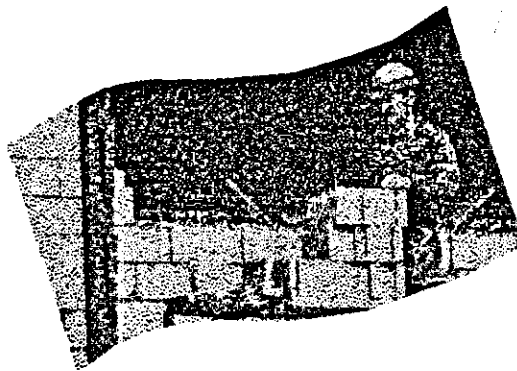


**Étude des accidents
mortels et graves
dans le bâtiment
et les travaux publics**



**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Georges Toulouse

Denise Chicoine

André Lan

Janvier 1993

R-048

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

**Étude des accidents
mortels et graves
dans le bâtiment
et les travaux publics**

**Georges Toulouse,
Denise Chicoine et André Lan**
Programme sécurité-ergonomie

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, janvier 1993.

1^{er} trimestre 1993.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
1. INTRODUCTION	1
1.1 Un taux d'accident élevé qui reste inchangé	1
1.2 Une prévention centrée sur le risque plus que sur le travail	1
1.3 L'absence d'étude clinique approfondie des accidents	3
2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	5
3. MÉTHODE	7
3.1 Le recueil des données	7
3.1.1 La méthode de la CSST	7
3.1.2 Intérêts, limites et conséquences	8
3.2 Le modèle d'analyse descriptif des accidents	9
3.2.1 La méthode de l'arbre des causes	9
3.2.2 Les limites de la construction des arbres des causes	13
3.3 L'analyse interprétative des données d'accidents	13
3.3.1 L'exploitation des arbres des causes	14
3.3.2 Limites de l'exploitation des arbres des causes	15
3.3.3 L'exploitation de l'arbre des causes pour s'interroger sur les modèles de l'activité humaine au travail et de l'organisation	15
3.4 Les accidents étudiés	18
3.5 La démarche de l'étude	18
3.5.1 Les dysfonctionnements	19
3.5.2 Description des accidents selon les arbres de dysfonctionnements	21
3.5.3 L'analyse des dysfonctionnements	21
4. RÉSULTATS	23
4.1 L'événement à l'origine de la blessure	23
4.2 Analyse descriptive des accidents	23
4.2.1 Chutes de hauteur	24
4.2.2 Écrasement	45
4.2.3 Électrocution	49
4.2.4 Frappé	56
4.2.5 Explosion	58
4.2.6 Asphyxie	61
4.2.7 Malaise cardiaque	61
4.2.8 Accidents sans blessures	61
4.2.9 Conclusion	62

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	Pages
5. DISCUSSIONS CONCERNANT LES DYSFONCTIONNEMENTS	63
5.1 Le matériel	63
5.1.1 L'absence de matériel	63
5.1.2 Le matériel défectueux	64
5.1.3 L'inadaptation du matériel : (accidents n° 5, 7, 14, 27, 34, 50)	66
5.2 Les surfaces d'appui	67
5.2.1 L'étroitesse de la surface d'appui et le travail au bord du vide	67
5.2.2 La rupture de la surface d'appui	69
5.3 L'environnement	70
5.4 La tâche	71
5.4.1 Absence ou défaut de planification de la tâche	72
5.4.2 Les défauts et contraintes relatives à l'exécution de la tâche	73
5.5 Le personnel	74
5.5.1 Le manque d'expérience ou de formation	74
5.5.2 Problèmes de santé	75
5.5.3 L'affectation du personnel	75
6. CONCLUSION	77
BIBLIOGRAPHIE	79

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 - Types de liaisons des antécédents de l'accident	10
Figure 2 - Symboles servant à la construction des arbres	11
Figure 3 - Exemple d'un arbre des causes	12
Figure 4 - Exemple de classification en facteur potentiel d'accident	14

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 - Répartition du nombre de lésions accidentelles selon la catégorie de dossier, le nombre de travailleurs, le taux d'incidence des accidents et le taux de mortalité dans l'industrie de la construction, Québec 1982-1984 et 1986-1988	2
Tableau 2 - Répartition des accidents selon l'événement à l'origine de la blessure	23
Tableau 3 - Répartition du nombre d'accidents selon le type de chute	24
Tableau 4 - Répartition des accidents selon le type de surface d'appui et l'événement accident	25
Tableau 5 - Types de dysfonctionnements concernant le matériel	63
Tableau 6 - Types de dysfonctionnements concernant les surfaces d'appui	67
Tableau 7 - Types de dysfonctionnements concernant l'environnement	70
Tableau 8 - Types de dysfonctionnements concernant la tâche	71
Tableau 9 - Types de dysfonctionnements concernant le personnel	74

LISTE DES ARBRES DE DYSFONCTIONNEMENTS

	Pages
Arbre de dysfonctionnements n° 1	27
Arbre de dysfonctionnements n° 2	28
Arbre de dysfonctionnements n° 3	29
Arbre de dysfonctionnements n° 4	30
Arbre de dysfonctionnements n° 5	32
Arbre de dysfonctionnements n° 6	33
Arbre de dysfonctionnements n° 7	34
Arbre de dysfonctionnements n° 8	35
Arbre de dysfonctionnements n° 9	37
Arbre de dysfonctionnements n° 10	38
Arbre de dysfonctionnements n° 11	40
Arbre de dysfonctionnements n° 12	41
Arbre de dysfonctionnements n° 13	42
Arbre de dysfonctionnements n° 14	43
Arbre de dysfonctionnements n° 15	44
Arbre de dysfonctionnements n° 16	45
Arbre de dysfonctionnements n° 17	46
Arbre de dysfonctionnements n° 18	47
Arbre de dysfonctionnements n° 19	48
Arbre de dysfonctionnements n° 20	49
Arbre de dysfonctionnements n° 21	50
Arbre de dysfonctionnements n° 22	51
Arbre de dysfonctionnements n° 23	52
Arbre de dysfonctionnements n° 24	53
Arbre de dysfonctionnements n° 25	54
Arbre de dysfonctionnements n° 26	55
Arbre de dysfonctionnements n° 27	56
Arbre de dysfonctionnements n° 28	57
Arbre de dysfonctionnements n° 29	58
Arbre de dysfonctionnements n° 30	59
Arbre de dysfonctionnements n° 31	60
Arbre de dysfonctionnements n° 32	62

1. INTRODUCTION

1.1 Un taux d'accident élevé qui reste inchangé

Les statistiques de la Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec (CSST) (tableau n° 1) montrent que, pour la période de 1982 à 1988, le nombre d'accidents mortels dans le secteur de la construction est demeuré élevé. De façon globale, les taux d'accidents varient peu.

L'absence d'amélioration au cours des dernières années conduit à s'interroger sur le problème de la prévention des accidents dans la construction. Le problème apparaît d'autant plus important que des accidents de même type se reproduisent. Différentes raisons peuvent contribuer à expliquer les difficultés que pose la prévention dans ce domaine d'activités; ces explications traduisent toute la complexité du secteur de la construction. L'une d'elles, soit le manque de connaissances des processus expliquant les accidents, se situe dans le cadre de notre mandat de recherche.

Ce manque de connaissances est attribuable à l'absence d'une analyse clinique approfondie des accidents.

1.2 Une prévention centrée sur le risque plus que sur le travail

La prévention dans le secteur de la construction est principalement centrée sur le risque plutôt que sur le travail où ce risque est présent.

Le risque se définit par rapport au danger, c'est-à-dire la probabilité de blessure. Le danger évoque cette probabilité de façon générale; par exemple, le danger de chute dans le travail en hauteur. Le risque s'applique à une situation particulière dans laquelle un danger existe, il évoque une certaine probabilité qu'un accident se produise.

Les études centrées sur le risque ne prennent que l'accident en considération et ne s'intéressent pas à l'analyse systématique des événements qui ont conduit à l'accident. Ainsi, la focalisation excessive sur le risque entraîne que toute action préventive se limitera à l'identification du risque et à son contrôle, principalement par la protection physique du travailleur. Les normes de sécurité qui visent uniquement les composantes de la situation de travail en sont un exemple.

Catégorie de dossier ¹	1982	1983	1984	1986	1987	1988
Incapacités permanentes	1 104	1 185	1 200	1 080	1 031	804
Décès	18	18	25	37	29	30
Total	10 262	9 797	10 412	15 105	17 161	17 467
Emplois ²	113 000	116 000	122 000	139 000	157 000	179 000
Taux d'incidence des accidents (%)	9,08	8,44	8,53	10,95	10,93	10,04
Taux de mortalité	1,59	1,55	2,05	2,68	1,85	1,72

Tableau 1 - Répartition du nombre de lésions accidentelles selon la catégorie de dossier, le nombre de travailleurs, le taux d'incidence des accidents et le taux de mortalité dans l'industrie de la construction, Québec 1982-1984 et 1986-1988

Dans l'industrie de la construction, l'identification du risque et son contrôle sont principalement organisés à partir du Code de sécurité pour les travaux de construction du Québec. Le Code constitue une référence indiquant ce qui doit être fait pour éliminer ou contrôler les risques auxquels le travailleur de la construction est exposé. Il sert de base d'arbitrage aux différentes parties, entrepreneurs, syndicats et organismes de santé et sécurité, afin de prévenir les accidents. L'interprétation des accidents à l'aide d'un Code de sécurité amène le plus souvent à les expliquer par le non-respect de la réglementation en vigueur.

L'absence d'application des règlements pose le problème à deux niveaux : la non-connaissance du risque ou de la réglementation en vigueur et le manque d'attention du travailleur lui-même ou des organisateurs quant à la sécurité.

En construction, la non-connaissance du risque peut jouer un rôle dans quelques rares situations mais, dans la majorité des cas, le danger est facilement identifiable (ex. : travail en hauteur). De plus, les cours suivis font en sorte que les personnes se trouvant sur le chantier sont en général informées des règlements et des moyens de protection.

On condamne alors la prise de risque ou l'erreur de la part du travailleur, erreur qui semble parfois grossière comme certains accidents que nous avons analysés peuvent le laisser suggérer. Du côté des organisateurs, on peut blâmer l'absence d'une réelle volonté d'améliorer la situation, liée dans bien

¹ Fichier STAT-35, CSST, mise à jour printemps 1988.

² Statistique Canada, Enquête de la population active, Catalogue no. 71-001 (mensuel).

des cas à des difficultés techniques d'installation de moyens de protection ou à l'intérêt de minimiser les coûts.

L'explication de l'accident constitue alors une boucle fermée entre la réglementation en vigueur et la faute de l'individu. La responsabilité de la prévention est renvoyée de l'un à l'autre, ce qui bloque toute compréhension du phénomène accident.

L'enquête et l'analyse des accidents n'apportent pas davantage d'information si elles sont centrées sur le risque, puisqu'elles se limitent à la détermination des causes immédiates de l'accident (voir méthode Kepner-Tregoe). L'analyse de l'accident se contente alors d'expliquer l'origine de la blessure par la présence d'un risque non contrôlé, le plus souvent parce que la réglementation n'a pas été respectée. On ne tente pas de reconstituer le processus qui a abouti à l'accident et de remonter aux antécédents des faits conduisant à la blessure.

Une approche centrée sur le risque ne permet pas de replacer l'accident dans son contexte. L'accident devient un événement indépendant du travail dans lequel il survient. Par conséquent, dans la plupart des cas, la prévention ne vise pas les causes essentielles de l'accident mais plutôt les causes immédiates de la blessure. Dans un milieu comme celui de la construction, caractérisé par le renouvellement constant des situations de travail, cela a pour conséquence que les mêmes accidents se reproduisent, les mêmes dérogations aux règles de sécurité sont sanctionnées par les inspecteurs de la CSST (R. Dugas, 1985) et les taux d'accident sont toujours aussi élevés.

1.3 L'absence d'étude clinique approfondie des accidents

Une étude clinique approfondie de l'accident permet d'identifier les causes plus lointaines que celles ayant occasionné la blessure. Elle est basée sur la théorie selon laquelle l'accident est le résultat d'un mécanisme ou d'un processus qui survient à la suite de déficiences fonctionnelles.

Ce n'est pas le cas de la méthode utilisée par la CSST lors des enquêtes concernant les accidents mortels et graves. Cette méthode de type clinique reste centrée sur le risque et, par conséquent, apporte peu d'informations sur les causes moins immédiates de la blessure.

Pour Leplat et Cuny (1974), l'étude clinique comporte les étapes suivantes : le recueil des faits relatifs à l'accident, l'organisation des faits pour reconstituer le déroulement de l'accident et l'interprétation du cas (évaluation des facteurs impliqués). Les deux auteurs reconnaissent quatre dimensions communes aux méthodes d'analyse clinique des accidents :

"La première intéresse la référence ou non à un cadre théorique explicite, (...) La seconde a trait au champ des faits couverts par l'analyse : le champ étroit sera localisé au poste de la victime, un champ large s'étendra à l'ensemble du système de production, voire au-delà. La troisième se rapporte au mode d'investigation, lequel peut être complètement empirique ou faire appel à une technique spéciale préalablement élaborée. La quatrième enfin distingue les méthodes qui introduisent d'emblée une procédure interprétative (mêlée au recueil des faits) et celles qui n'engagent l'interprétation qu'après avoir produit une description jugée suffisamment précise de l'événement accident."

2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans le but de montrer l'importance d'une analyse plus approfondie des accidents dans la construction, nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

- Apporter une meilleure compréhension du processus des accidents dans le secteur de la construction. Il s'agit plus particulièrement de situer l'accident dans le contexte du travail, en fonction de l'activité du travailleur et du fonctionnement de l'organisation.
- Souligner certains problèmes de travail qui ont des conséquences importantes sur la sécurité. Ces problèmes peuvent être directement résolus par des mesures préventives ou nécessiter des recherches en ergonomie.

Les résultats de cette étude peuvent avoir différentes retombées :

- 1- Susciter des recherches sur des problèmes de travail qui semblent reliés aux accidents;
- 2- Provoquer un intérêt pour l'enquête et l'analyse approfondie des accidents en construction, notamment par la méthode de l'arbre des causes;
- 3- Favoriser la réalisation d'un guide de sécurité permettant de tenir compte de la prévention des accidents dès la phase de conception et de planification des travaux;
- 4- L'utilisation des accidents et des connaissances concernant le processus de l'accident à des fins de formation à la sécurité.

3. MÉTHODE

L'approche utilisée dans le cadre de cette étude se divise en trois étapes : le recueil des données, l'analyse descriptive et l'analyse interprétative.

3.1 Le recueil des données

Les données utilisées sont issues des enquêtes sur les accidents graves et mortels effectuées par les inspecteurs de la CSST dans le secteur de la construction. Après une présentation de la méthode de la CSST, l'intérêt et les limites d'avoir procédé de cette façon seront discutés.

3.1.1 La méthode de la CSST

La méthode d'analyse des accidents de la CSST est issue d'une méthode de résolution de problèmes élaborée par Kepner-Tregoe à la suite d'expériences de gestion.

Cette méthode propose une démarche d'interrogation permettant la découverte de la cause de l'incident occasionnant le problème à résoudre. Elle est basée sur le principe selon lequel l'incident provient d'un changement survenu pendant le déroulement des opérations. La méthode consiste à comparer les données de la situation incident avec la situation normale. L'examen des différences entre les deux situations permet ensuite d'identifier le changement à l'origine de l'incident.

Par son principe, cette méthode ressemble à d'autres techniques d'analyse d'accident, comme la méthode OARU de Kjellen (1984), fondée sur le concept de déviation, ou la méthode de l'arbre des causes (Chesnais, 1989), qui exploite le concept de variation. Il existe cependant certaines différences entre ces trois méthodes. La principale vient du fait que la méthode de la CSST et la méthode OARU se réfèrent à des normes pour établir ce qui a changé, alors que la méthode de l'arbre des causes distingue la variation à partir de ce qui est habituel pour le travailleur, sans tenir compte des normes ou des règlements.

Dans la méthode de la CSST, on recherche ce qui est différent par rapport à ce qui devrait être. La situation qui a donné lieu à l'accident est notamment comparée avec la réglementation présente dans le Code de sécurité pour les travaux de la construction.

La méthode Kepner-Tregoe est conçue pour identifier une seule cause au problème que l'on veut résoudre. On procède d'abord à partir d'un questionnement de type "ce qui est" par rapport à "ce qui n'est pas". Ces questions permettent d'identifier un certain nombre de causes possibles. Par élimination des causes possibles, on ne retient que la cause la plus probable, qui devient l'objet de la mesure correctrice.

Puisque les accidents sont souvent dus à plusieurs causes, la CSST a adapté la méthode Kepner-Tregoe. Elle distingue la cause première de l'accident, qui est l'événement produisant les blessures ou les dégâts matériels, des autres facteurs déterminants qui ont provoqué l'accident.

Ici cependant, contrairement à la méthode OARU ou à celle de l'arbre des causes, les facteurs déterminants ne concernent que les aspects proches de la blessure ou de l'accident. La méthode n'essaie pas de décrire le processus de l'accident comme un enchaînement d'événements et de faits

en remontant à des facteurs éloignés de la blessure ou de l'accident. En ce sens, la méthode de la CSST est une méthode centrée sur le risque.

Par conséquent, il est important de bien cerner les intérêts et les limites d'avoir réalisé l'étude à partir des résultats d'enquêtes de la CSST.

3.1.2 Intérêts, limites et conséquences

L'utilisation des données extraites des rapports de la CSST revêt un intérêt pour les raisons suivantes:

- Premièrement, ces rapports constituent les sources d'informations les plus détaillées sur la façon dont les accidents ont pu se produire;
- Deuxièmement, leur quantité permet l'accès à un nombre de cas relativement important. Pour disposer dans une étude du même nombre d'accidents mortels survenus durant le même nombre d'années, il faudrait y consacrer une période au moins aussi longue;
- Troisièmement, les données présentées dans ces rapports n'ont pas déjà fait l'objet d'une analyse globale permettant de faire le lien avec les problèmes de travail.

Ces rapports comportent les limites des études centrées sur les risques.

- L'enquête s'attarde surtout à identifier les causes immédiates de la blessure. Les rapports ne permettront donc pas d'expliquer entièrement le processus de l'accident. L'enquête et l'analyse de nouveaux accidents nous auraient permis de recueillir des informations plus complètes;
- L'interprétation des données par les inspecteurs doit être située par rapport au travail de ces derniers. Les données sont interprétées uniquement par rapport à la réglementation qui permet à l'inspecteur d'agir dans le cadre de ses pouvoirs afin de corriger la situation.

Une autre limite a trait à l'application de la méthode par différents inspecteurs. Il est permis de croire qu'il existe des variations d'un individu à l'autre dans l'application de la méthode. Ces différences peuvent influencer le recueil des faits concernant l'accident.

La construction de l'arbre des causes permet d'identifier les données manquantes et de les prendre en considération lors de l'analyse. En général, les données immédiates à l'accident sont bien décrites dans la mesure où l'inspecteur avait la possibilité d'interroger des témoins et de reconstituer les événements antérieurs. Cela n'est pas toujours réalisable au cours d'enquêtes portant sur des accidents mortels.

Dans ce contexte, nous ne prétendons pas expliquer le processus de l'accident en entier, mais au moins identifier certains problèmes de travail ayant conduit à l'accident. Le fait de disposer d'un nombre d'accidents relativement élevé nous permettra de dégager des points communs à plusieurs accidents.

3.2 Le modèle d'analyse descriptif des accidents

Pour décrire et analyser les accidents, nous avons choisi le modèle de l'arbre des causes, principalement parce qu'il s'agit du seul modèle qui n'introduit pas au préalable une organisation prédéterminée des faits.

Une telle organisation prédéterminée des faits se retrouve dans certains modèles comme ceux de la méthode OARU (Kjellen, 1984) ou de Andersson et Lagerlof (1983). Ces modèles distinguent des séquences de faits linéaires dont les facteurs sont préalablement classés. Dès que l'on s'éloigne de la blessure et de l'accident, l'organisation des faits n'est pas décrite clairement et reste sous une forme de liste. Ces modèles conviennent davantage au traitement statistique des données qu'à l'analyse clinique des accidents. L'analyse statistique des accidents permet d'établir des liens entre des facteurs plutôt que d'expliquer les mécanismes de l'accident. La compréhension de ces mécanismes nécessite l'établissement de relations logiques entre des phénomènes physiques, psychologiques et sociologiques. La méthode de l'arbre des causes peut constituer un point de départ pour une analyse de ce type.

