

Échafaudages

Destinations et cadre réglementaire

par René SANDBERG
Ingénieur de l'École centrale de Paris
Bernard BEZIAT
Ingénieur de l'École de travaux publics
Claude BONETAT
Ingénieur Conseil
et Patrick ROSSIGNOL
Chargé des questions techniques au Syndicat de l'Échafaudage

1.	Généralités.....	C 125v2 - 2
2.	Destinations des échafaudages	— 2
2.1	Service	— 2
2.2	Étalement	— 3
2.3	Structures temporaires	— 5
3.	Termes et définitions	— 5
	Pour en savoir plus.....	Doc. C 125v2

Cette série de dossiers a pour but de donner aux ingénieurs, dans les bureaux d'études et sur les chantiers, des indications générales sur les matériels d'échafaudage pour les aider à les mettre en œuvre qu'il s'agisse d'échafaudages de service ou d'étaisements, auxiliaires de la construction, ou qu'il s'agisse d'autres destinations temporaires.

Elle a aussi pour but de leur donner les moyens de faciliter des échanges de vue avec les fournisseurs de ces matériels, ainsi qu'avec les instituts de contrôle, pour mener à bien les travaux entrepris par les utilisateurs.

Ces différentes parties remplacent le dossier datant de 1996 en tenant compte de l'état actuel de la normalisation européenne. Le Comité de normalisation européen (CEN) s'est consacré dans un de ces comités techniques (TC 53), depuis un certain nombre d'années, à unifier les normes nationales concernant les échafaudages de service et d'étaisement et il en est issu des normes européennes devant remplacer les normes nationales. D'autres normes sont encore au stade de l'élaboration (voir [Doc. C 125v2]).

La thématique « **Échafaudages** » est ainsi déclinée de la façon suivante :

[C 125v2] Destinations et cadre réglementaire ;

[C 126] Matériaux et matériels ;

[C 127] Calculs ;

[C 128] Exemples et organisation de chantier.

Dans leur plus grande généralité, les échafaudages sont des structures réticulées formées d'éléments verticaux (poteaux), d'éléments horizontaux (lisses, traverses) et d'éléments de contreventement pour assurer la stabilité. Ces éléments s'assemblent entre eux par des raccords, par emboîtement ou clavetage. Il y figure aussi des accessoires, tels que les pièces d'appui sur le sol, ou des pièces de soutien des charges au sommet des poteaux (fourches).

Les matériels d'échafaudage permettent de monter les structures requises, puis de les démonter et de les utiliser pour de nombreux autres emplois.

Les éléments de ces matériels tiennent compte de la charge limitée à 25 kg que peut porter un homme. Le choix s'est fixé principalement sur le tube circulaire (acier ou alliage d'aluminium), dont le moment d'inertie de la section est le même dans tous les azimuts. Cette section circulaire facilite les assemblages par raccords et permet de reprendre au mieux les sollicitations en compression.

Que ce soit pour les échafaudages « tubes et raccords » ou pour les échafaudages préfabriqués, les tubes les plus utilisés sont les tubes ronds en acier de diamètre extérieur de 48,3 mm, d'épaisseur nominale 3,2 mm (NF EN 39), ou des tubes de même diamètre extérieur mais d'une épaisseur inférieure (voir [C 126, § 1 Matériaux]).

Ces matériels dont les éléments de base sont peu nombreux, permettent de réaliser des structures d'une très grande diversité.

1. Généralités

Les échafaudages ont été depuis la plus haute antiquité les auxiliaires de la construction : ce sont des structures provisoires.

Autrefois ils étaient en bois (perches, longerons, boulins...) et les éléments étaient assemblés entre eux par des cordages, dont le niveau de serrage ne pouvait bien se définir, mais pour lesquels le savoir-faire des monteurs garantissait la sécurité.

Le développement des travaux de construction du bâtiment et du génie civil, a conduit à remplacer le bois par l'acier et dans certain cas par des alliages d'aluminium, ils permettent une justification précise par le calcul et un montage rationnel.

Il fallait un matériel permettant de nombreux emplois, facilement maniable, dont le montage, le démontage, l'entretien, le stockage devaient être aisés, conduisant à une diminution du temps de main-d'œuvre.

