63  
contact.us@vernet.behringer.net  
www.vernet-behringer.com

MEMBRE DU GROUPE  
 **BEHRINGER**

 **La FRENCH FAB**



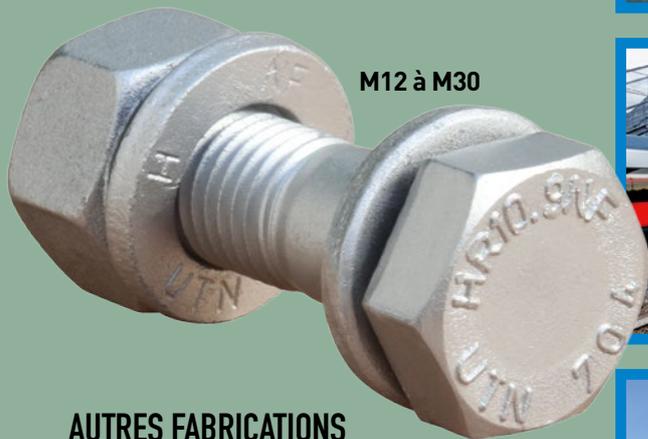
# LE SPÉCIALISTE DES BOULONS POUR CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

LE FABRICANT QUI ALLIE LE SAVOIR FAIRE ET LA QUALITÉ FRANÇAISE

## BOULONS HR (HAUTE RÉSISTANCE) CE NF ET BOULONS HR INJECTÉS CE NF

Les boulons Haute Résistance à serrage contrôlé pour assemblage précontraint sont forgés à chaud ou à froid selon les diamètres et longueurs.

Tous nos boulons HR sont traités thermiquement pour obtenir les caractéristiques mécaniques requises selon les normes EN ISO 14399-1 à 6.



M12 à M30

## AUTRES FABRICATIONS

Rivets pleins, boulons galvanisés à chaud (Têtes hexagonales, fraisées, marteaux, queue de carpe, goujons, tiges filetées, pièces spéciales sur plan).



## BOULONS SB (STRUCTURAL BOLTING) CE NF

Les boulons SB (Structural Bolt) sont destinés à la construction de charpentes métalliques pour un assemblage non précontraint. Fabrication selon les normes EN 15048-1 et EN 15048-2.



M12 à M30



Usine Thévenin de Naux  
Siège social : Grand'Rue Naux - 08800 THILAY - FRANCE

Tél. : +33 (0)3 24 32 84 81 - Fax : +33 (0)3 24 32 81 29

E-mail : utn@utn.fr - Web : utn.fr

Nous expédions partout dans le monde. Départs quotidiens en messagerie ou en livraison express.