3.2.1 La méthode de l'arbre des causes

Avec la méthode de l'arbre des causes, l'enquête repose sur la recherche de faits qui sont surtout des variations. Ces variations sont déterminées par rapport à ce qui ne s'est pas passé comme d'habitude, indépendamment du respect ou non des règles du Code de sécurité. Dans la méthode de l'arbre des causes, il est spécifié que l'inventaire des causes et le diagramme de l'accident doivent laisser de côté les consignes de sécurité et leur respect ou non, afin de considérer principalement les caractéristiques du travail. Il s'agit d'une méthode d'analyse centrée sur le travail et non sur le risque.

Le cadre de recherche des faits est défini par la décomposition de la situation de travail en quatre éléments : l'individu, la tâche, le matériel et le milieu.

Une fois les données recueillies, il est possible d'élaborer le récit de l'accident à partir duquel l'arbre des causes sera construit. La construction de l'arbre permet d'organiser de façon logique les faits qui ont conduit à l'accident. La méthode met l'accent sur les relations logiques qui existent entre les faits plutôt que sur leur succession chronologique.

L'arbre des causes se présente sous une forme graphique. Il part de la blessure et remonte en suivant les enchaînements logiques des faits (antécédents de l'accident). Nous avons adopté la présentation classique qui veut que la construction de l'arbre se fasse de droite à gauche. En partant de la blessure, on remonte étape par étape de façon systématique en posant pour chaque fait les questions suivantes :

- Qu'a-t-il fallu pour que ce fait apparaisse?
- A-t-il fallu autre chose?

Ces questions amènent quatre types de combinaison (fig. 1):

Relation d'enchaînement : lorsque un fait est occasionné par un seul antécédent.

Relation de conjonction : lorsqu'un fait est occasionné par plusieurs antécédents.

Relation de disjonction : lorsque plusieurs faits sont occasionnés par un seul antécédent.

Indépendance des faits.

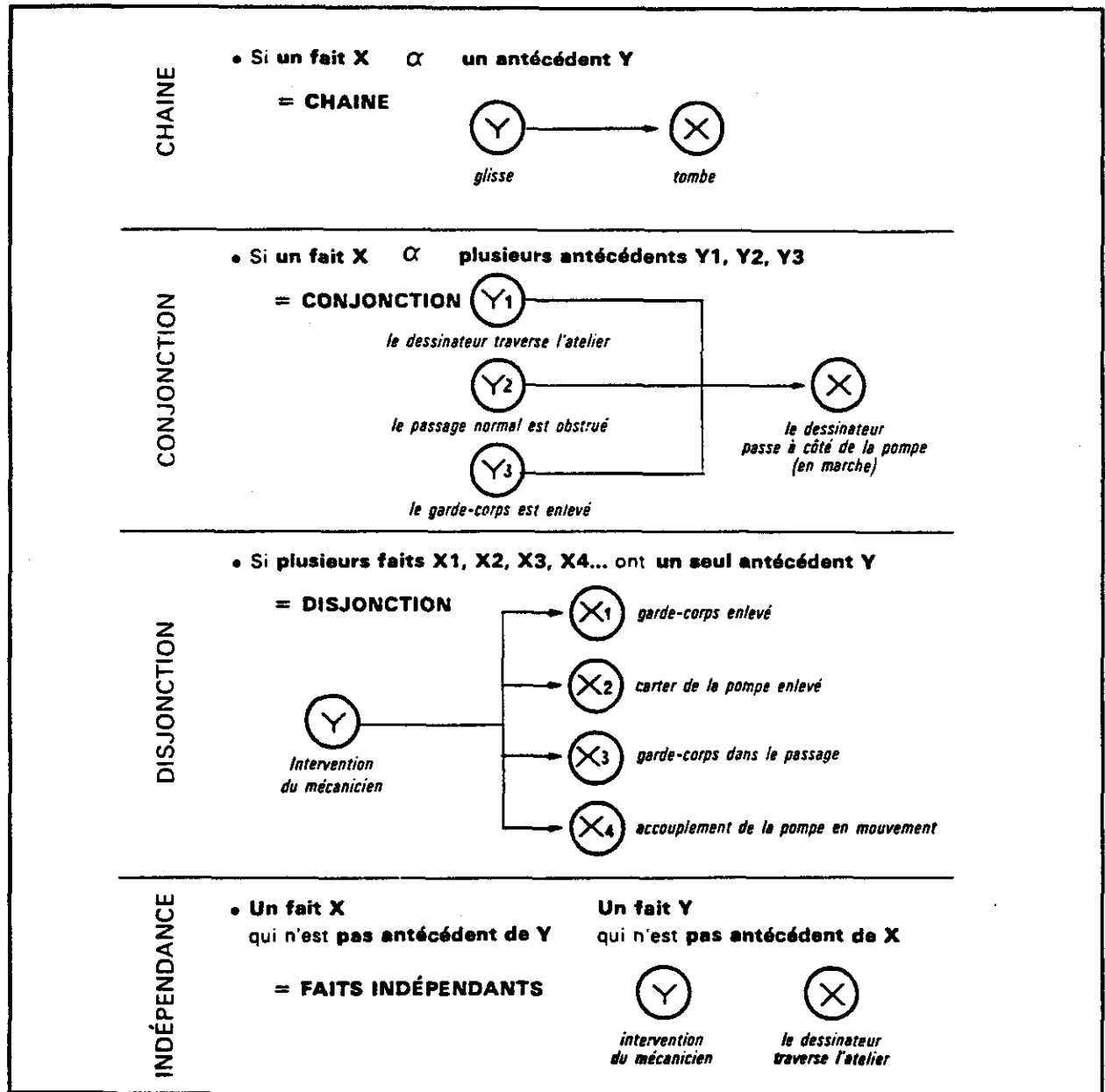


Figure 1 - Types de liaisons des antécédents de l'accident
(Chesnais, 1989)

Pour construire l'arbre, on utilise les symboles présentés dans la figure 2.

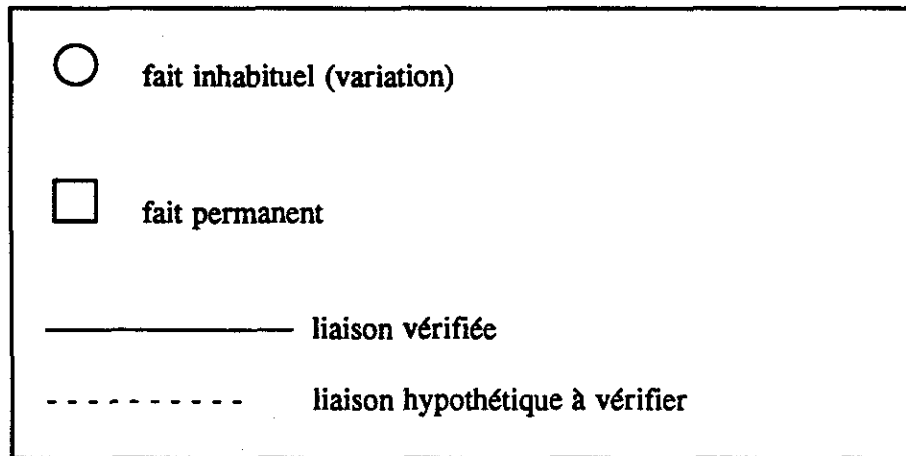


Figure 2 - Symboles servant à la construction des arbres

La distinction entre les faits habituels et inhabituels est difficile dans un milieu aussi changeant que celui de la construction. Lors d'une rencontre, Mme Marion Chesnais, chercheuse au Laboratoire de psychologie du travail de l'École Pratique des Hautes Études et spécialiste de la méthode de l'arbre des causes, nous a signalé ces difficultés. Aussi avons-nous tenu compte de cette nuance uniquement lorsque cela était possible.

L'arbre des causes de l'accident ainsi construit (voir exemple, figure n° 3) permet de visualiser et de suivre l'enchaînement des faits. L'organisation logique des faits situe les informations manquantes aux extrémités des branches de l'arbre.

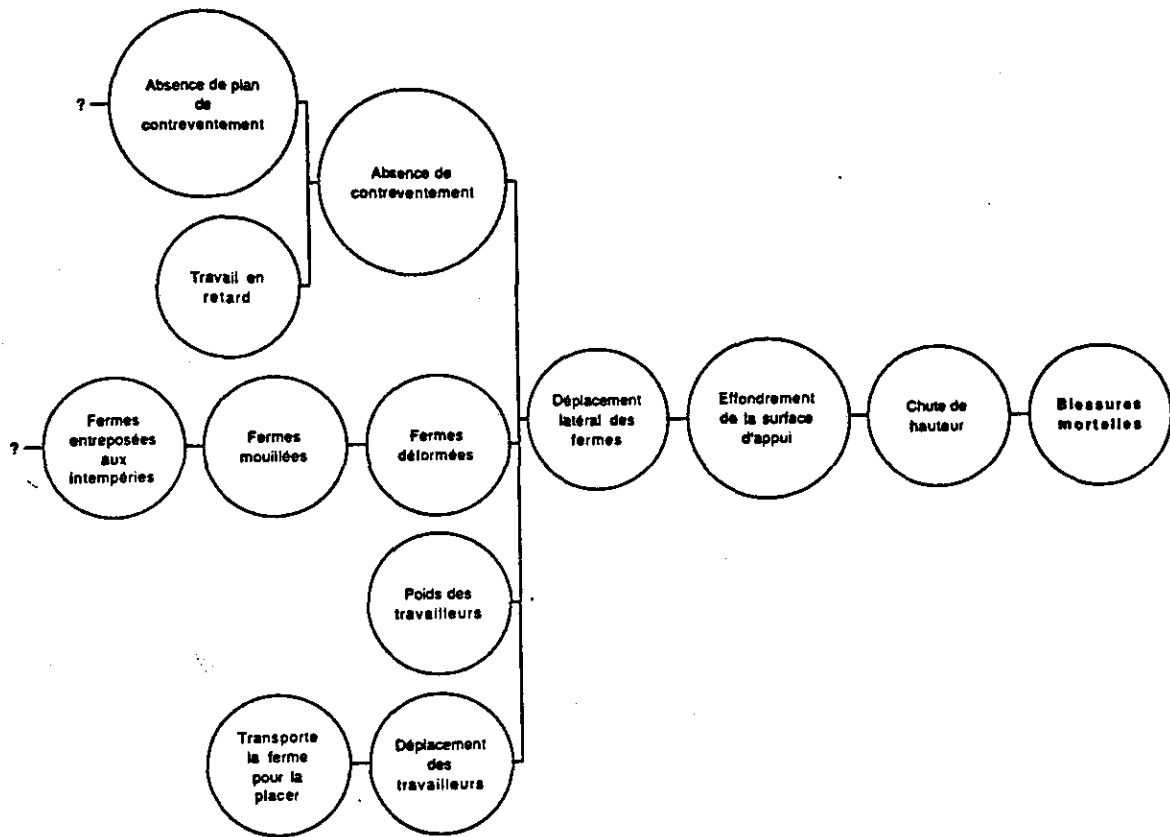


Figure 3 - Exemple d'un arbre des causes

3.2.2 Les limites de la construction des arbres des causes

La description de l'accident par la méthode de l'arbre des causes s'avère un procédé assez lourd que l'on ne peut généraliser à l'étude de tous les accidents. Elle est par contre très utile pour analyser les accidents dont la fréquence ou la gravité nécessite une compréhension approfondie de leurs causes afin de prendre des mesures de prévention plus efficaces. C'est le cas des accidents graves et mortels en construction.

Comme le mentionne Leplat (1979), il n'est pas possible d'analyser un accident, de définir sa genèse, sans se référer à un modèle d'opération du système dans lequel il s'est produit. Ce modèle d'opération sera différent et plus ou moins précis selon l'expérience et la formation des personnes qui participent à l'enquête. Il peut arriver que des arbres des causes différents soient construits à partir de données semblables.

Selon Leplat (1978), l'analyse du travail par les ergonomes est la méthode idéale pour définir le modèle d'opération d'un système. Malheureusement, il est difficile dans une entreprise de disposer de telles informations sur toutes les situations de travail.

Afin de pallier ce problème, l'INRS³ suggère de construire l'arbre des causes en groupe et non de façon individuelle.

3.3 L'analyse interprétative des données d'accidents

Dans la présentation de la méthode de l'arbre des causes, nous avons choisi de faire une distinction entre le processus de description menant à la construction de l'arbre et l'exploitation de l'arbre des causes.

La description de la genèse de l'accident par la méthode de l'arbre des causes est fondée sur une approche systémique. Cette approche a l'avantage d'offrir un cadre descriptif permettant de prendre en considération l'ensemble des variables du système. Le problème est de définir le système. Leplat et Cuny (1979) ont identifié différents niveaux de système : poste de travail, équipe de travail, service et entreprise. Si on le désire, on peut même aller au-delà de l'entreprise.

L'absence d'une référence à l'approche système a le désavantage de mettre l'accent a priori sur une seule des composantes du système. C'est le cas par exemple des modèles d'analyse d'accidents basés sur le traitement de l'information. Les limites de ces méthodes viennent du fait qu'elles orientent l'enquête sur le traitement de l'information concernant le danger par le travailleur, sans considérer d'autres données relatives aux autres composantes de la situation de travail. L'étude du traitement de l'information par le travailleur est intéressante mais ne doit pas être considérée d'une façon exclusive dans le processus d'analyse de l'accident. Le Fonds suédois pour l'environnement du travail (Carter et Corlett, 1982), qui utilise le modèle de Surry, a dû adapter cette méthode pour éviter que l'accent soit mis uniquement sur la victime au niveau de l'enquête.

³ Institut National de Recherche en Sécurité, France

La méthode de l'arbre des causes s'avère actuellement la méthode la plus satisfaisante pour décrire le processus de l'accident. Dans les limites de la définition préalable du système, elle permet de prendre en considération l'ensemble des composantes qui ont contribué à l'accident.

3.3.1 L'exploitation des arbres des causes

Le traitement de l'arbre des causes consiste à identifier les facteurs d'accidents et à déterminer, à partir de chaque facteur d'accident, le facteur potentiel d'accident correspondant (Darmon et al., 1975). Il est par la suite possible d'établir des statistiques ou de construire des arbres des causes plus généraux permettant une analyse sociotechnique de l'entreprise (Moyen et al., 1980).

Il n'existe pas de règles strictes et bien établies permettant d'identifier les facteurs d'accidents. L'identification se fait selon l'importance accordée à un antécédent plutôt qu'à un autre. Elle dépend de la compréhension du rôle de l'antécédent dans le processus de l'accident, mais aussi de son influence sur l'activité de travail.

Puisque les facteurs d'accidents sont les éléments à partir desquels les mesures correctrices seront proposées, il est recommandé de ne pas s'en tenir aux facteurs pour lesquels il est le plus facile de proposer des solutions correctrices.

Les facteurs d'accidents se situent à un niveau de description trop détaillé pour permettre le traitement statistique. On effectue donc une opération de classification à partir des facteurs d'accident, ce qui permet un regroupement des facteurs d'accidents dans des catégories plus générales : les facteurs potentiels d'accidents. La figure 4 illustre cette classification. Le facteur potentiel d'accident peut être relatif à une composante simple de la situation de travail (individu, tâche, matériel, milieu) ou à une combinaison de ces composantes.

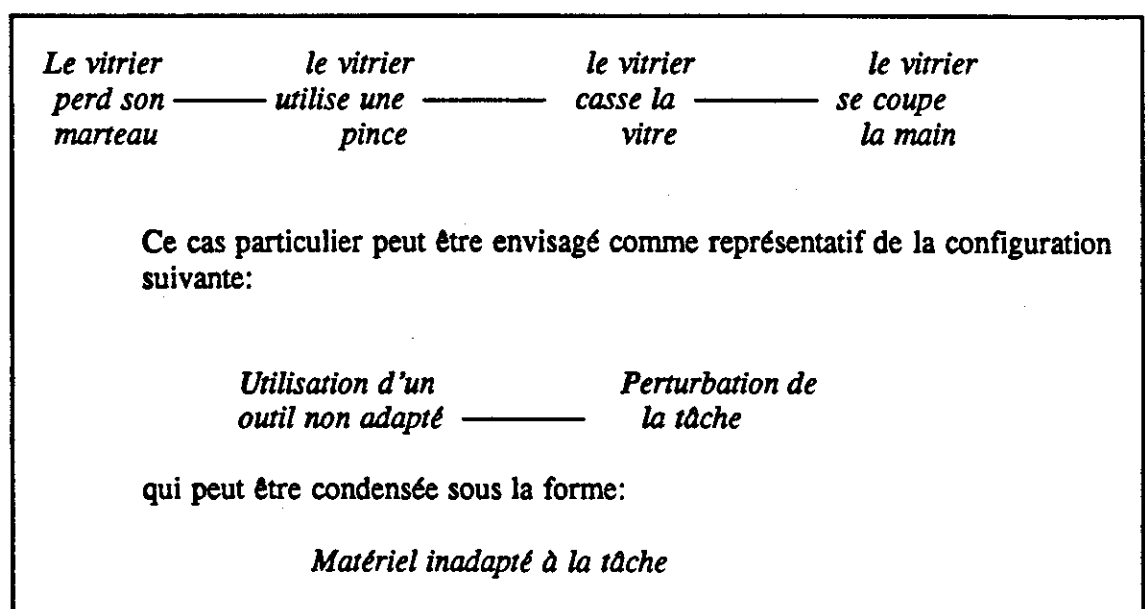


Figure 4 - Exemple de classification en facteur potentiel d'accident

Les facteurs potentiels d'accidents permettent de traiter statistiquement les données provenant de plusieurs accidents ou de construire des arbres des causes plus généraux. Ils constituent la base d'un diagnostic de sécurité au niveau de l'entreprise. Des études sont disponibles sur ce sujet (ex. : Szekely et Keyser, 1980).

3.3.2 Limites de l'exploitation des arbres des causes

Si l'approche système permet de prendre en considération l'ensemble des composantes du travail, elle comporte également certaines limites que nous allons préciser.

L'approche systémique du travail considère a priori toutes les composantes comme équivalentes. Elle ne permet pas de tenir compte de la spécificité de la composante humaine. Elle confond la performance du système avec les conditions d'exécution du travail ou de sécurité pour le travailleur (Tort, 1974) et ne permet pas de faire la différence entre le facteur humain et la machine, comme c'est le cas dans l'énoncé des facteurs potentiels d'accidents (par exemple, est-ce la commande de la machine qui est trop haute ou l'individu qui est trop petit ?).

L'interprétation en termes de facteurs d'accidents permet d'expliquer le comportement des personnes à partir des conditions externes, sans tenir compte de leur processus cognitif interne. Par exemple, la méthode indiquera que le travailleur s'est levé sur une poutre pour attraper un objet dont le mouvement était incontrôlé. Cependant, elle ne dira rien de ce qui a pu se passer au niveau de la pensée du travailleur pour qu'il prenne une telle décision. La seule raison de vouloir récupérer l'incident n'est pas toujours satisfaisante. Une autre personne, ou la même personne dans des circonstances différentes, aurait pu agir différemment. L'incompréhension du comportement humain au travail peut laisser le champ libre à des interprétations quant à la responsabilité individuelle. L'application de la méthode de l'arbre des causes n'évite pas toujours un retour à une explication de l'accident en termes de facteurs humains, et cela d'autant plus, comme le signale A. Van Daele (1986), qu'il sera difficile d'apporter des changements dans l'entreprise au chapitre des conditions de travail ou au niveau organisationnel.

Ces limites sont fondamentales et la méthode de l'arbre des causes ne peut les résoudre à elle seule. A partir des données descriptives basées sur l'approche système, il nous apparaît cependant possible d'analyser le comportement humain, ce qui pourrait permettre d'orienter la prévention vers la prise en considération d'un modèle de l'activité humaine au travail et d'un modèle de l'organisation.