Les assemblages se font sans aucune soudure sur chantier, par l'utilisation de raccords unissant deux éléments tubulaires, fixés par boulonnage, par emboîtement ou par clavetage.

C'est ainsi qu'en 1925 sont apparues en Europe, les structures à tubes assemblés par des raccords dites « **à tubes et raccords** » permettant les applications les plus diverses, puis, après la guerre 1939-1945, les échafaudages préfabriqués permettant d'améliorer les temps de main-d'œuvre.

Ces échafaudages se sont diversifiés suivant leur destination :

- en échafaudages de service (figure 1) ;
- en échafaudages d'étalement (figure 2) ;
- en structures temporaires.

Les systèmes **à cadres** sont apparus, puis des systèmes **multi-directionnels**. Ces derniers ont pris naissance vers 1960 sur les chantiers navals, leur usage s'est ensuite généralisé.

Les calculs des structures d'échafaudages portent plus sur la vérification que sur l'optimisation, contrairement aux ossatures en charpente métallique traditionnelle édifiée pour être définitive, et pour laquelle on peut choisir les éléments dans la très grande diversité des profils proposée par l'industrie.

Pour répondre aux exigences du chantier, l'utilisateur peut faire appel aux matériels du commerce les mieux adaptés en choisissant parmi les différents systèmes d'échafaudages préfabriqués ou non.

Le choix des éléments se fait en tenant compte des caractéristiques du matériel, l'utilisation des tubes d'acier de diamètre extérieur de 48,3 mm est prépondérante (sauf par exemple pour de lourdes charges pour lesquelles on utilise des tubes de diamètre extérieur de 60 mm, et plus).

L'utilisateur doit tenir compte de son stock et de ses possibilités d'approvisionnement.

Le choix étant fait, on procède pour la structure d'échafaudage à la vérification de la stabilité pour les charges données dans la configuration retenue, les risques les plus importants encourus étant le flambement local ou d'ensemble, le déversement pour insuffisance de contreventement, le renversement.

2. Destinations des échafaudages

2.1 Service

Nota : pour les normes, se reporter à [Doc. C 125v2].

Les échafaudages de service équipés de planchers et de leurs accès permettent d'installer des postes de travail aux niveaux où les ouvriers doivent intervenir pour l'édification, la maintenance, la réparation, et parfois la démolition des bâtiments.

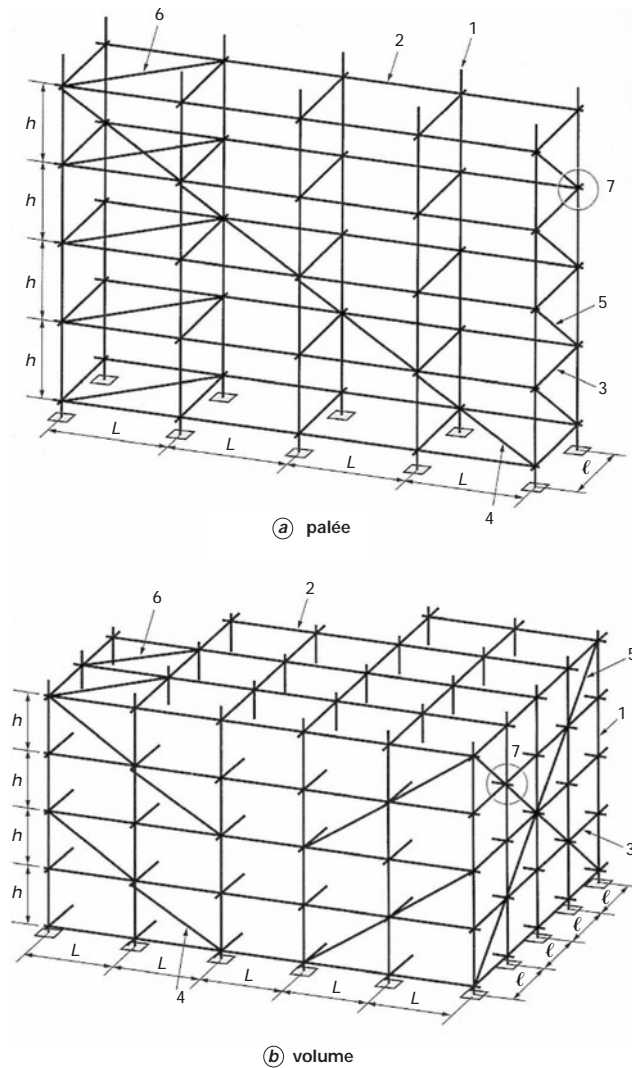
Les planchers et les accès doivent pouvoir supporter les hommes, les matériaux et les équipements (voir figure 3).