3.3.3 L'exploitation de l'arbre des causes pour s'interroger sur les modèles de l'activité humaine au travail et de l'organisation

L'étude de l'arbre des causes par rapport aux modèles de l'activité humaine au travail s'appuie sur la détermination des facteurs potentiels d'accidents, et ce pour deux raisons essentielles :

- Premièrement, les facteurs potentiels d'accidents regroupent des facteurs présents dans différents accidents. Cela permet une analyse globale qui tient compte des informations spécifiques à chacun des accidents pour la discussion des hypothèses concernant l'activité humaine et l'organisation.

- Deuxièmement, les facteurs potentiels d'accidents constituent des traces de l'activité humaine. En effet, si l'on considère les différences entre les éléments physiques et les éléments humains de la situation de travail, les premiers n'ont de sens que parce qu'ils sont l'objet de manipulation, de transformation ou de décision par les seconds. Les facteurs potentiels d'accidents qui correspondent à une situation de travail ne peuvent être compris que par le renvoi à l'élément humain.

On retrouve cet élément humain à trois niveaux : le travailleur, l'équipe de travail et l'organisateur :

- Pour exécuter sa tâche, le travailleur utilise ses fonctions physiques, psychologiques et sociales. Le facteur potentiel d'accidents renvoie à ces fonctions, et plus particulièrement au processus cognitif concernant la prise de décision par le travailleur.
- Le travail en construction s'effectue également de façon collective. Par conséquent, le travail en équipe et les communications entre les travailleurs ont une influence sur l'activité et les prises de décision de chacun des travailleurs.
- L'organisation correspond aux différents niveaux de décision, du contremaître jusqu'au concepteur. Les décisions, qui concernent par exemple le choix des procédés, le choix des matériaux et des équipements ou l'affectation du personnel, ont une influence directe ou indirecte sur l'activité du travailleur et de l'équipe de travail.

Les éléments dysfonctionnels du système renvoient à des éléments dysfonctionnels au niveau de l'individu, de l'équipe et de l'organisation.

Cette approche comporte des limites liées, d'une part, au fait que les informations disponibles sont restreintes aux situations accidentelles et, d'autre part, au fait que les informations recueillies par la méthode de la CSST ne permettent pas d'identifier les causes plus éloignées de l'accident.

L'accident étant un événement particulier, il est impossible, à partir de quelques accidents, de saisir parfaitement le fonctionnement du travailleur. Il faudrait faire des études ergonomiques pour en arriver à ce type de compréhension. Afin de pallier cet inconvénient, et lorsque cela sera possible, nous établirons des liens entre les antécédents des accidents et des modèles de l'activité connus en ergonomie. Cette façon de procéder devrait permettre l'ouverture de voies encore peu explorées dans l'étude des accidents en construction. Elle correspond aux objectifs que nous nous sommes fixés au départ.

Nous procéderons de la même manière en ce qui concerne l'organisation. Toutefois, le problème est plus complexe dans ce cas, à cause de la variété des conditions organisationnelles et du peu d'informations disponibles à ce sujet dans les rapports d'enquêtes.

La démarche sera illustrée par deux exemples :

Premier exemple, tiré de l'accident n° 2 : l'un des dysfonctionnements est la récupération d'un incident.

Cette récupération d'incident fait référence aux antécédents de l'accident qui décrivent le comportement du travailleur. Celui-ci se lève sur une surface étroite pour attraper une poutre

manutentionnée par la grue; la poutre tourne de façon incontrôlée. Les antécédents nous informent que le travailleur se place ainsi dans une situation dangereuse.

Des hypothèses d'explication sur la décision du travailleur de se placer dans une situation aussi dangereuse peuvent être envisagées à partir des connaissances existantes.

Faverge (1980) parle d'une régulation entre la production et la sécurité aux dépens de cette dernière. Le comportement du travailleur serait expliqué par sa volonté d'atteindre son but : connecter la poutre.

Une autre hypothèse, basée sur les théories de résolution de problème, peut être invoquée. La dégradation de la situation amène le travailleur à tenir compte uniquement de la récupération de l'incident. Le danger de la situation ne serait alors pas pris en considération par le travailleur.

En psychopathologie du travail, ce comportement serait expliqué comme une réaction de défense par laquelle le travailleur est amené à prendre des risques exagérés pour contrer son angoisse face à la peur du danger (Dejours, 1981).

Ces hypothèses ne sont pas exclusives. Elles montrent la nécessité d'approfondir nos connaissances sur le processus de prise de décision dans les situations où un incident se produit, particulièrement dans la construction, où peu d'études ont été réalisées sur ce sujet.

Deuxième exemple, tiré du même accident : il n'y a pas de lien de guidage sur la poutre qui provoque l'accident (la poutre tourne). Le dysfonctionnement est l'absence de matériel.

Le manque d'information sur les raisons de l'absence de matériel nous laisse deux possibilités : le matériel est absent de la situation de travail mais présent sur le chantier ou le matériel est carrément absent du chantier.

L'absence du matériel de la situation de travail réfère aux trois aspects suivants : la prévision par le travailleur des outils qui lui sont nécessaires, la régulation entre la production et la prévention, le support de l'organisation concernant la distribution et la répartition du matériel sur le chantier.

L'absence de matériel sur le chantier concerne la planification du matériel par les organisateurs et l'identification des besoins en outils et en équipements pour effectuer le travail de façon sécuritaire.

Ces références au niveau du travailleur et de l'organisation ne sont pas exhaustives. Elles correspondent à la compréhension que nous avons du problème. Elles ont le mérite d'attirer l'attention sur des aspects souvent délaissés par les études centrées uniquement sur le risque. Il nous apparaît primordial d'agir sur ces aspects afin de diminuer le nombre des accidents en construction.

3.4 Les accidents étudiés

Nous avons analysé 60 rapports portant sur des accidents survenus au cours des années 1981 à 1985. Trois accidents n'ont pas été retenus pour l'analyse : deux accidents d'entretien mécanique et un accident de la route.

Les accidents correspondent à l'ensemble des dossiers d'enquêtes d'accidents mortels et graves dans deux régions administratives de la CSST durant cette période.

Les accidents se sont produits dans différents types de chantier :

- Construction de bâtiment industriel ou commercial
- Construction résidentielle (trois étages et moins)
- Travaux publics
- Rénovation et démolition
- Travaux de réparation et d'entretien
- Construction ou réparation de lignes électriques
- Entrepôt d'un entrepreneur

Les victimes de ces accidents appartiennent à différents groupes professionnels :

- Charpentier-menuisier
- Soudeur
- Opérateur d'équipement lourd
- Foreur
- Monteur d'acier de structure
- Boutefeu
- Mécanicien de chantier
- Monteur de ligne
- Briqueteur
- Laveur de vitre
- Couvreur
- Apprenti électricien
- Peintre
- Apprenti peintre
- Cimentier applicateur
- Apprenti ferblantier
- Monteur mécanique extérieur
- Apprenti couvreur
- Électricien
- Apprenti briqueteur
- Mécanicien d'ascenseur
- Ferblantier

3.5 La démarche de l'étude

Pour chaque rapport, le récit de l'accident a été reconstitué à partir des données disponibles. Une liste de faits a ensuite été dressée et l'arbre des causes a été construit.

La construction des arbres des causes a été réalisée par une équipe de trois personnes, soit un ingénieur civil ayant l'expérience des travaux de construction et deux ergonomes ayant également une expérience de chantier pour y avoir réalisé des études. Ce travail d'équipe a permis d'arriver à une version commune de l'arbre des causes.

L'exploitation des arbres a également été faite en équipe. Cette exploitation comprend d'abord la détermination des facteurs d'accidents et des dysfonctionnements, ensuite l'élaboration de nouveaux arbres avec les facteurs potentiels d'accidents et enfin une analyse en fonction de l'activité du travailleur, de l'équipe de travail et de l'organisation.

3.5.1 Les dysfonctionnements

La classification adoptée diffère quelque peu de celle que l'INRS utilise pour dégager les facteurs potentiels d'accidents (Darmon, 1975). Nous avons mis l'accent sur une catégorisation selon les caractéristiques dysfonctionnelles des composantes de la situation de travail, ce qui nous a permis d'associer ces caractéristiques aux niveaux de décision auxquels elles réfèrent.

A cause des caractéristiques particulières du travail en construction, il a été jugé utile de classer à part la composante surface d'appui qui autrement aurait été confondue avec le matériel (échafaudage) ou avec l'environnement (bord du toit). Ceci permet d'attirer l'attention sur les problèmes d'installation des surfaces d'appui qui jouent un rôle important dans un certain nombre d'accidents.

Les composantes retenues sur lesquelles nous disposons de données sont donc le matériel, la surface d'appui, l'environnement, la tâche et le personnel. Chacune de ces composantes a été définie et divisée en catégories selon les types de dysfonctionnements.

Le matériel

Le matériel comprend les machines, véhicules, équipements, outils et matériaux servant aux travaux de construction, sauf les équipements ou matériaux utilisés comme support et servant de surface d'appui aux travailleurs.

Les dysfonctionnements concernant le matériel sont classés en trois catégories :

- *L'absence de matériel* : celle-ci est mentionnée dans l'enquête lorsque l'utilisation d'un matériel aurait été nécessaire (ex : un appareil permettant au couvreur sur le toit de communiquer avec les travailleurs en bas de l'édifice).
- *Le matériel défectueux* : les défauts inhérents au matériel sont mentionnés dans l'enquête.
- *L'inadaptation du matériel* : l'inadaptation provient de l'interaction du matériel avec les autres composantes de la situation de travail. Elle apparaît comme telle dans les faits recueillis (ex. : la goulotte inadaptée car le bord du toit comporte une corniche décorative).

La surface d'appui

La surface d'appui est le support sur lequel une ou plusieurs personnes se trouvent au moment de l'accident. Il peut s'agir d'équipements de travail en hauteur (échafaudages, échelles, etc.), d'une partie du bâtiment ou de la structure (toit, poutre) ou d'un assemblage de matériel de construction servant à atteindre la zone de travail.

Les dysfonctionnements de cette composante sont classés selon trois catégories :

- *L'absence d'aménagement* dans les situations où un aménagement aurait été nécessaire pour assurer la protection du travailleur se trouvant sur des surfaces construites.
- *Le défaut d'aménagement* concerne les situations où le travailleur utilise un support dont les défauts ont contribué à l'accident. Le support peut être constitué d'un équipement de travail en hauteur ou être monté à partir de matériaux de construction en hauteur.
- *L'utilisation inadéquate d'un équipement d'accès* représente un dysfonctionnement lorsque l'équipement est utilisé d'une façon non recommandée par les règles de sécurité connues (ex : monter du matériel en utilisant une échelle droite).

L'environnement

Les dysfonctionnements regroupés sous cette composante sont essentiellement les éléments physiques ou chimiques de l'environnement et les perturbations climatiques.

La tâche

La tâche correspond à ce qu'il y a à faire. Elle est définie par la mise en oeuvre de moyens, par une personne ou une équipe, afin d'atteindre des buts. Cette composante regroupe les dysfonctionnements qui se rapportent à la définition des buts (plans, échéanciers), leur mise en oeuvre (procédés, méthodes) et les conditions organisationnelles qui s'y rattachent (le travail de nuit par exemple).

Elle comporte les catégories suivantes :

- *L'absence ou le défaut de planification de la tâche* concerne les dysfonctionnements reliés aux prescripteurs fournissant les informations sur le travail à faire (plans) ou les moyens de mise en oeuvre (organisation des tâches entre elles, réalisation de certaines tâches).
- *Les défauts d'exécution de la tâche* (ex. : méthode de travail inadéquate). Ces défauts sont mentionnés ou apparaissent à la suite des résultats.
- *L'inadaptation de la tâche* constitue un dysfonctionnement lorsque sa réalisation a un effet négatif sur une autre composante.

Le personnel

Cette composante regroupe les dysfonctionnements reliés à la formation, à l'expérience du travailleur et de l'organisateur ou du concepteur ainsi qu'à la santé du travailleur.

Elle comporte les catégories suivantes :

- *Le manque de formation ou de qualification* est directement mentionné dans certains accidents. Lorsque le travailleur était apprenti, nous avons invoqué ce dysfonctionnement si son comportement laissait supposer un manque d'expérience.
- *Le problème de santé* correspond à un malaise subi par le travailleur au cours de son travail.

3.5.2 Description des accidents selon les arbres de dysfonctionnements

L'arbre de dysfonctionnements permet de décrire la genèse des dysfonctionnements menant à l'accident.

Nous avons classé les arbres selon l'événement à l'origine de la blessure (ex : chute, écrasement, électrocution, etc.). Les regroupements sont peu nombreux et on arrive à un nombre d'arbres de dysfonctionnements assez important. Cela est normal et s'explique par le nombre et la diversité des situations d'accidents en construction par rapport aux nombres d'accidents étudiés.

La construction des arbres de dysfonctionnements diffère de la construction des arbres des causes dans le sens où les antécédents d'un fait peuvent correspondre à plusieurs accidents. La règle logique de relation "ET" ne s'applique que pour les dysfonctionnements relatifs à un même accident.

3.5.3 L'analyse des dysfonctionnements

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'analyse des dysfonctionnements nous permet d'examiner les décisions des individus au travail. Dans le cadre de cette étude, les décisions humaines se retrouvent aux trois niveaux suivants : le travailleur, l'équipe de travail et l'organisateur.

En ce qui a trait au travailleur, nous nous référerons principalement aux connaissances nécessaires, à la prise de décision et à la planification du travail.

Pour l'équipe de travail, il s'agit essentiellement de problèmes de communication et de coordination de tâches. Ces problèmes permettent de s'interroger sur les échecs relatifs au travail en équipe.

Pour l'organisateur, le problème est plus complexe à cause de l'existence de plusieurs niveaux hiérarchiques et fonctionnels. Nous nous interrogerons particulièrement au sujet de la prise de décision et de la planification du travail qui ont conduit à ces dysfonctionnements, sans pouvoir toujours référer à un niveau hiérarchique précis.

Cette analyse des dysfonctionnements va permettre d'identifier des champs de prévention qui ne sont pas couverts par les normes de sécurité, mais qui ont cependant une influence importante sur le travail et les accidents. Certains constituent des domaines où l'amélioration des connaissances permettrait le développement de moyens de prévention plus efficaces.

4. **RÉSULTATS**

4.1 **L'événement à l'origine de la blessure**

Le tableau n° 2 présente la répartition des accidents étudiés selon les événements à l'origine de la blessure. La chute d'un niveau élevé, avec 35 accidents, est de loin l'événement le plus important. Une étude de l'Office de la construction du Québec en 1983 a indiqué que les chutes de dénivellation représentent 11 % des accidents; elles entraînent 20 % des incapacités permanentes et 20 % des décès.

Événement à l'origine de la blessure	Chute en hauteur	Électro- cution	Écrasement	Frappé	Explosion	Asphyxie	Malaise cardia- que	Pas de bles- sure	Total
Nombre d'accidents	34	8	7	3	2	1	1	2	59*

* Des accidents comportent deux événements à l'origine de la blessure.

Tableau 2 - Répartition des accidents selon l'événement à l'origine de la blessure

4.2 **Analyse descriptive des accidents**

La dynamique des dysfonctionnements va maintenant être examinée pour chacun des événements à l'origine de la blessure. Cette description permettra de présenter des arbres synthèses illustrant l'enchaînement des dysfonctionnements conduisant à l'accident.

Les accidents correspondant à un même événement sont classés selon l'événement accident qui les précède (par exemple : l'événement à l'origine de la blessure, la chute, peut être entraîné par la perte d'équilibre ou la rupture de la surface d'appui).

4.2.1 Chutes de hauteur

Le tableau 3 indique le nombre de chutes de hauteur selon l'événement accident.

Perte d'équilibre										Total
Pied dans le vide	Travailleur heurté / entraîné	Support heurté	Rafale de vent	Glisse	Choc électrique	Saute	Malaise	Non déterminé	Rupture de la surface d'appui	
3	6	3	2	2	1	1	2	3	12	35

Tableau 3 - Répartition du nombre d'accidents selon le type de chute

Type d'appui	Structure en construction ou rénovation				Structure de bâtiment ou d'ouvrage				Support indépendant			
	Plancher toiture	Plate-forme	Poutre	Bord du toit	Auvent	Poutre	Pylône	Échelle	Échafaudage plate-forme	Madrier	Radeau	Trou dans le sol
Chute												
Pied dans le vide	n° 1								n° 18			n° 55
Travailleur heurté/entraîné		n° 2		n° 8, 14, 27				n° 5	n° 33			
Support heurté								n° 43	n° 12,24			
Rafale de vent						n° 44		n° 3				
Glissé					n° 13			n° 41				
Choc électrique			n° 25									
Sauté											n° 4	
Malaise				n° 19					n° 46			
non déterminé	n° 16								n° 28,52			
Rupture de la surface d'appui	n° 33, 37, 54	n° 22							n° 20,23 45,53	n° 36,48		

Tableau 4 - Répartition des accidents selon le type de surface d'appui et l'événement accident
(chaque chiffre indique le numéro de la classification de l'accident)

Perte d'équilibre

La perte d'équilibre survient dans des situations où le travailleur se trouve sur des surfaces étroites (poutre, membrure), restreintes (plancher d'échafaudage ne recouvrant pas entièrement les boudins) ou au bord du vide (ouverture dans le plancher, bord du toit). La perte d'équilibre est entraînée par des événements divers : le travailleur ou le support est frappé par du matériel (6 et 3 accidents respectivement), le travailleur met le pied dans le vide (3 accidents), une rafale de vent (2 accidents), un choc électrique (1 accident), une surface glissante (1 accident), le travailleur qui saute (1 accident), un malaise (2 accidents). Trois accidents sont causés par une perte d'équilibre d'origine non déterminée.

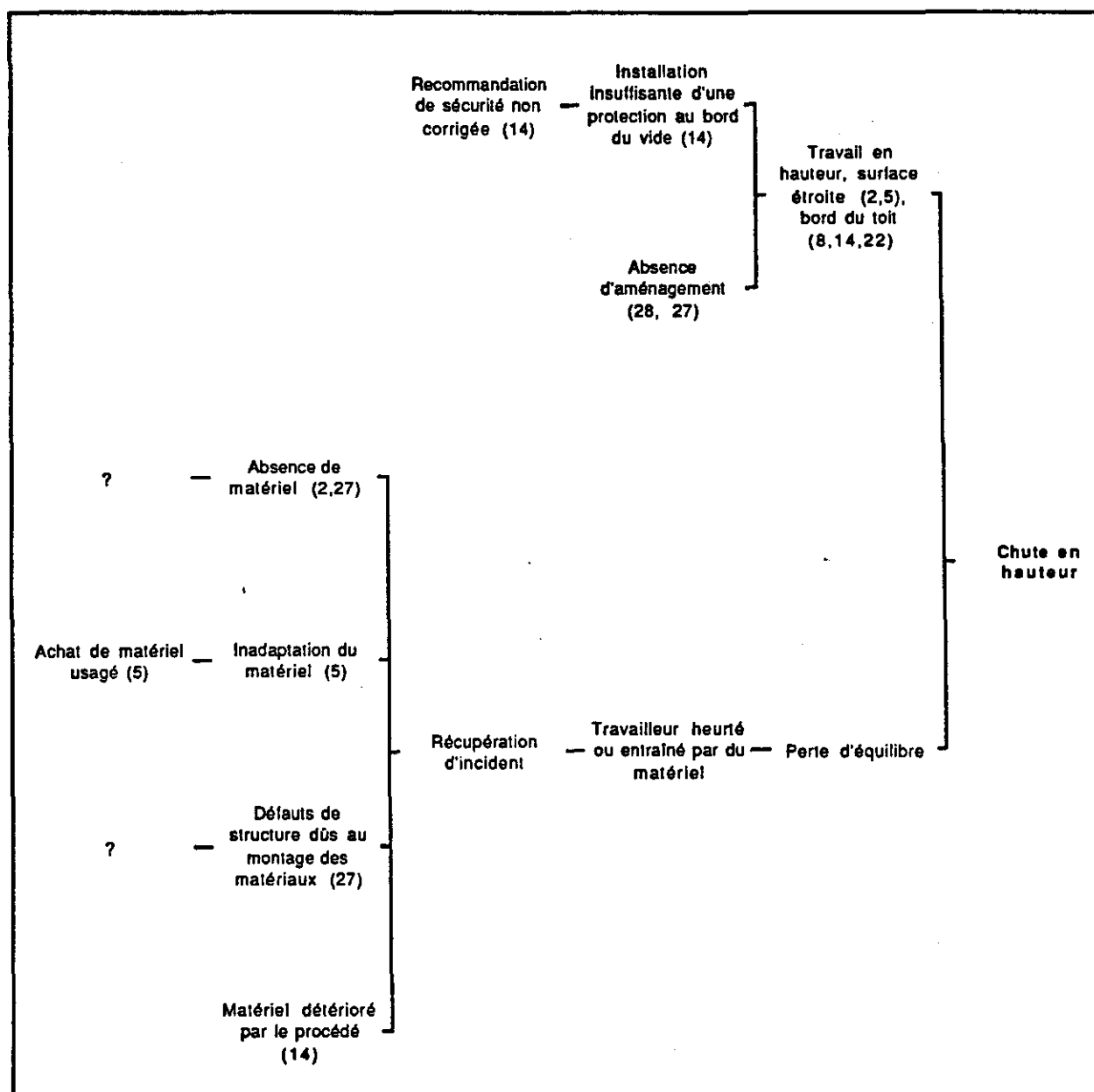
Le travailleur frappé ou entraîné par du matériel :

Deux arbres résument les accidents de cette catégorie.

Le travailleur se trouve dans une situation dangereuse due au travail en hauteur sur une surface étroite ou au bord du toit.

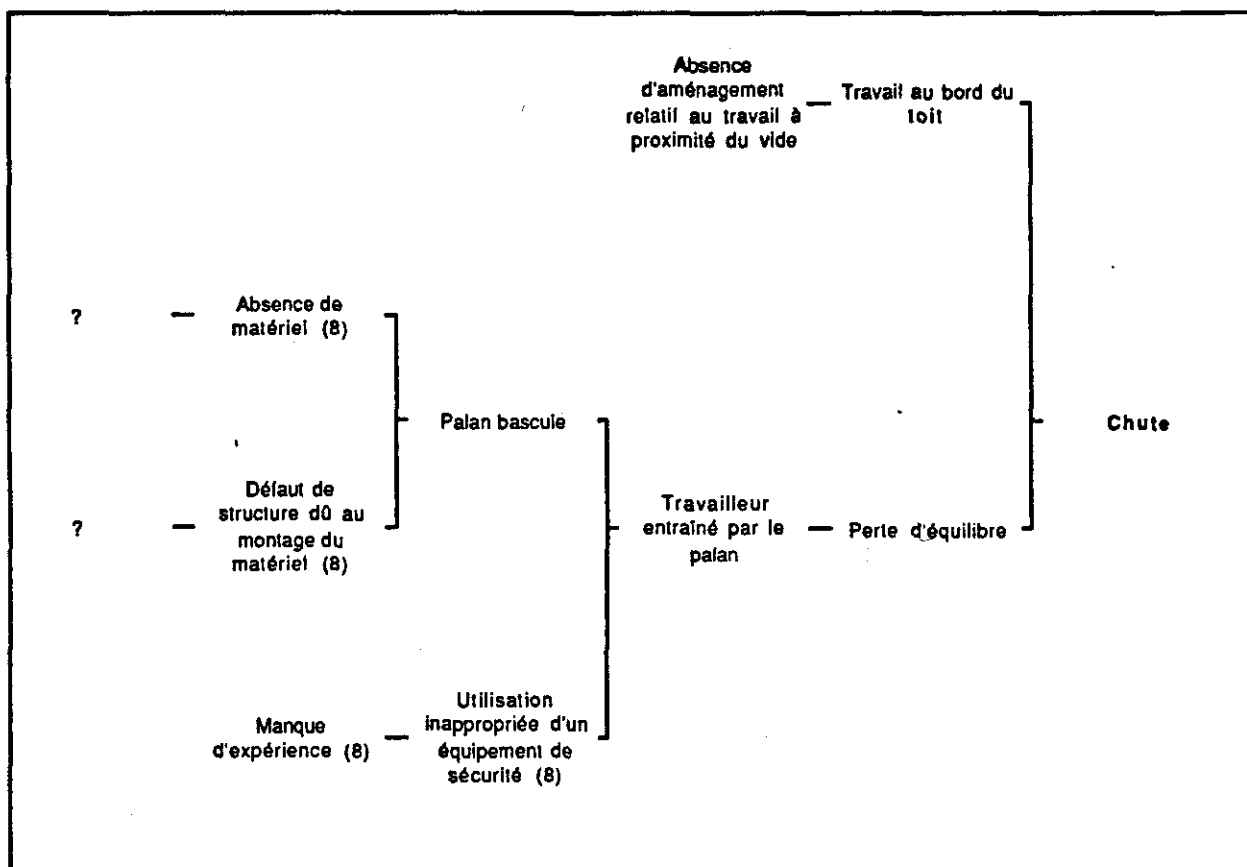
- L'arbre de dysfonctionnements n° 1 montre que le travailleur récupère un incident associé à un problème de matériel. Les dysfonctionnements du matériel ont une grande importance dans la genèse de ces accidents.

L'origine de ces problèmes n'est pas identifiée, sauf dans un cas où l'inadaptation du matériel est reliée à la politique d'achat. Les problèmes de matériel seront discutés dans la deuxième partie.



Arbre de dysfonctionnements n° 1

- Dans l'arbre de dysfonctionnements n° 2, on trouve également des problèmes de matériel, mais un nouvel élément s'ajoute : le comportement du travailleur, qui fait un usage inapproprié de la ceinture de sécurité puisqu'il attache celle-ci au palan. Ce travailleur est un apprenti âgé de 16 ans qui n'a que 13 jours d'expérience en construction.

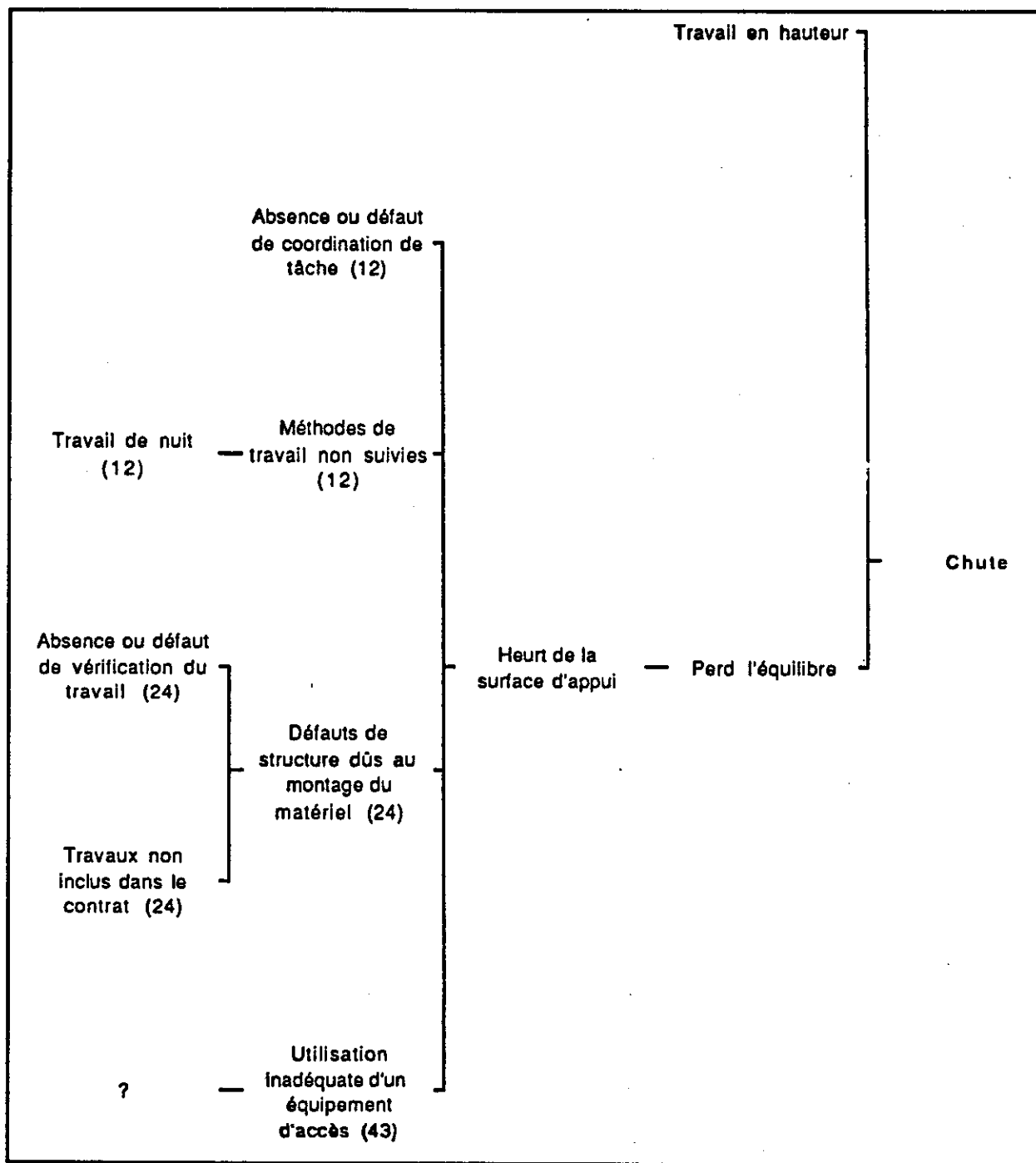


Arbre de dysfonctionnements n° 2

Support heurté par du matériel :

- L'arbre de dysfonctionnements n° 3 montre que le heurt de la surface d'appui concerne les méthodes de travail utilisées et un défaut de structure du matériel.
- Dans l'accident n° 12, la méthode de travail habituelle n'est pas respectée. Le fait que le travail se déroule la nuit peut expliquer cette variation (disponibilité d'utilisation des commandes électriques du pont roulant, état fonctionnel réduit des travailleurs).
- Lors de l'accident n° 43, le travailleur utilise une échelle pour aller démonter une lampe au mercure qui est lourde. On ne sait pas si le travailleur connaissait le poids de la lampe avant de la saisir.

L'accident 24 est dû à un vice caché, le défaut de structure du matériel est ici un mur. Il n'y a pas eu de vérification au cours de la réalisation des travaux. Un problème de contrat est invoqué.

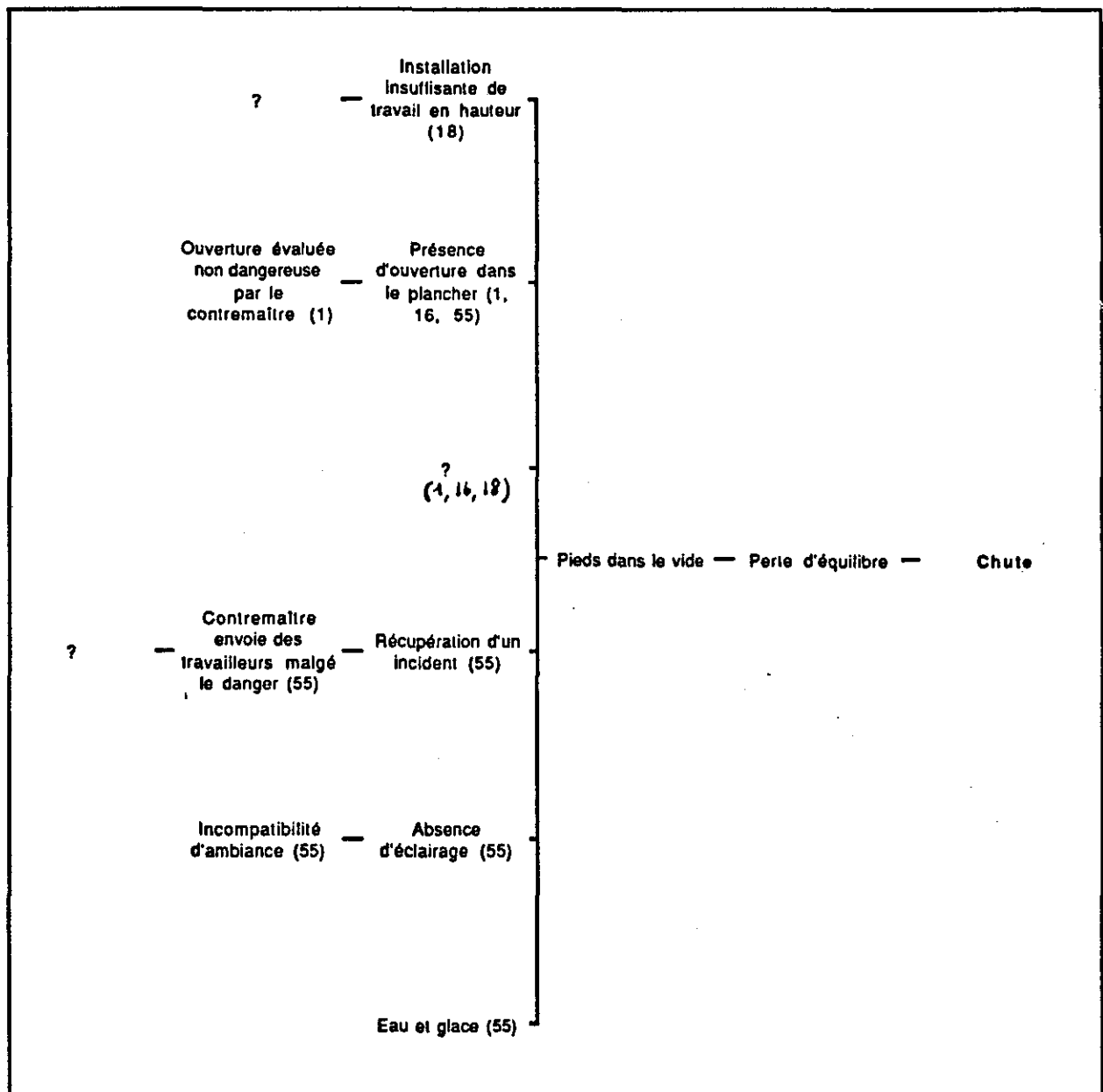


Arbre de dysfonctionnements n° 3

Met le pied dans le vide :

Le travailleur se déplace sur un plancher comprenant une ouverture ou sur la surface restreinte d'un échafaudage.

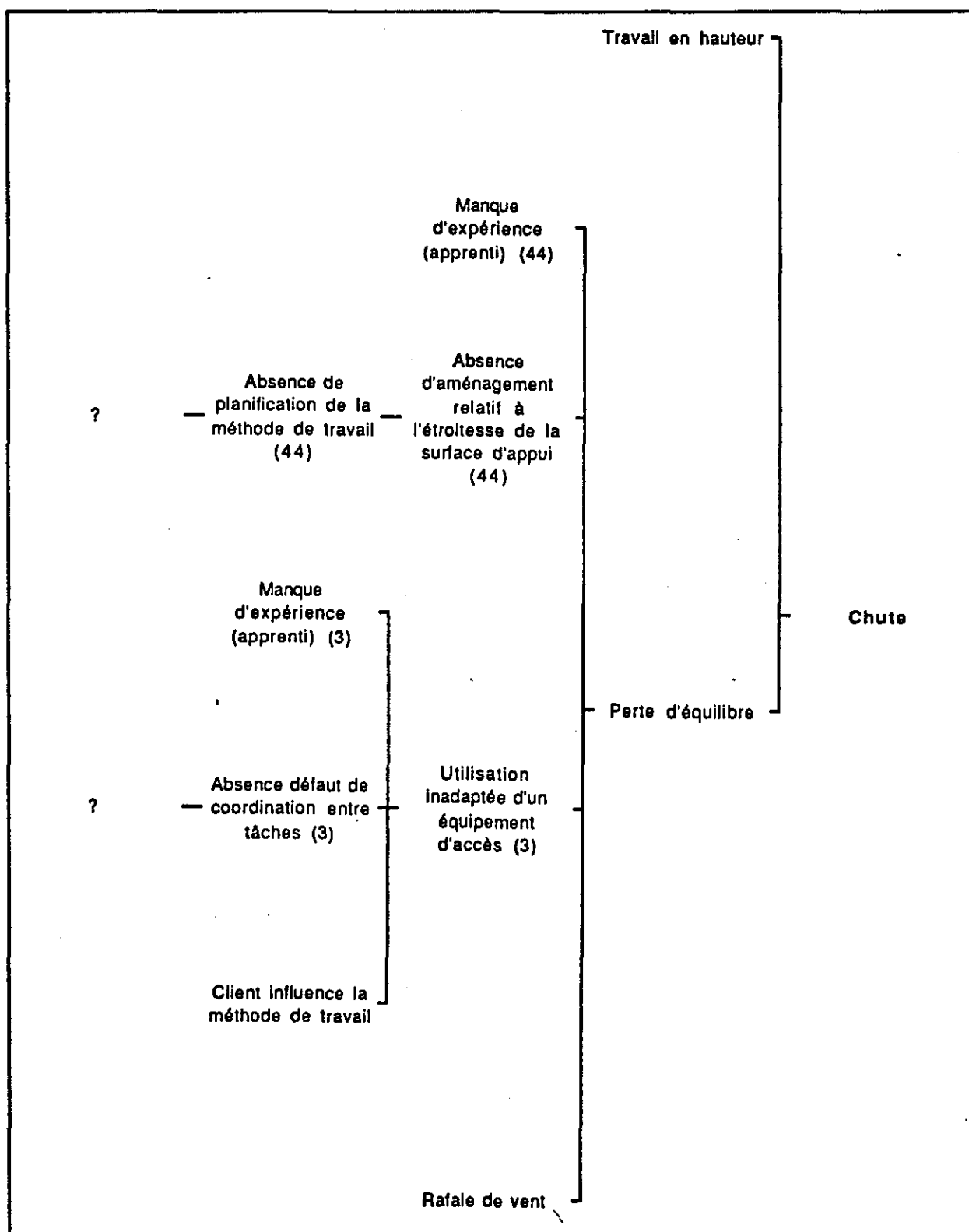
- Les raisons permettant de comprendre que le travailleur ait mis un pied dans le vide ne sont pas toutes élucidées (arbre des dysfonctionnements n° 4). Dans les cas d'accidents n° 1, 16 et 18, seul apparaît le danger de la situation. Les explications relatives à la présence de danger manque, excepté pour les accidents 1 et 55.