Par ailleurs, ils doivent être pourvus de protection (garde-corps, plinthes, treillis, pare-gravois, filets de sécurité...) pour empêcher les chutes des personnes et des objets.

La circulation des hommes doit satisfaire à un gabarit de passage (hauteur libre, clair de largeur) (voir figure 4 et tableau 1).

Les principaux échafaudages de service sont :

- Les échafaudages de façade de pied ou en encorbellement (qui sont amarrés à des ancrages du bâtiment contre lequel ils sont montés) (voir NF EN 12811, NF EN 12810-1, EN 12810-2).
- Les parapluies, protections pour mettre hors d'eau un bâtiment à surélever.



L longueur de travée longitudinale
 h hauteur d'étage
 1 poteaux
 2 lisses (moises longitudinales)
 3 traverses (moises transversales)
 4 diagonales longitudinales (plans verticaux longitudinaux)
 ℓ longueur de travée transversale
 5 diagonales transversales (plans verticaux transversaux)
 6 diagonales horizontales
 7 nœuds

Figure 1 - Exemples d'échafaudages - Structures réticulées

- Les échafaudages roulants.
- Les tours d'accès.
- Les échafaudages pour clochers.
- Les échafaudages pour château d'eau (figure 5).

2.2 Étaielement

Les échafaudages d'étaielement reçoivent des charges axiales en tête des tubes et les transmettent sur un niveau d'appui stable.

C'est le cas :

- pour les charges provenant du coulage en place du béton, transmises par le coffrage ;
- pour les charges dues à un sous-étaielement, soulageant un plancher existant, lorsque celui-ci supporte lui-même un étaielement, ou lorsqu'il supporte des charges supplémentaires (stockage de matériels, voie de grue...).

Les zones d'accès et de travail doivent recevoir des protections collectives contre les chutes.

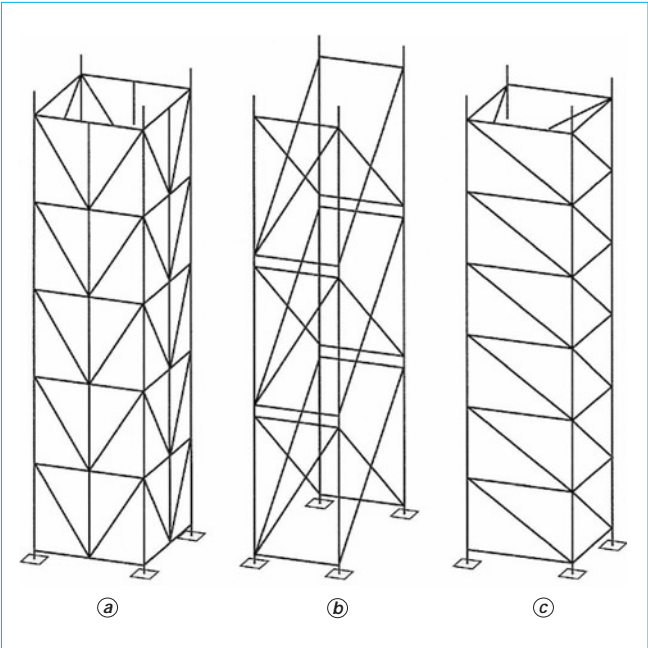


Figure 2 – Tours d'étalement



Figure 3 – Échafaudage de façade

Les étalements peuvent être constitués par des étais, des tours, des palées, des volumes ou par des poutrelles reportant les charges sur des pylônes, sur des palées ou sur des consoles.

- Exemples.**
- Étalement de planchers de bâtiment.
 - Étalement de planchers industriels.
 - Étalement de ponts et de travées d'accès de ponts.