Arbre des dysfonctionnements n° 4

Rafale de vent :

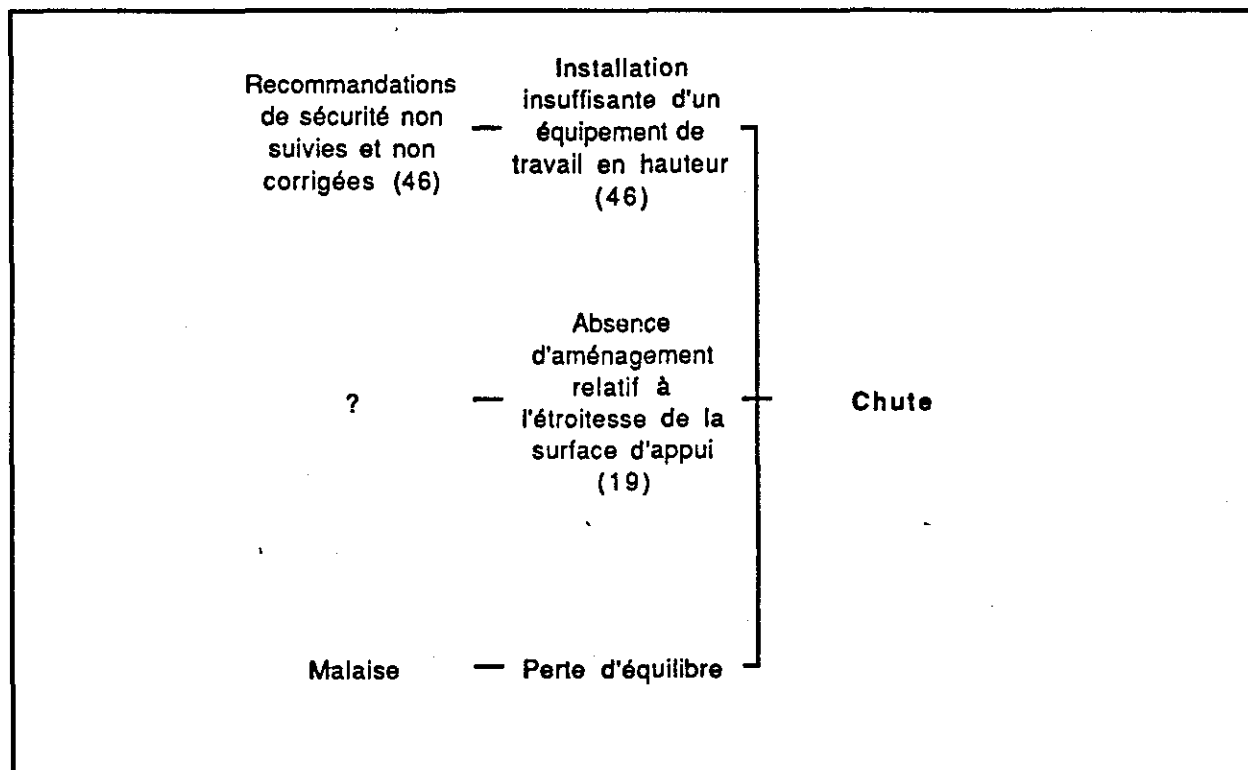
- L'arbre de dysfonctionnements n° 5 montre que ces accidents se produisent alors que les deux travailleurs se trouvent en équilibre précaire.
- L'accident n° 3 survient tandis que l'apprenti monte sur une échelle droite fixée entre le dernier palier de l'escalier de secours et le toit, en tenant du matériel d'une main. Le manque d'expérience (il est apprenti), le fait que le client refuse l'utilisation de l'escalier intérieur pour monter le matériel sur le toit et l'absence de coordination entre l'apprenti et le travailleur de métier sur la façon sécuritaire de procéder ont contribué à la prise de risque.
- L'accident n° 44 se produit alors que l'apprenti se déplaçait en équilibre sur la poutre d'un pont afin d'aller rejoindre l'échafaudage volant. Aucune installation n'avait été prévue pour rejoindre l'échafaudage volant.



Arbre de dysfonctionnements n° 5

Malaise :

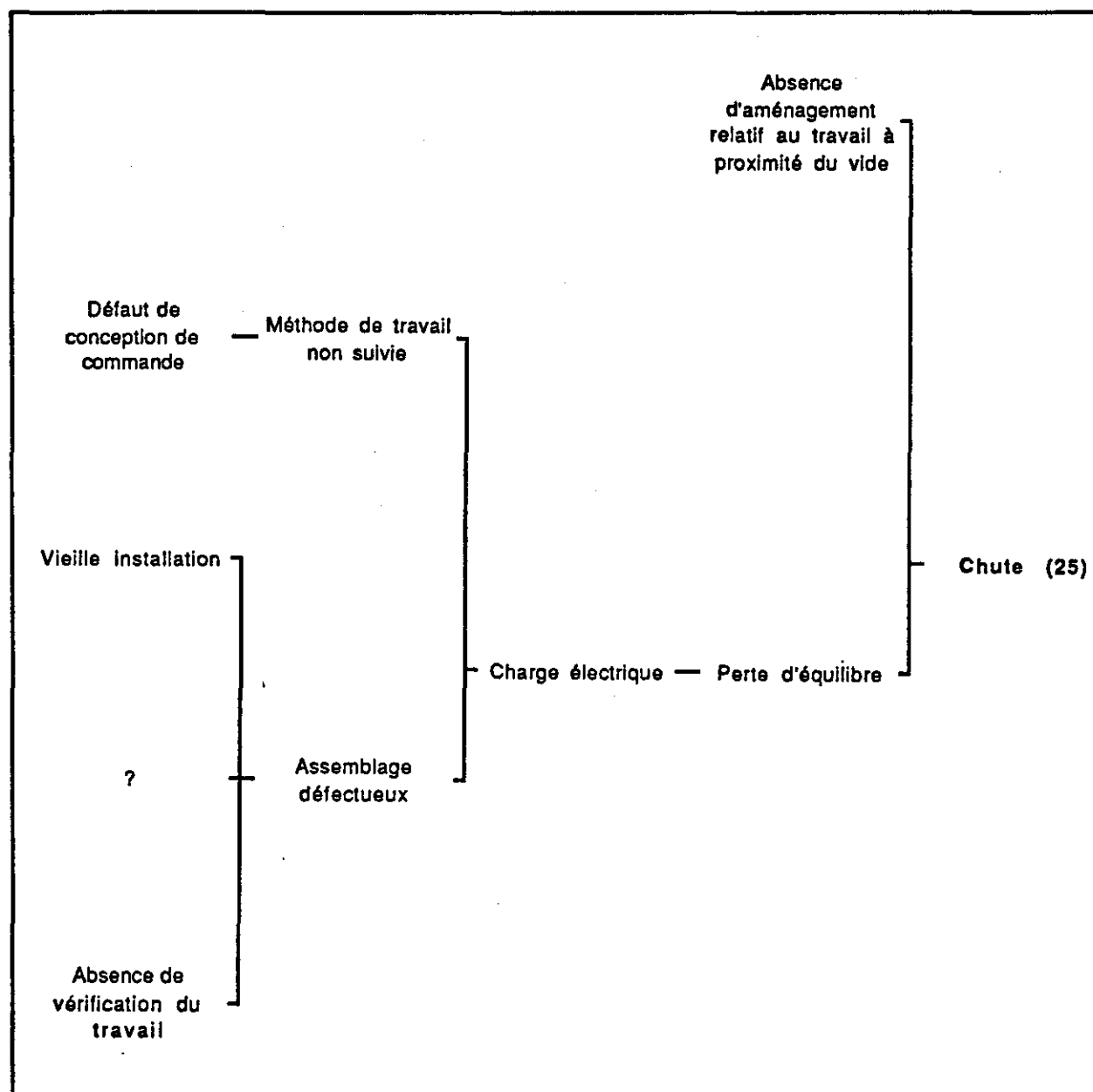
- La perte d'équilibre dans ces deux accidents est attribuable à un malaise dans une situation où l'installation de travail en hauteur est insuffisante (arbre de dysfonctionnements n° 6).
- L'information expliquant l'insuffisance des installations n'est pas disponible dans le cas de l'accident n° 19.
- Dans l'accident n° 46, le rapport mentionne que le chef d'équipe avait demandé au manoeuvre de placer une traverse intermédiaire sur l'échafaudage des briqueteurs. Cependant, la traverse n'a pas été mise en place car le manoeuvre arrivait à peine à alimenter les briqueteurs.



Arbre de dysfonctionnements n° 6

Choc électrique :

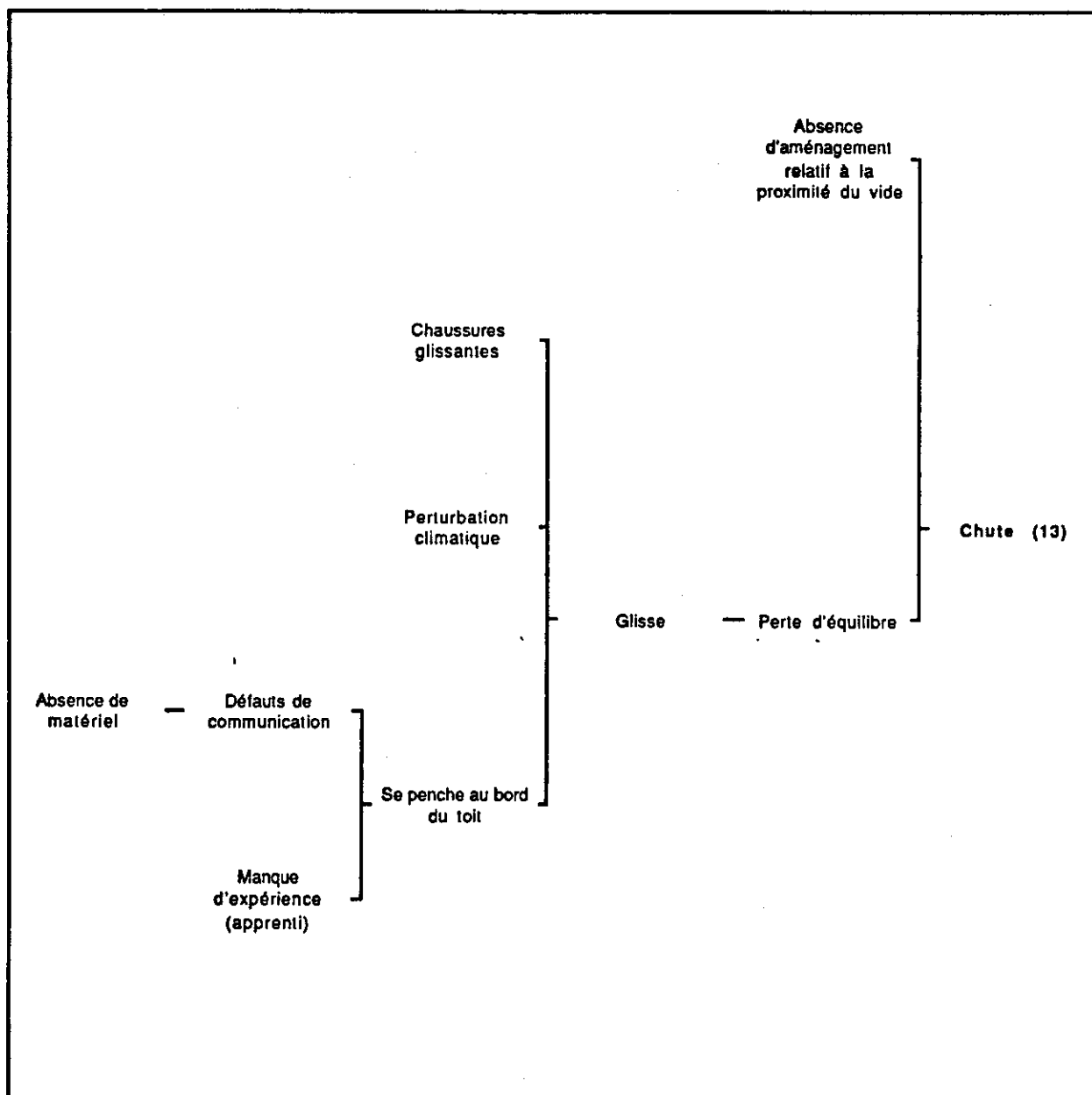
L'accident n° 25 (arbre de dysfonctionnements n° 7) se produit au moment où les deux travailleurs retirent le panneau d'une enseigne lumineuse placée au bord du toit. L'un d'eux tombe après avoir reçu un choc électrique en touchant le boîtier avec sa main. Le courant avait été remis un peu plus tôt pour permettre d'identifier les fluorescents à changer et n'avait pas été coupé (méthode non suivie). Il n'y a pas d'interrupteur au niveau de l'entrée de courant sur l'enseigne (défaut de conception des commandes). L'enquête a démontré qu'au cours d'un travail antérieur nécessitant le déplacement de l'enseigne, la mise à la terre de celle-ci n'avait pas été effectuée (assemblage défectueux et absence de vérification du travail). De plus, l'installation électrique étant ancienne, le tableau de distribution ne comportait pas non plus de mise à la terre (vieille installation).



Arbre de dysfonctionnements n° 7

Le travailleur glisse :

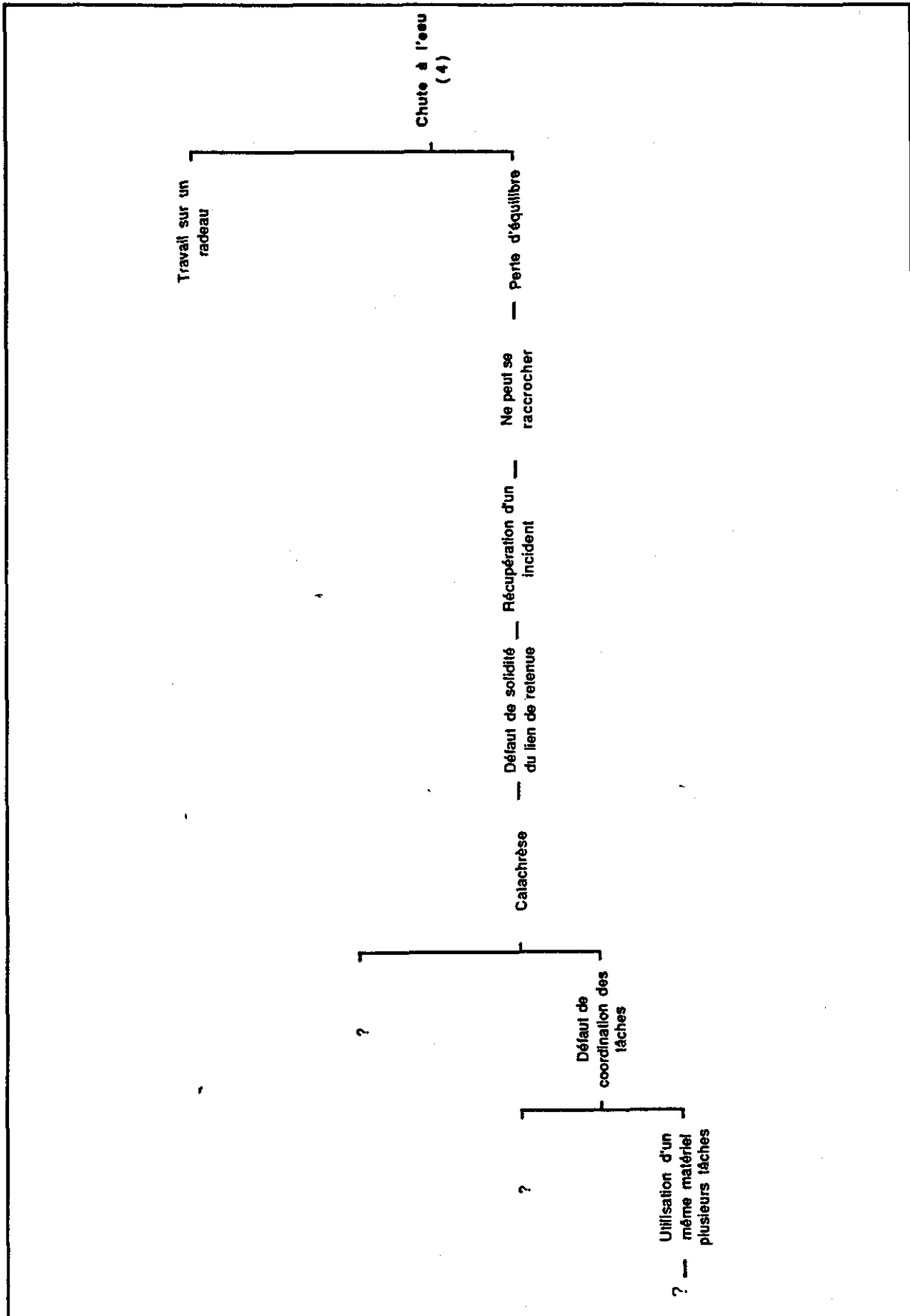
- L'apprenti couvreur se penche au bord du toit pour demander du goudron à ses collègues en bas de l'édifice. Il doit se pencher parce que ses collègues ne l'entendent pas et il n'a pas d'autre moyen de communication à sa disposition. Le rebord du toit est glissant à cause de la pluie et les chaussures de l'apprenti sont enduites de goudron. Le bord du toit n'a pas été aménagé de façon sécuritaire (arbre de dysfonctionnements n° 8).



Arbre de dysfonctionnements n° 8

Le travailleur saute :

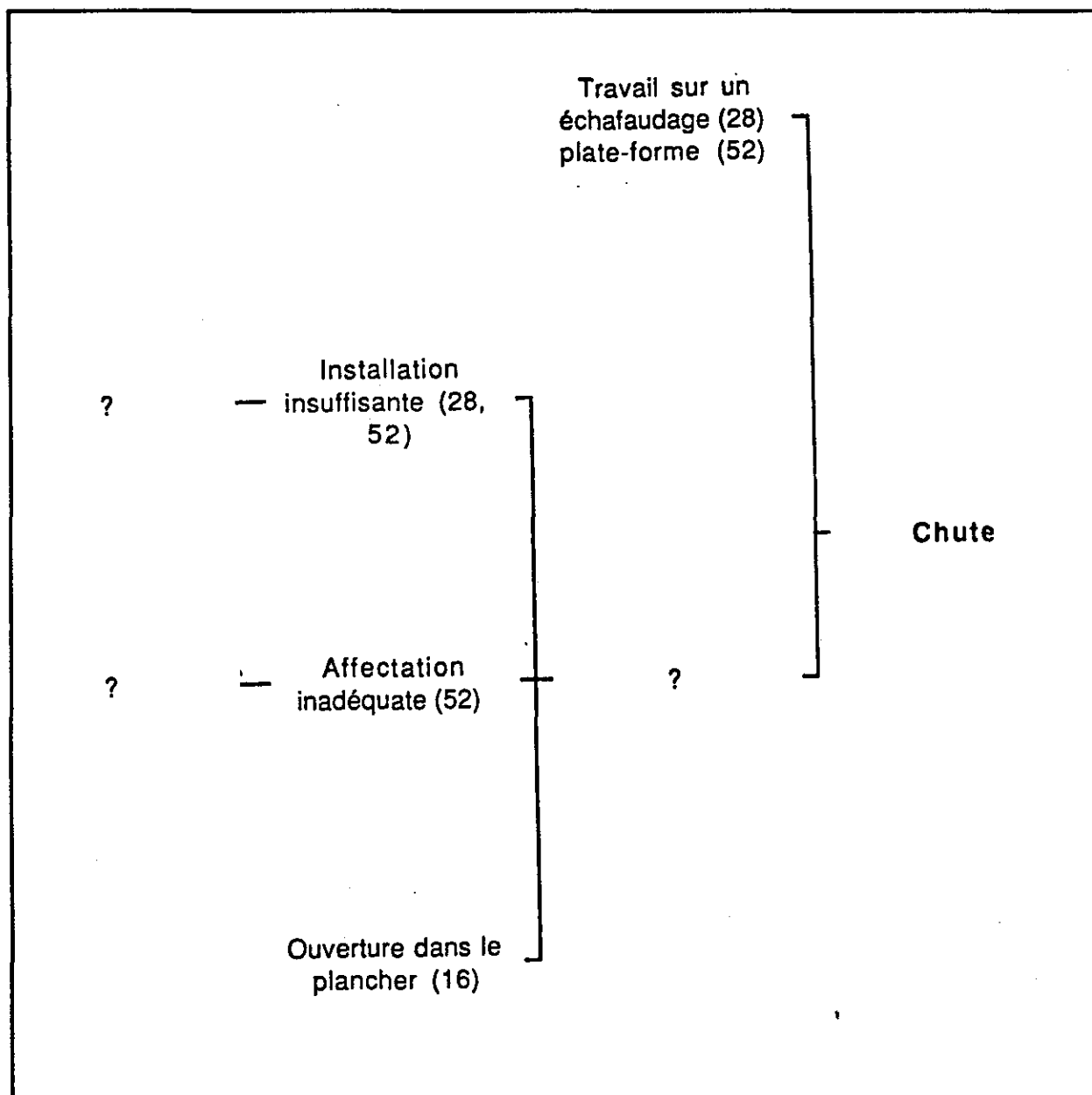
- L'accident n° 4 (arbre de dysfonctionnements n° 9) se produit pendant le déplacement d'un radeau le long de la pile d'un pont. Le lien maintenant le radeau se brise (défaut de solidité du lien de retenue) et le radeau est emporté par le courant. Le travailleur a donc choisi de sauter (récupération de l'incident) mais il n'a pu se raccrocher à la pile.
- La chaîne servant à retenir le radeau avait été prolongée avec une autre chaîne à laquelle elle était reliée par un cadenas (utilisation d'un équipement substitut ou catachrèse). Celui-ci s'est cassé sous l'effet des sollicitations des forces. Ce système a été utilisé par les travailleurs en l'absence du véhicule équipé d'un treuil, occupé à une autre tâche.



Arbre de dysfonctionnements n° 9

Accidents où le mode de perte d'équilibre est non déterminé

- Au moment de ces trois accidents (arbre de dysfonctionnements n° 10), les travailleurs se trouvent sur un plancher comportant une ouverture (accident n° 16), sur un plancher d'échafaudage (accident n° 28) ou sur une plate-forme de travail (accident n° 52).

**Arbre de dysfonctionnements n° 10**

Les travailleurs se déplacent sur les surfaces d'appui pour inspecter le travail (accident n° 16) ou transportent une plaque (accident n° 52). Dans l'accident n° 16, il s'agit de travaux de rénovation. L'installation mise en place n'est pas suffisante dans les accidents n° 28 et 52.

Dysfonctionnements relatifs à la perte d'équilibre

Dans ce type d'accident, le risque est associé à une installation déficiente des surfaces de travail en hauteur, ce qui entraîne des contraintes d'équilibre ou oblige les travailleurs à porter une plus grande attention aux zones de danger (ex : ouverture dans le plancher).

L'absence d'installations sécuritaires est peu documentée dans ces accidents. Au cours d'une étude antérieure sur les travaux de coffrage (Toulouse, Chicoine, 1988), nous avons remarqué ces problèmes dont l'origine semble liée à l'absence de prévisions du matériel ou de l'équipement permettant une installation adéquate, compte tenu du travail à faire et de l'espace disponible.

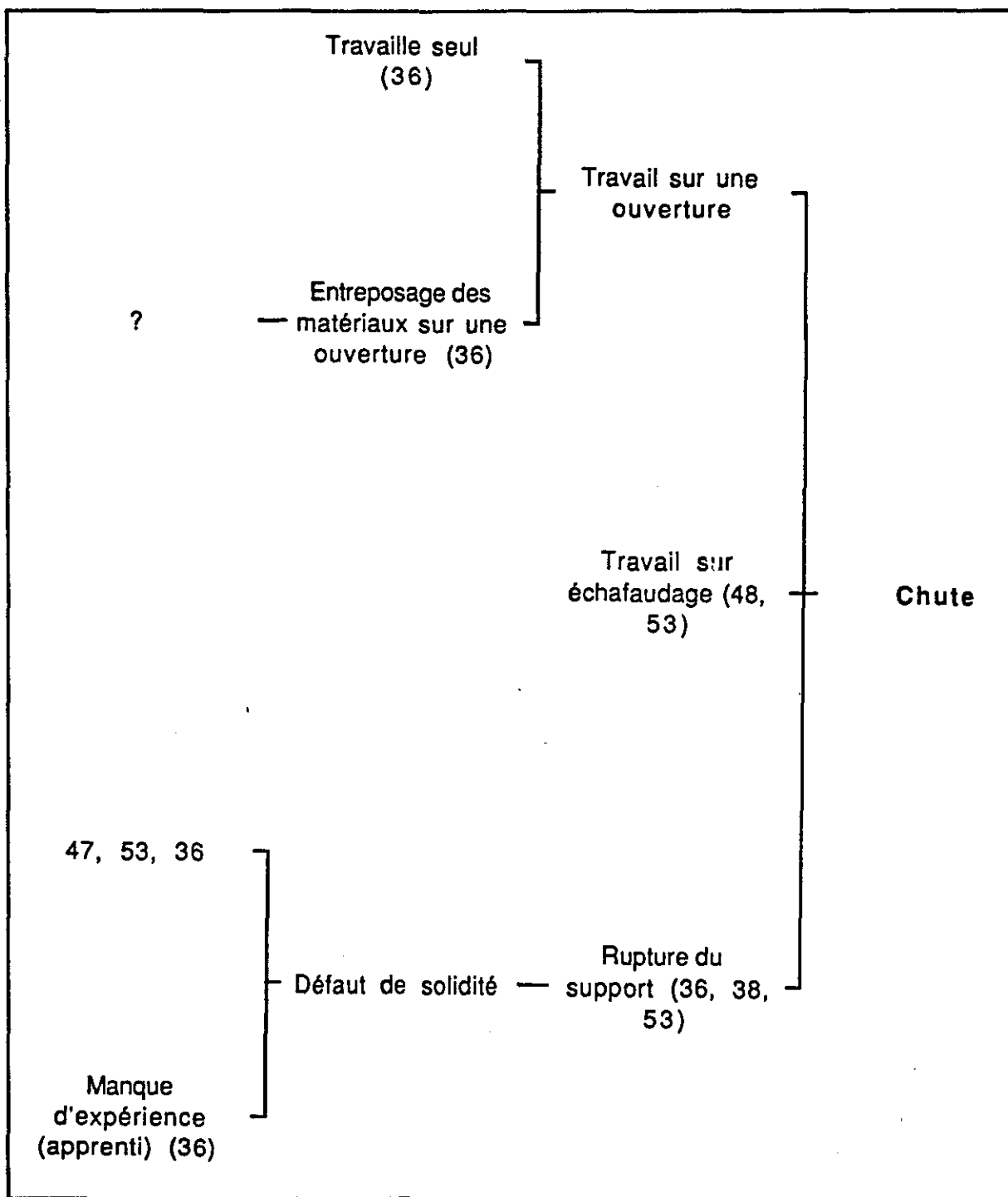
Puisque cette planification fait défaut, les travailleurs improvisent selon leur expérience en utilisant les matériaux disponibles à proximité du lieu de travail.

Rupture de la surface d'appui

Les accidents provoqués par la rupture de la surface d'appui concernent différents types de supports: supports indépendants (6 accidents), structures en construction ou en rénovation (6 accidents).

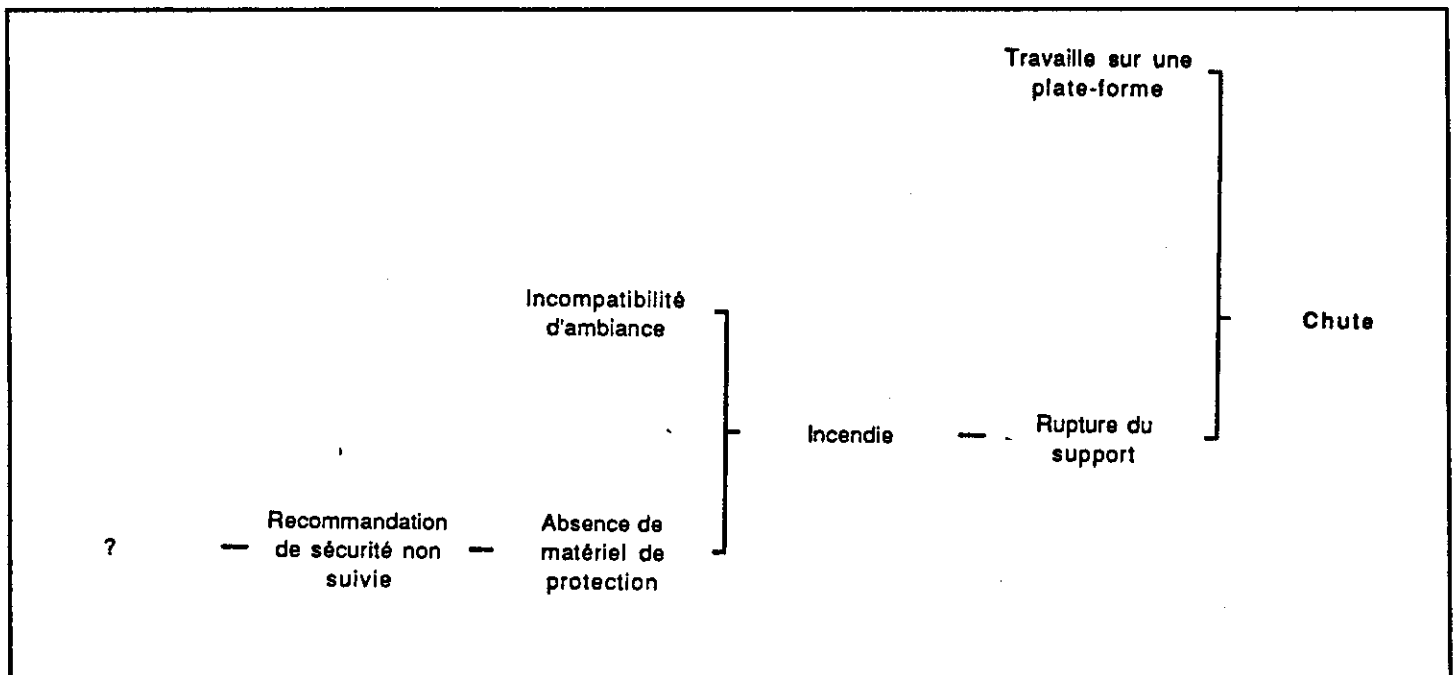
Supports indépendants

- L'arbre de dysfonctionnements n° 11 décrit les accidents n° 36, 48 et 53.
- Dans le cas des accidents n° 48 et 53, les matériaux servant de surfaces d'appui sont défectueux. Ils présentent des faiblesses d'origine inconnue.



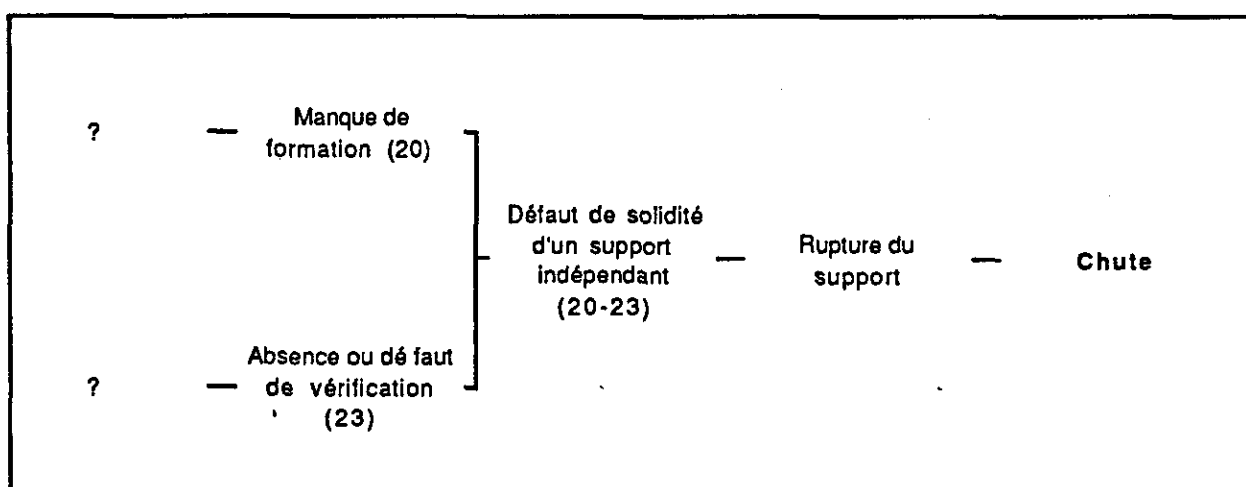
Arbre de dysfonctionnements n° 11

- Dans l'accident n° 36, le support n'est pas fixé. Le travailleur est un apprenti. Les raisons pour lesquelles les matériaux sont entreposés sur l'ouverture de ventilation ne sont pas mentionnées. Le fait que l'apprenti travaille seul peut expliquer pourquoi il a dû placer un appui sur l'ouverture pour compléter le débâchage des panneaux de gypse.
- La rupture de la surface d'appui dans l'accident n° 45 (arbre de dysfonctionnements n° 12) est due à un incendie qui a entraîné la rupture des câbles de soutien de la plate-forme à l'intérieur de la cheminée. L'incendie a été déclenché par des étincelles au contact desquelles la surface du cône à la base de la cheminée s'est enflammée (incompatibilité d'ambiance). Les étincelles étaient produites par le procédé de gougeage. L'utilisation d'une couverture d'amiante pour bloquer l'ouverture de la plate-forme de travail avait été recommandée dans le but d'éviter la projection d'étincelles dans le cône (recommandation de sécurité non suivie). Les raisons expliquant l'absence de la couverture d'amiante ne sont pas mentionnées.



Arbre de dysfonctionnements n° 12

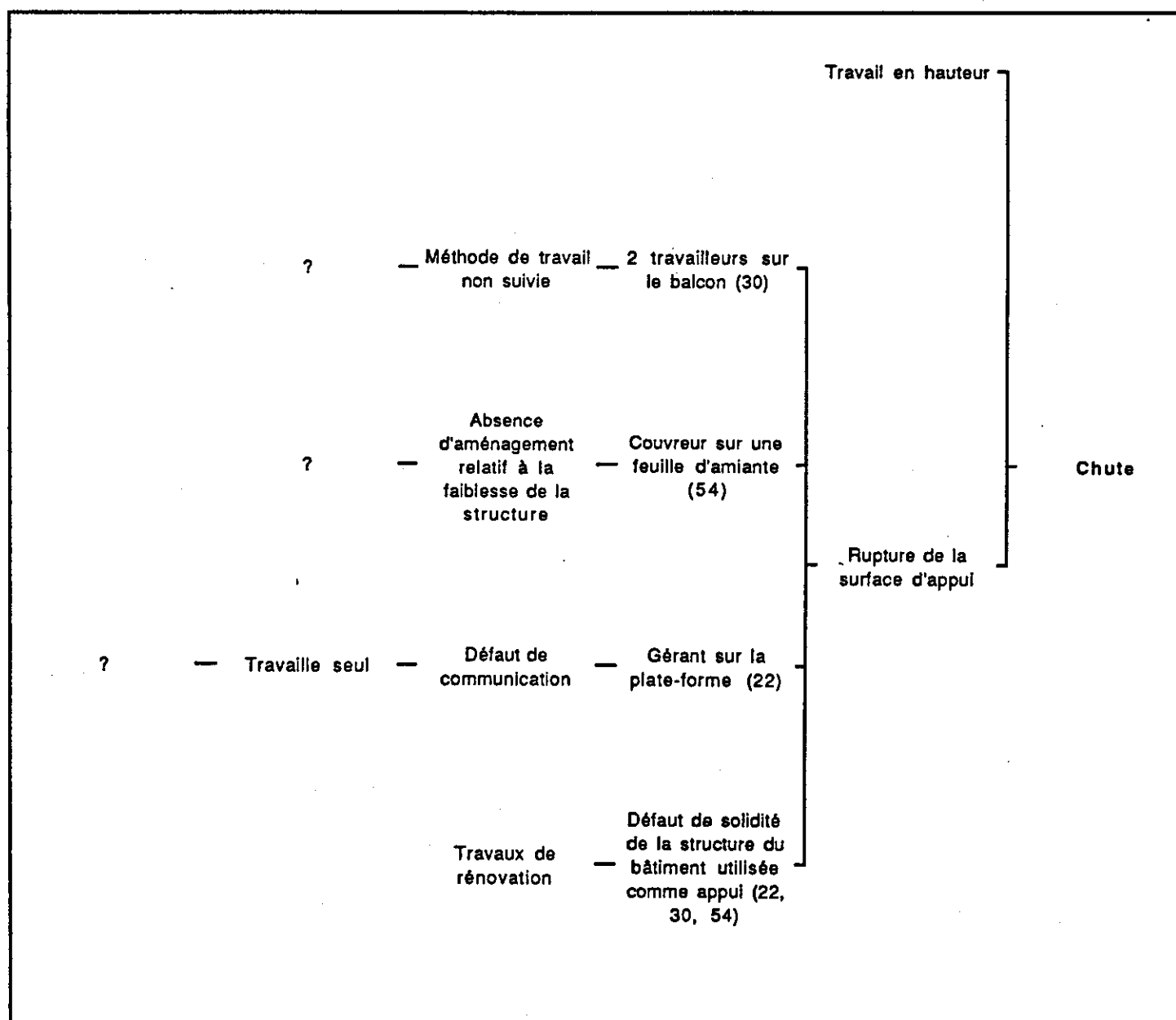
- Les supports utilisés sont des équipements de travail en hauteur (arbre de dysfonctionnements n° 13). Le défaut de solidité du support dans l'accident n° 20 est dû à l'insuffisance des contrepoids permettant de maintenir l'échafaudage volant. Cette insuffisance est liée à l'absence de formation des travailleurs sur l'utilisation d'un tel équipement.
- Dans l'accident n° 23, la mauvaise qualité des soudures explique le défaut de solidité. Cette mauvaise qualité n'a pas été détectée parce que les soudures n'ont pas été vérifiées à la suite d'une réparation ou encore qu'elles ont été mal vérifiées.



Arbre de dysfonctionnements n° 13

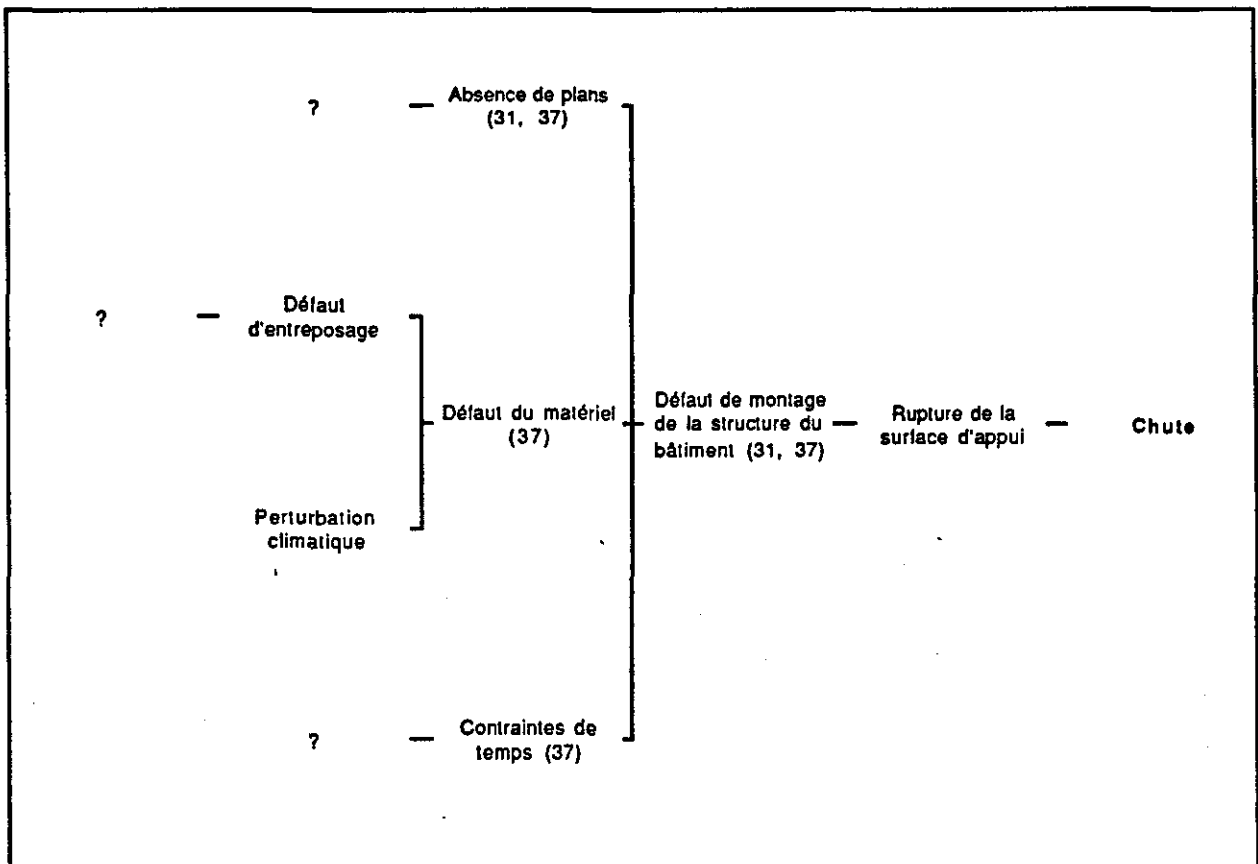
Structure de bâtiment en construction ou en rénovation

- Lors de ces accidents (arbre de dysfonctionnements n° 14), la structure en rénovation sur laquelle les personnes prennent appui n'est pas solide.
- Les raisons expliquant l'utilisation d'une structure instable sont les suivantes : le défaut de communication (accident n° 22), l'absence d'aménagement (accident n° 54) et la méthode non suivie (accident n° 30).