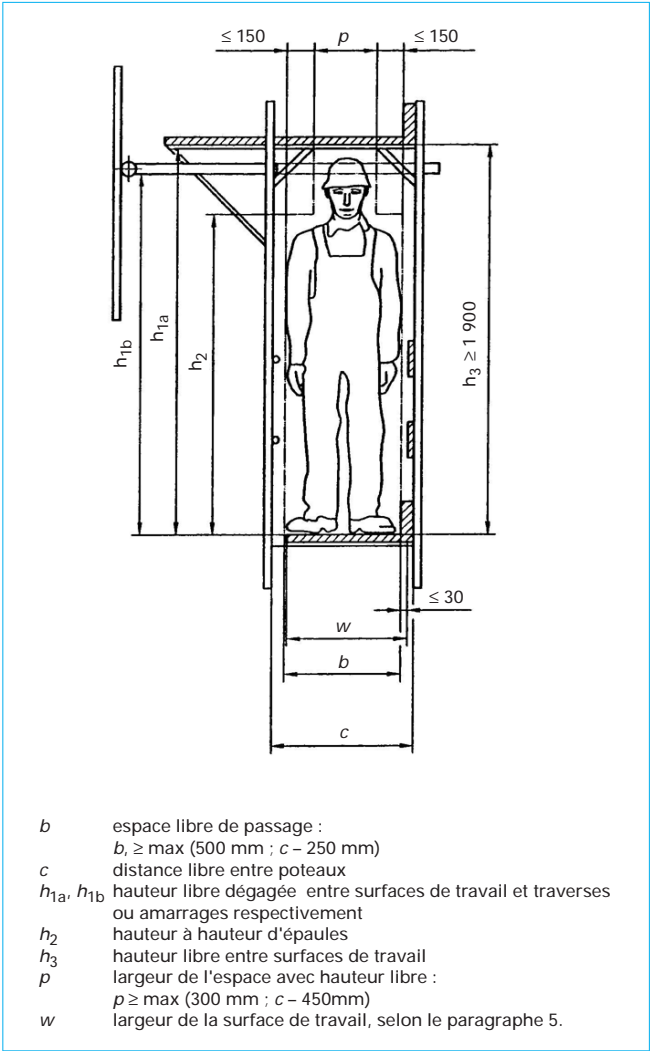


Figure 4 – Exigences relatives à la hauteur libre et à la largeur des surfaces de travail (norme NF EN 12811-1)

Tableau 1 – Classes de hauteur libre (NF EN 12811-1)			
Classe	Hauteur libre dégagée		
	Entre surfaces de travail (m)	Entre surfaces de travail et traverse ou amarrages h_{1a}, h_{1b} (m)	Hauteur libre minimale à hauteur d'épaules h_2 (m)
H_1	$h_3 \geq 1,90$	$1,75 \leq h_{1a} < 1,90$ $1,75 \leq h_{1b} < 1,90$	$h_2 \geq 1,60$
H_2	$h_2 \geq 1,90$	$h_{1a} \geq 1,90$ $h_{1b} \geq 1,90$	$h_2 \geq 1,75$



Figure 5 – Échafaudages pour château d'eau



Figure 6 – Étançonnement de façade

Nota : pendant une longue période, les ponts sur voie d'eau ont été réalisés, grâce à des cintres en bois, puis en matériel tubulaire d'échafaudage. En Europe d'autres procédés sont en général utilisés : voussoirs successifs, outils de lancement, étalements horizontaux ; cf. articles ponts métalliques et conception des ponts dans le présent traité.

Dans la catégorie des étalements figurent aussi :

- **Les étrépillons** : maintenant l'intervalle entre parois verticales de deux bâtiments au cours d'une excavation, les éléments (membrures) doivent reprendre les poussées éventuelles.
- **Les étançons** : contreforts ou jambes de force maintenant verticale la paroi d'un bâtiment, les éléments comprimés sont inclinés (figure 6).
- **Les étançonnements de façade** : reprenant les poussées horizontales dues aux maçonneries et au vent dans le cas où l'on refait l'intérieur d'un bâtiment en conservant la façade existante.