Arbre de dysfonctionnements n° 14

- La rupture de la structure en construction servant d'appui est due à un mauvais montage (arbre de dysfonctionnements n° 15). L'enquête fait ressortir l'absence de plans dans les deux accidents (n° 31 et 37). De plus, dans l'accident n° 37, certains matériaux sont défectueux à cause de leur exposition aux intempéries, et le travail est en retard.



Arbre de dysfonctionnements n° 15

Dysfonctionnements concernant la rupture de la surface d'appui

Deux problèmes relatifs aux surfaces d'appui occasionnent leur rupture.

Le premier réside dans la qualité des matériaux ou des équipements utilisés. Cette qualité n'est pas toujours facile à évaluer par une simple inspection visuelle. Il est difficile par exemple de déterminer d'un seul coup d'oeil le degré de détérioration d'un madrier ou d'un plancher en rénovation. Les dysfonctionnements indiquant les raisons pour lesquelles ces matériaux détériorés ont été utilisés ne sont pas mentionnés dans les rapports.

Le second problème concerne la qualité du montage ou des méthodes de démolition. Les principaux dysfonctionnements relatifs au montage sont les problèmes de plan, d'expérience ou de formation et finalement de planification des méthodes de travail.

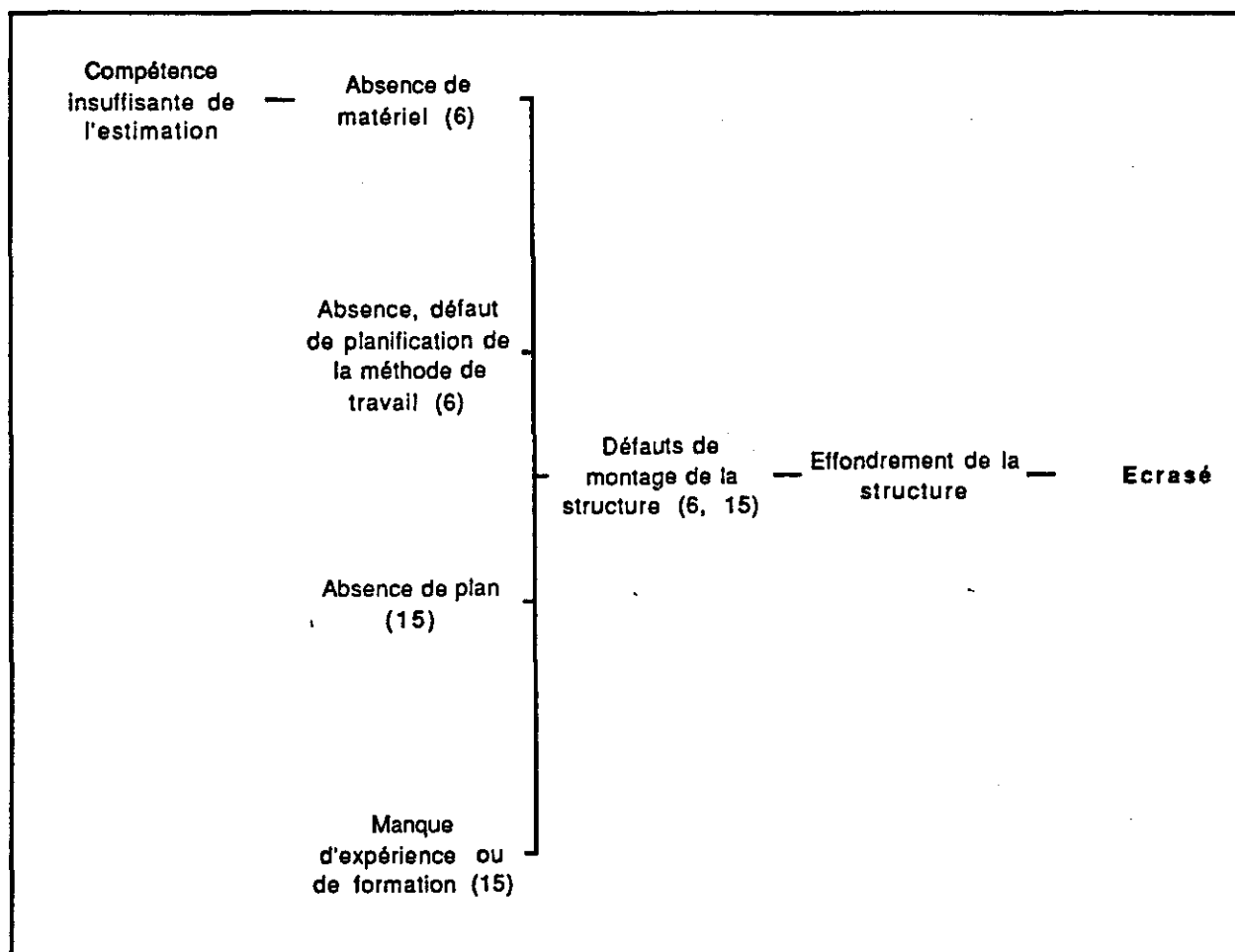
4.2.2 Écrasement

Les accidents appartenant à cette catégorie sont les suivants : effondrement de structure (4 accidents), mouvement incontrôlé du matériel (2 accidents), renversement du matériel (1 accident).

Effondrement de la structure

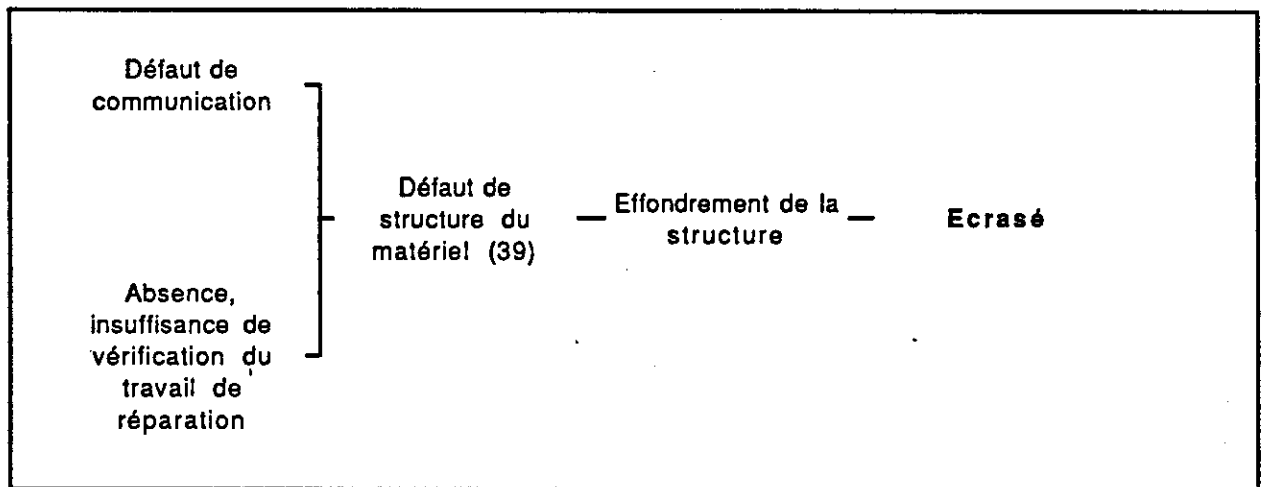
Les quatre cas correspondant à ce type d'accident se sont produits dans des circonstances très différentes.

- L'arbre de dysfonctionnements n° 16 fait la synthèse des accidents n° 6 et 15. L'accident n° 6 s'est produit lors de travaux de rénovation visant à renforcer la structure d'un solarium.



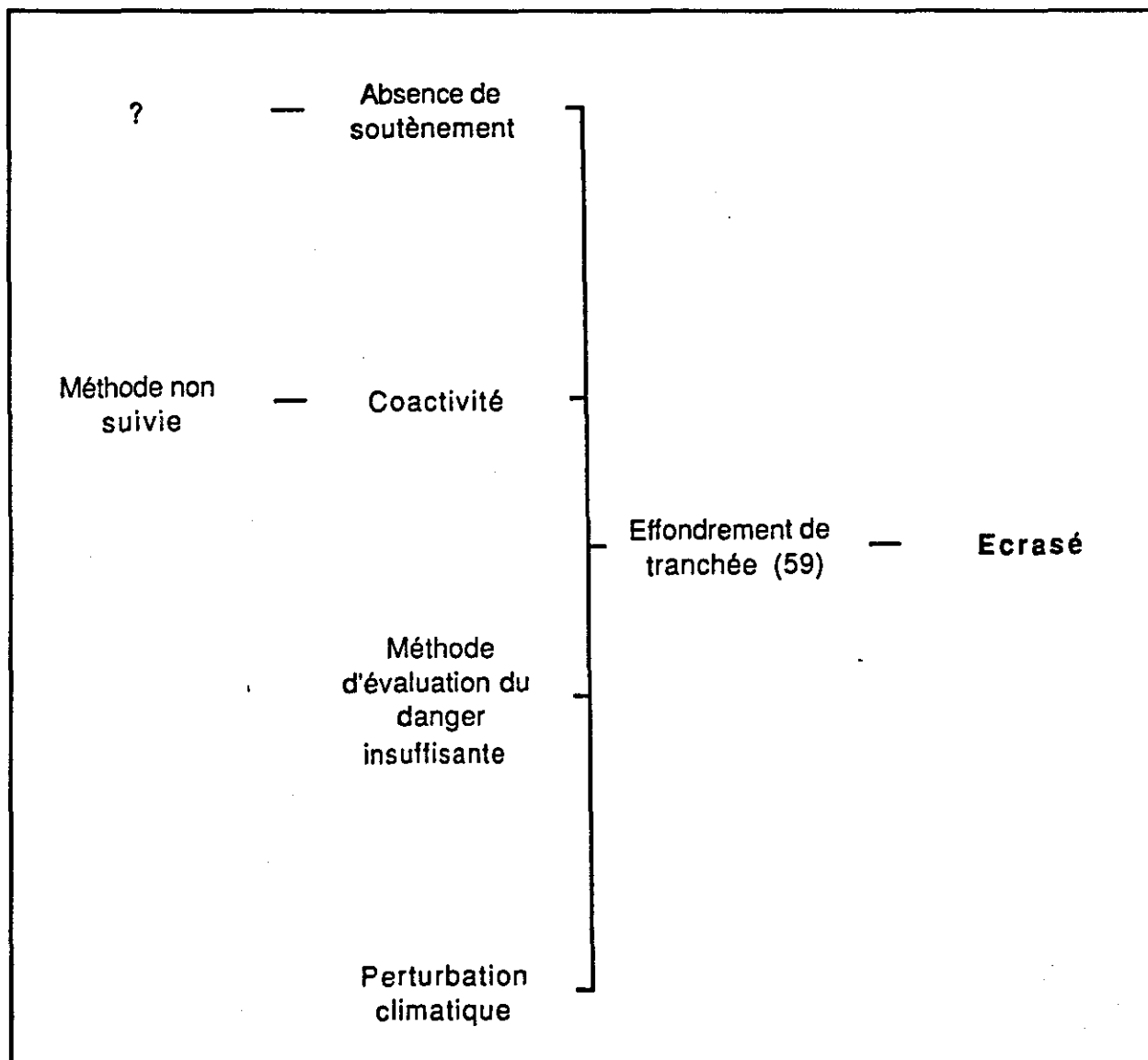
Arbre de dysfonctionnements n° 16

- L'effondrement est dû à l'insuffisance des contreventements temporaires (défaut de montage de la structure) du fait de vérins métalliques pas assez nombreux (absence de matériel). L'enquête a révélé que l'estimation des travaux avait été réalisée sans que les procédures nécessaires pour effectuer ce travail soient définies (absence de planification de la méthode de travail). L'estimateur n'avait pas les compétences nécessaires.
- L'accident n° 15 correspond à l'effondrement d'un toit en construction. Le montage du toit est inadéquat : l'espacement entre les mini-fermes n'est pas respecté, les mini-fermes à l'avant sont absentes, les travailleurs enlèvent les contre-plaquéés temporaires pour poser les contre-plaquéés permanents. En l'absence de plans, les travailleurs ont effectué le montage du toit en se référant à une méthode déjà utilisée sur un autre chantier.
- L'arbre de dysfonctionnements n° 17 décrit un accident concernant le défaut de structure d'un matériel (pompe à béton). Le défaut de communication correspond à l'insuffisance d'indications quant aux réparations à effectuer. Celles-ci sont signalées uniquement par une marque de peinture. Soulignons également l'absence ou l'insuffisance de vérification des réparations.



Arbre de dysfonctionnements n° 17

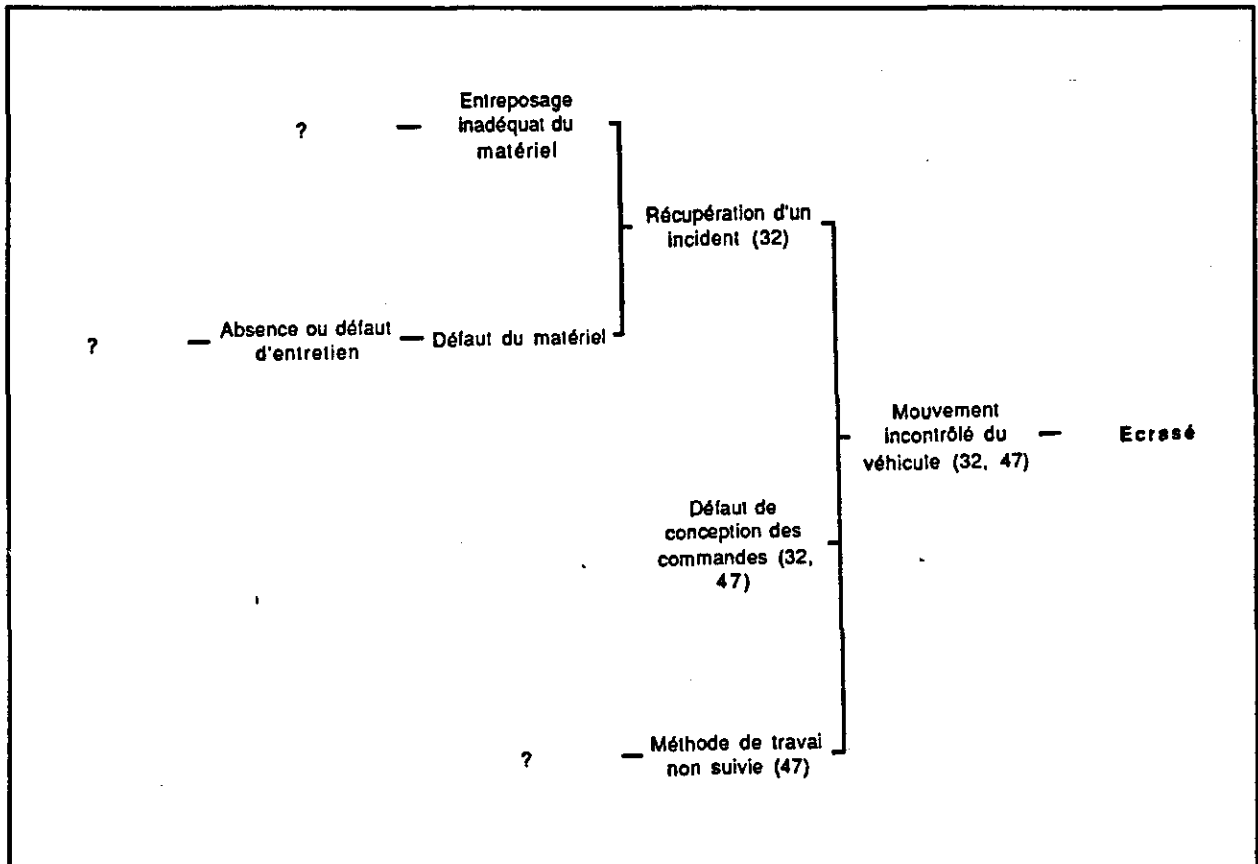
- L'arbre de dysfonctionnements n° 18 décrit un écrasement causé par l'effondrement d'une tranchée non étançonnée. Après la pluie, on a procédé à une simple inspection visuelle de la tranchée. De plus, un équipement lourd s'est approché de la tranchée pour effectuer le nettoyage de la rue (coactivité). La présence d'un tel équipement à proximité du site de travail n'est pas sécuritaire car elle peut affecter la stabilité des parois de la tranchée.



Arbre de dysfonctionnements n° 18

Mouvement incontrôlé d'un véhicule

- L'arbre de dysfonctionnements n° 19 fait apparaître les défauts de conception des commandes; celles-ci ne permettent pas aux conducteurs de faire face à la situation d'incident.

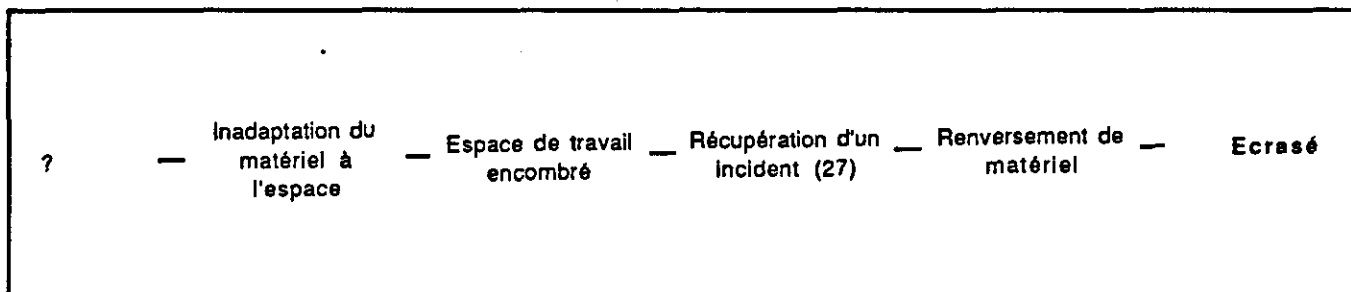


Arbre de dysfonctionnements n° 19

- Dans l'accident n° 32, il s'agit de la récupération d'un incident provoqué par un défaut du véhicule et par l'entreposage inadéquat de matériaux. L'utilisation du véhicule défectueux pose le problème de son entretien. Dans l'accident n° 47, la méthode de travail habituelle n'est pas suivie à cause de l'utilisation des freins de la remorque comme frein de stationnement. Ces freins ne possèdent pas de position de blocage.

Renversement de matériel

- L'accident décrit par l'arbre de dysfonctionnements n° 20 se déroule dans la cour d'un entrepreneur où sont entreposées des piles de panneaux. Un madrier gêne le déplacement d'un chariot élévateur (espace de travail encombré). Le madrier est coincé sous une pile. Pour le dégager, le manoeuvre donne une poussée afin d'obtenir un mouvement de bascule (récupération d'un incident), mais la pile se renverse sur lui. Le madrier servant de support à la pile de panneaux était trop long (inadaptation du matériel à l'espace).