Figure 7 – Passerelles pour les chantiers

2.3 Structures temporaires

Pour des domaines en général non liés au bâtiment ni au génie civil, ces structures sont édifiées en matériel d'échafaudage, au sens où l'on peut les monter et les démonter, et les utiliser pour de nombreux autres emplois (il y a parfois des éléments spécifiques).

On peut donner comme **exemples** :

- Les supports de couverture.
- Les hangars.
- Les passerelles pour les chantiers (figure 7).
- Les passerelles pour le public.
- Les tribunes.
- Les podiums.
- Les panneaux d'affichage.
- Les tours d'éclairage.
- Les structures roulantes.
- Les structures pour la réparation et la maintenance des navires, des avions, pour les raffineries de pétrole, pour les ensembles industriels.

3. Termes et définitions

■ Systèmes d'échafaudages (A)

● Échafaudages en tubes et raccords (A1)

Structures réticulées dont les éléments qui sont des tubes ronds, libres, sont assemblés par des raccords fixés par boulonnage ou par clavetage.

● Échafaudages à cadres préfabriqués (A2)

Structures composées d'éléments plans aux dimensions prédéterminées qui sont reliés entre eux par d'autres éléments linéaires ou plans aux dimensions prédéterminées.

Les assemblages se font par emboîtement ou clavetage, évitant tout boulonnage.

● Échafaudages modulaires (A3)

Nota : en France ces échafaudages sont plutôt appelés « multidirectionnels "ou" multinationaux ».

Ce sont des échafaudages préfabriqués dans lesquels les poteaux présentent à intervalles réguliers des dispositifs de connexions où peuvent s'accrocher lisses, traverses, ou diagona-

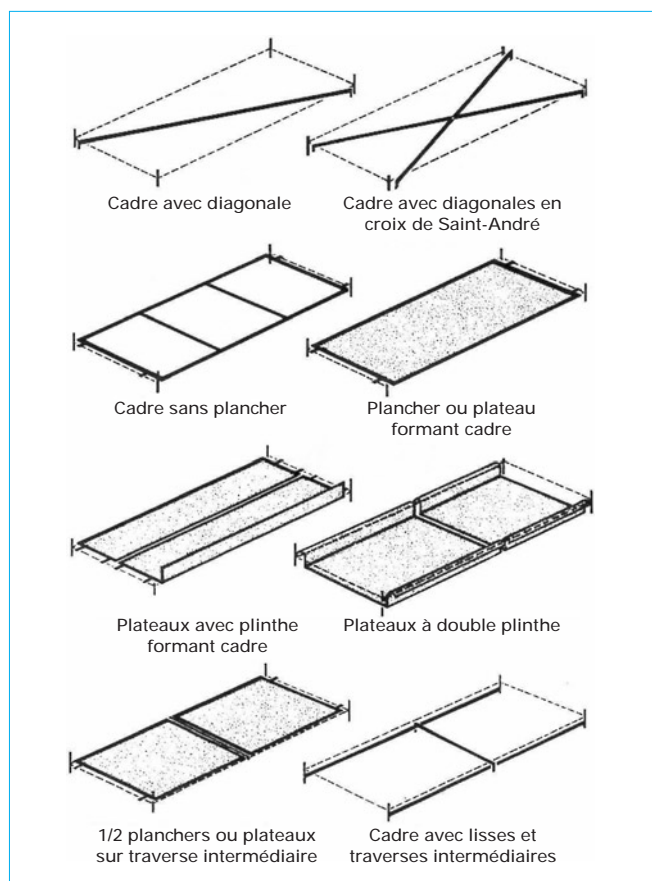


Figure 8 – Cadres horizontaux. Planchers

les, éléments dont les dimensions sont prédéterminées pour former des tours, des palées et des volumes.

Ces dispositifs sont constitués par des pontets, des rosaces ou des coupelles et déterminent des nœuds du système modulaire.

■ Éléments de structures (B)

● Poteau (B1)

Élément vertical.

● Montant (B2)

Superposition de poteaux dont l'axe est commun.

● Lisse (ou longeron) (B3)

Élément horizontal dans la plus grande dimension.

● Traverse (anciennement boulin) (B4)

Élément transversal dans la plus petite dimension.

Nota : ces éléments, lisse et traverse, s'appellent aussi moises et constituent le moilage.

● Nœud (B5)

Zone théorique où deux éléments ou plus sont assemblés.

● Connexion ou raccord (B6)

Dispositif utilisé pour la jonction de deux éléments.

● Diagonale (B7)

Élément disposé d'un nœud à un autre pour assurer le contreventement.

● Contreventement horizontal (B8) (voir figure 8)

Dispositif assurant la rigidité au cisaillement dans le plan horizontal par diagonales ou par assemblages rigides ou semi-rigides.

● Contreventement vertical (B9) (voir figure 9)

Dispositif assurant la rigidité au cisaillement dans le plan vertical par diagonales ou par assemblages rigides ou semi-rigides.

■ Raccord et accessoires (C) (figure 10)

● Raccord (ou collier) (C1)

Dispositif qui permet l'assemblage de deux tubes.

● Raccord orthogonal (C2)

Raccord assemblant deux tubes dont les lignes neutres sont à angle droit (lignes le plus rapprochées possible).

● Raccord orientable (C3)

Ce raccord dit aussi à angle variable assemble deux tubes dont les lignes neutres font entre elles un angle quelconque (lignes le plus rapprochées possible).

● Raccord de prolongation (C4)

Raccord assemblant deux tubes dans le prolongement l'un de l'autre ; pour qu'il puisse transmettre un effort de traction il faut qu'il soit équipé de broches ou d'ergots.

● Raccord parallèle (C5)

Ce raccord permet l'assemblage de deux tubes parallèles rapprochés.

● Goujon d'assemblage (C6)

Élément intérieur permettant l'alignement de deux tubes et transmettant l'effort normal en compression et, dans le cas de broches ou d'ergots, l'effort normal en traction.

● Fourche (C7)

Accessoire généralement placé en tête des poteaux d'un étalement destiné à recevoir axialement les charges des éléments inférieurs du coffrage.

L'ouverture des fourches est adaptée aux poutres bois ou aux profilés qui y reposent.

● Fourche à vérin (C8)

Fourche associée à un vérin à vis pour obtenir le réglage fin en hauteur, et pour permettre le décoffrage.

● Socle (semelle) (C9)

Élément comportant une plaque rigide répartissant la charge au pied des poteaux sur le sol d'appui. Leur surface ne doit pas être inférieure à 150 cm².

● Socle réglable (semelle réglable) (C10)

Ce socle peut être associé, pour le réglage en hauteur du pied du poteau, soit à un fourreau percé pour recevoir une broche ou une clavette (réglage discret), soit à un vérin à vis (réglage fin).

La longueur minimale de la tige vérin dans le tube doit être la plus grande des deux valeurs : 150 mm ou 25 % de la longueur totale de la tige.

● Galets (C11)

Ces éléments sont destinés à permettre le déplacement de l'échafaudage. Ils peuvent être axés ou en déport au pied des poteaux. Ils peuvent présenter des freins de blocage, en rotation et en translation.

■ Planchers et éléments de protection (D)

● Plancher (D1)

Surface plane, permettant le travail, la circulation et le stockage, réalisée en bois, contreplaqué, acier, en alliage d'aluminium, en autres matériaux ou par une solution combinée.

Le plancher est monolithe, ou constitué d'éléments appelés plateaux. Le plancher traditionnel est en planches séparées en bois équarri (en général approvisionnées par l'utilisateur, ces planches sont simplement posées et ne participent pas à la stabilité).

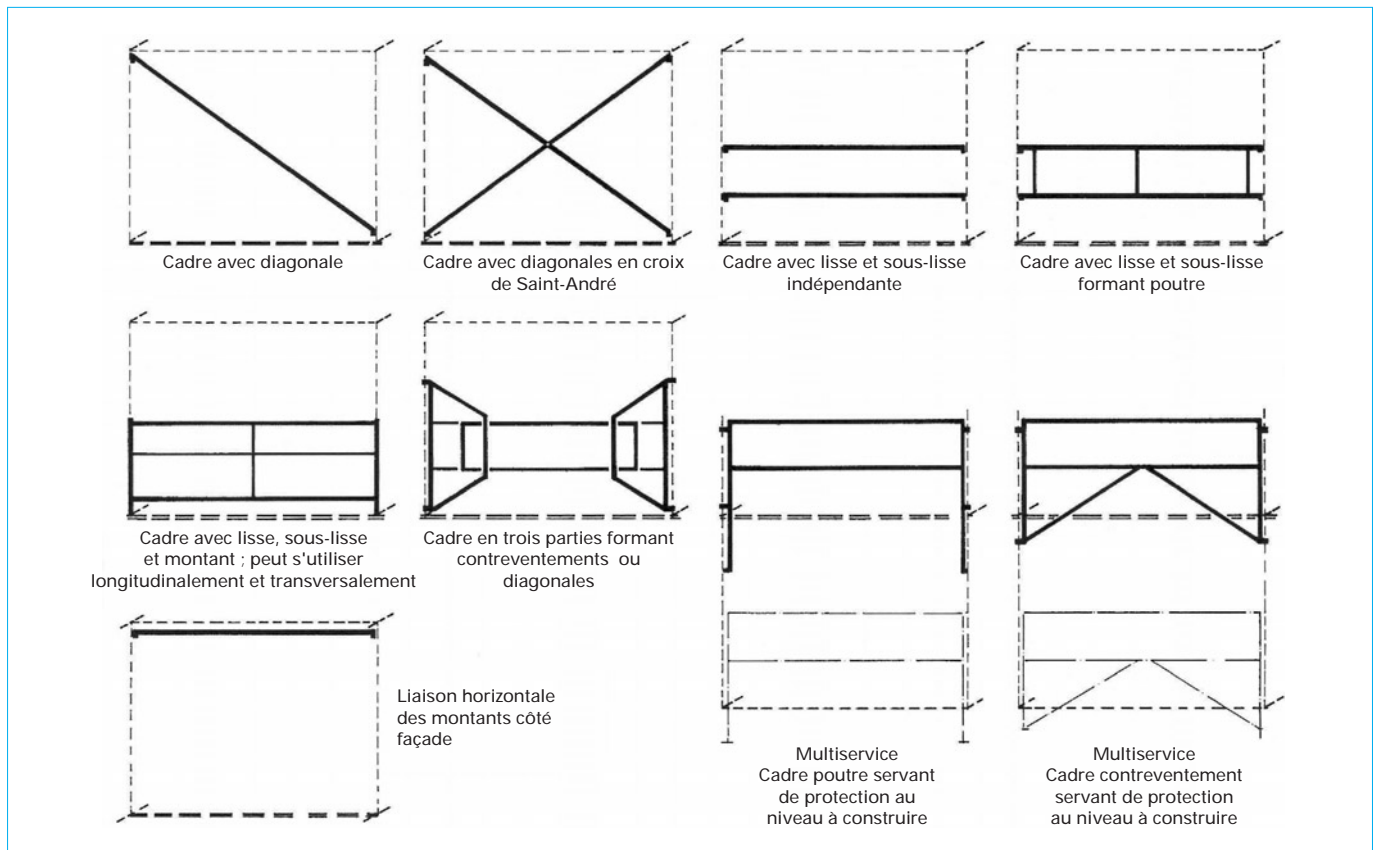


Figure 9 – Cadres longitudinaux verticaux

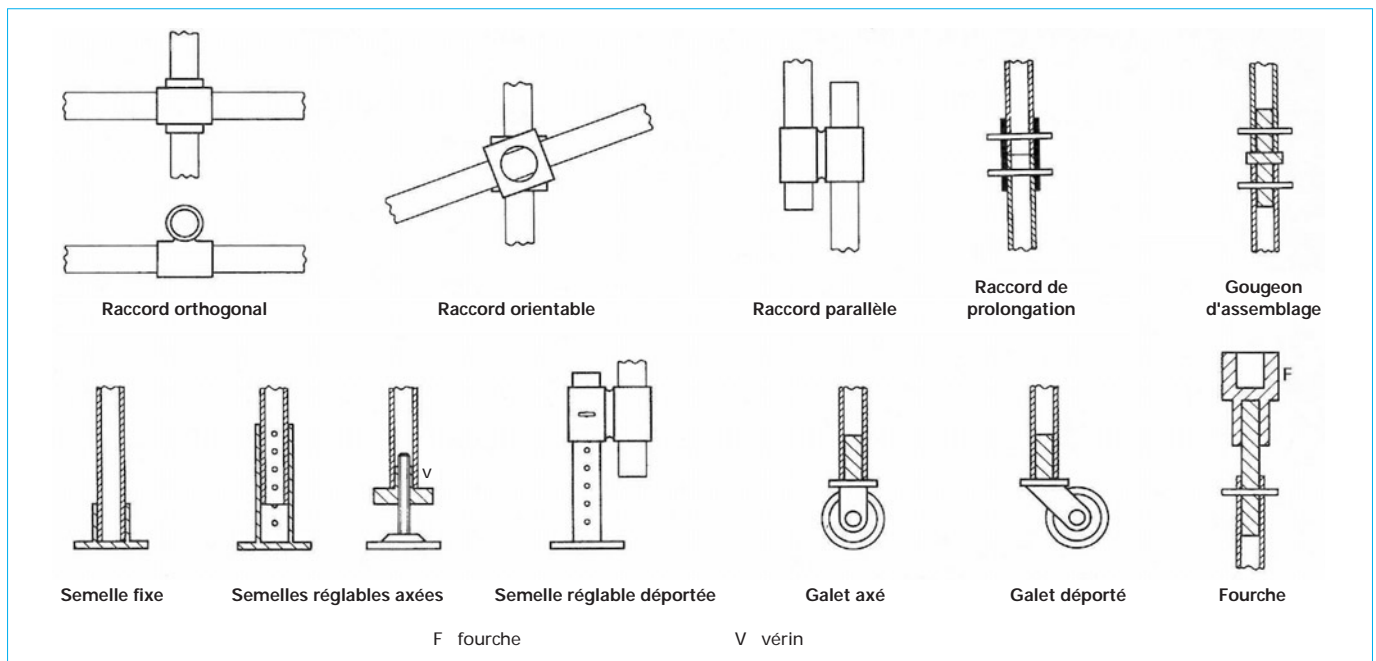


Figure 10 – Raccords et accessoires

Le plancher préfabriqué est adapté dimensionnellement à l'échafaudage préfabriqué, il peut ou non participer à la stabilité de la structure suivant la conception de l'échafaudage.

- **Plateau (D2)**

Élément de plancher préfabriqué pouvant supporter des charges, et qui peut collaborer ou non à la stabilité.

- **Éléments de protection (D3)**

Ces éléments servent à établir des barrières protégeant les personnes travaillant ou circulant sur les planchers des échafaudages, contre les risques de chute de hauteur, ainsi qu'à retenir les matériels.

- **Protection par garde-corps (D4)**

Cette protection est constituée par une lisse et une sous-lisse indépendante ou associée à la lisse, attachée aux poteaux, et par une plinthe en rive de plancher (de 15 cm minimum de hauteur).

- **Garde-corps de sécurité (dit multiservice) (D5)**

C'est une protection qui s'installe à partir d'un niveau déjà protégé permettant d'assurer par lui-même la sécurité des monteurs au montage et au démontage, aussi bien que celle des utilisateurs pendant la durée du chantier.

Les plinthes seront mises en place lors du premier accès au niveau supérieur.

- **Treillis de protection (D6)**

Treillis à maille de fils d'acier disposé entre le garde-corps principal et la surface de travail.

- **Ancrages et amarrages (E)**

- **Ancrages (E1)**

Moyens insérés dans la structure d'accueil ou fixés à celle-ci, destinés à la fixation des amarrages.

- **Amarrages (E2)**

Composant de l'échafaudage qui relie celui-ci à l'ancrage d'une structure d'accueil.

- **Échafaudages recouverts par tôles, bâches ou par filet (F)**

Ces recouvrements permettent d'assurer la protection contre les intempéries et les poussières.

Nous remercions le **Syndicat Français de l'Échafaudage du Coffrage et de l'Étalement**, membre de la FFB, rassemblant les acteurs de la profession, qui a bien voulu mettre à la disposition des rédacteurs les sources documentaires, nécessaires à l'élaboration de ce dossier.