Arbre de dysfonctionnements n° 20

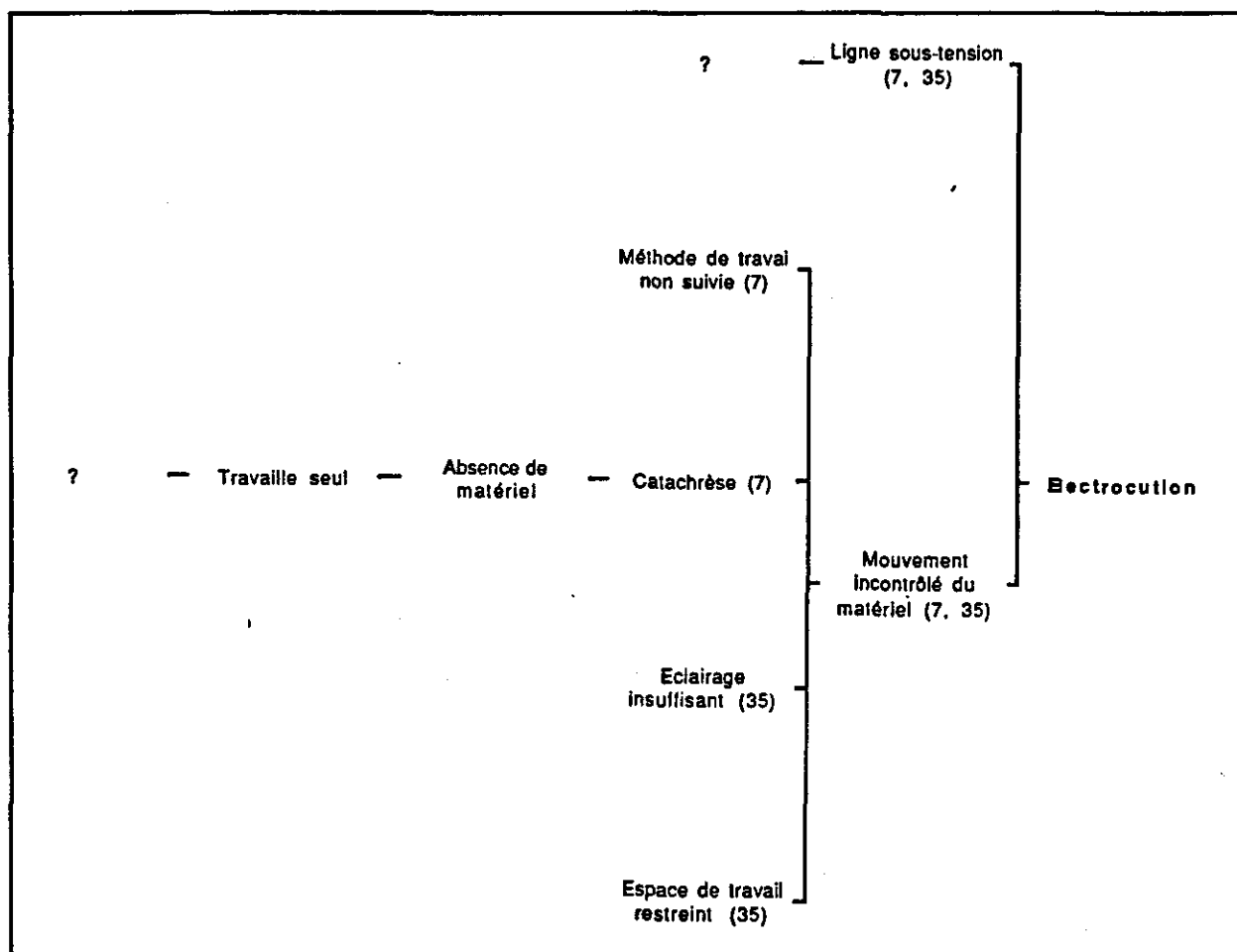
4.2.3 Électrocution

Les accidents par électrocution sont au nombre de huit. L'accident le plus fréquent est le mouvement incontrôlé du matériel (6 accidents). La perte d'équilibre par glissade et l'utilisation d'un outil électrique à proximité d'une ligne à haute tension correspondent chacun à un accident.

Mouvement incontrôlé du matériel

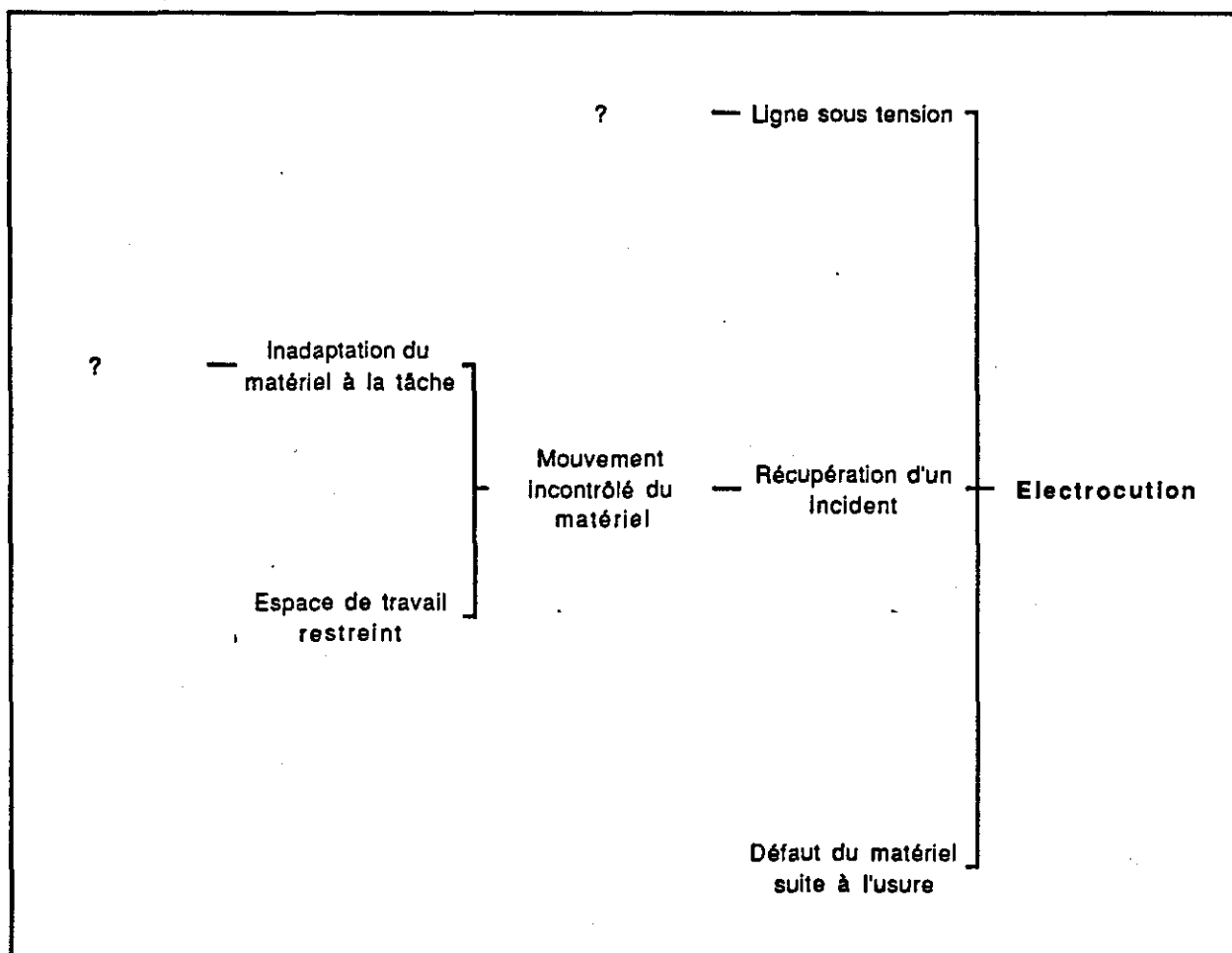
Deux accidents sont caractérisés par l'utilisation dans une tranchée d'outils ou de matériaux pouvant être dangereux à cause de la proximité de conduits renfermant des câbles à haute tension (arbre de dysfonctionnements n° 21).

- Dans le cas de l'accident n° 7, le manoeuvre utilise un marteau pneumatique pour enlever un morceau de béton (catachrèse). Il n'y a pas de pic disponible. De plus, les procédures de travail ne sont pas respectées du fait de l'absence d'un garde en U renversé pour protéger les conduits. Son compagnon travaille plus loin (le manoeuvre travaille seul). Le marteau piqueur brise le conduit et la décharge électrique renverse le travailleur.
- L'accident n° 35 se produit pendant une opération de décoffrage. Au moment où le travailleur exerce une forte pression pour décoffrer une pièce de bois solidement calée, celle-ci cède soudainement et s'écrase sur le câble de distribution. Un clou pénètre dans le câble, produisant un arc électrique. L'espace de travail était restreint et mal éclairé.



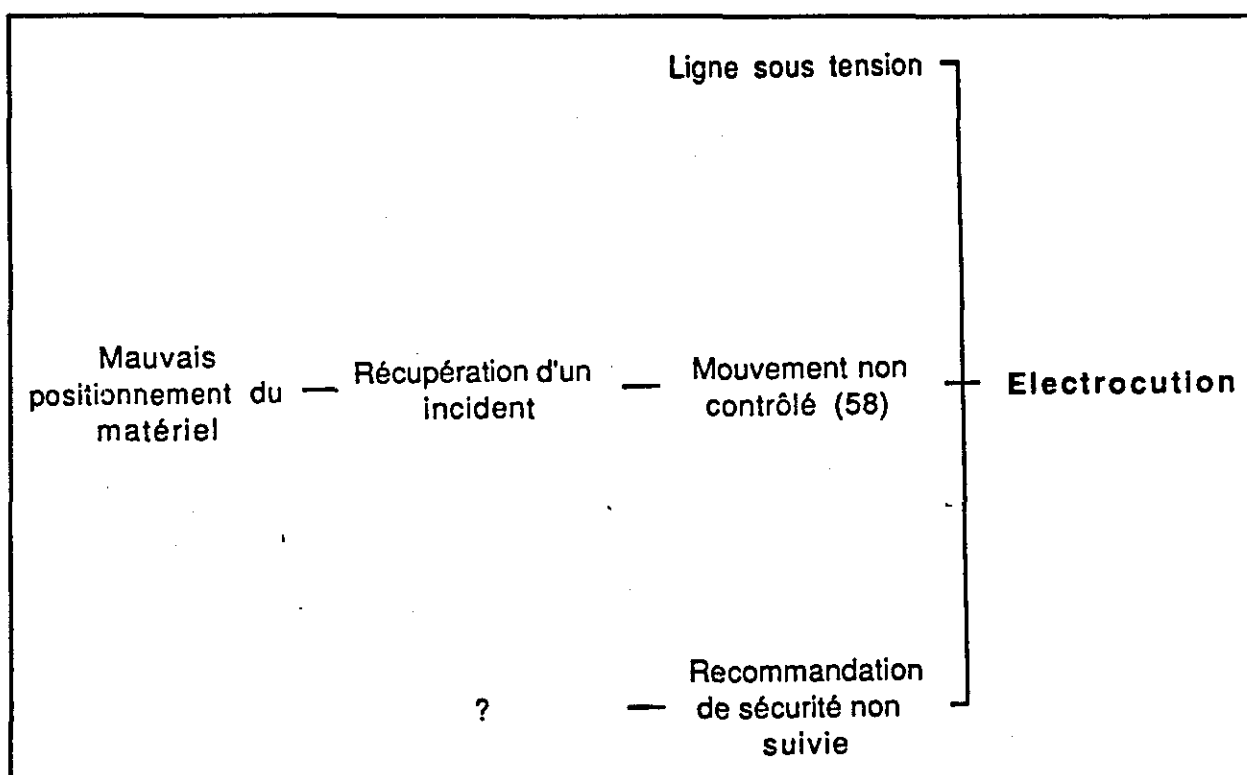
Arbre de dysfonctionnements n° 21

- L'accident n° 34 (arbre de dysfonctionnements n° 22) se déroule également à l'intérieur d'une tranchée. La cloche en plastique qui doit relier la gaine protectrice du câble sous tension (12 000 V) au coffrage en bois est sciée longitudinalement d'un côté et partiellement de l'autre afin de permettre qu'elle soit enfilée autour du câble. Ces cloches sont conçues pour être mises en place lorsque les câbles électriques ne sont pas encore installés (inadaptation du matériel à la tâche). Dans la cloche, les trous devant recevoir les clous sont orientés en direction du câble. Le charpentier-menuisier courbe les clous pour les enfoncer. Après avoir cloué un côté, il a de la difficulté à fixer l'autre. L'espace est restreint. Il arrache un clou mal planté et replace la cloche ainsi que le câble avec un collègue venu l'aider. En déplaçant le câble, endommagé lors du cassage du béton, il agrandit la fissure faite par le clou qu'il tentait d'enfoncer (récupération d'incident). C'est à ce moment qu'un arc électrique se produit.



Arbre de dysfonctionnements n° 22

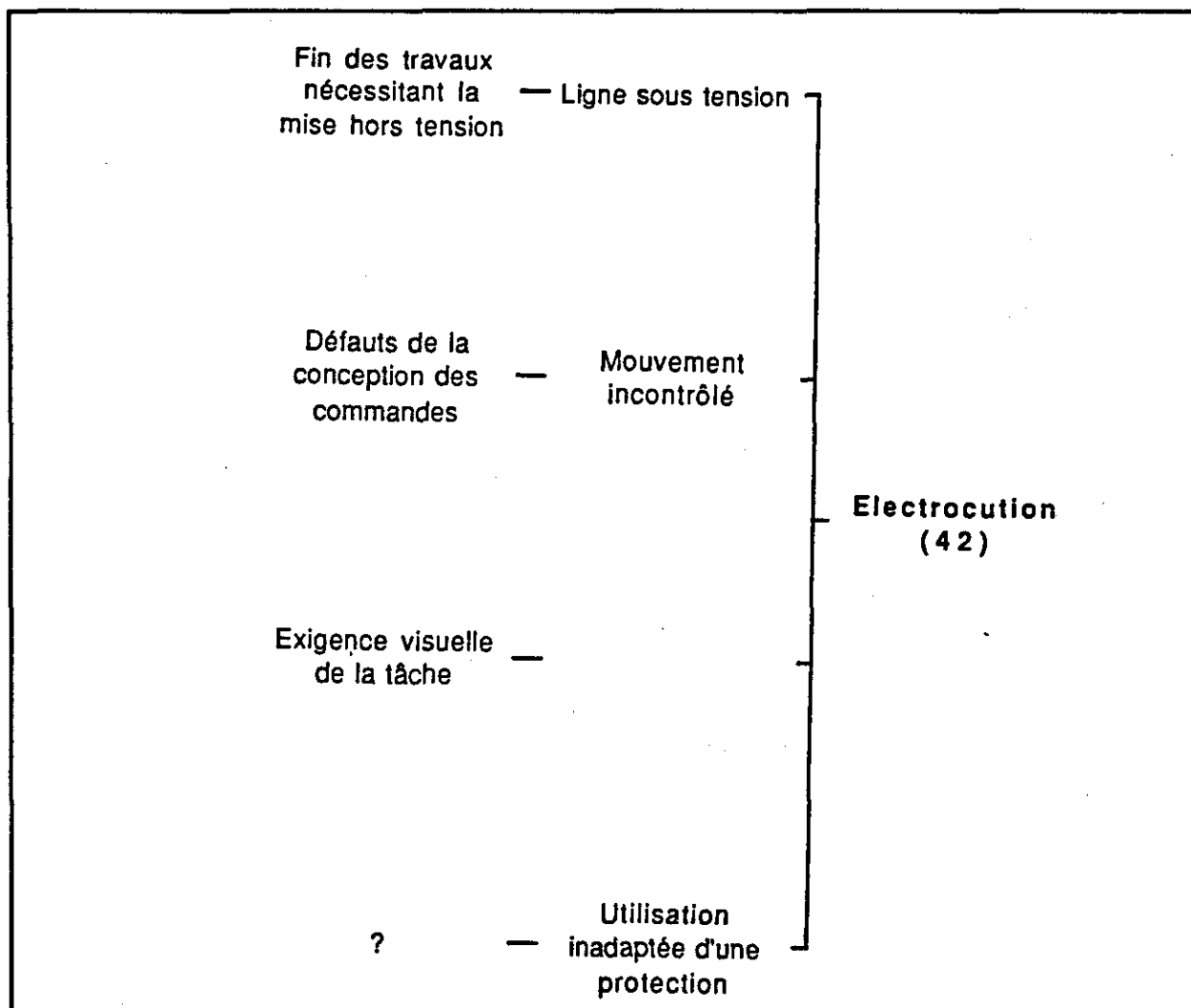
- L'accident n° 58 (arbre de dysfonctionnements n° 23) survient lors de l'installation d'une moulure en aluminium au bord du toit, à proximité d'une ligne électrique sous tension de 25 kV. Le travailleur se trouve sur une échelle en aluminium. La moulure est à l'envers. Il la passe derrière lui pour la retourner (récupération d'incident). La moulure touche au fil électrique. Les mouvements du travailleur étaient restreints par la proximité de la ligne électrique. Les recommandations de sécurité concernant le travail sur une échelle à proximité d'une ligne électrique n'ont pas été suivies (échelle en aluminium).



Arbre de dysfonctionnements n° 23

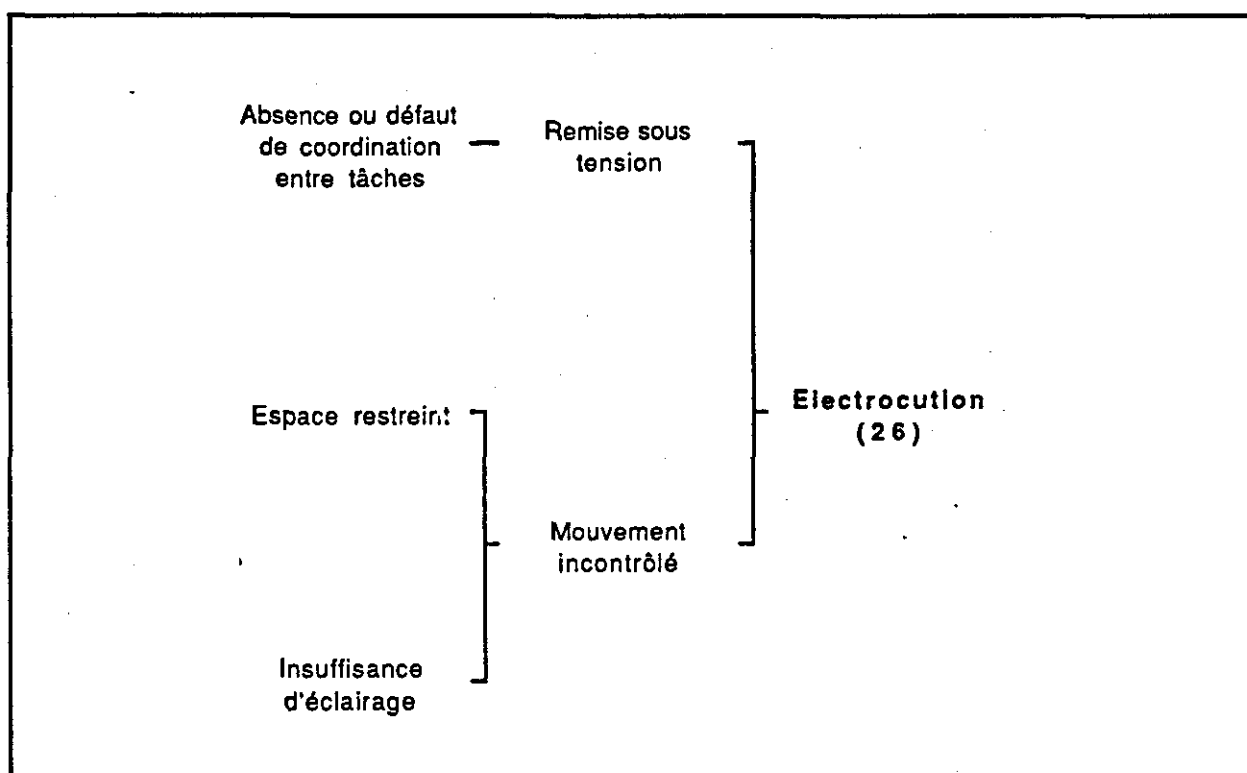
- L'accident n° 42 (arbre de dysfonctionnements n° 24) survient alors qu'il reste à installer des transformateurs, ce qui se fait généralement sans interruption du courant.

Le travailleur veut descendre la nacelle vide qui se trouve près de la ligne électrique. Il tourne le dos au tableau de commande pour voir le déplacement de la nacelle et actionne la mauvaise commande. La nacelle se déplace en sens opposé et touche la ligne électrique. Le travailleur a un pied à l'extérieur du tapis isolant et est électrocuté. Le contrôle visuel restreint peut expliquer la position du travailleur. Dans cet accident, il est également nécessaire de prendre en considération la conception des commandes : un même déplacement de deux manettes voisines peut entraîner un mouvement en sens contraire du mât.



Arbre de dysfonctionnements n° 24

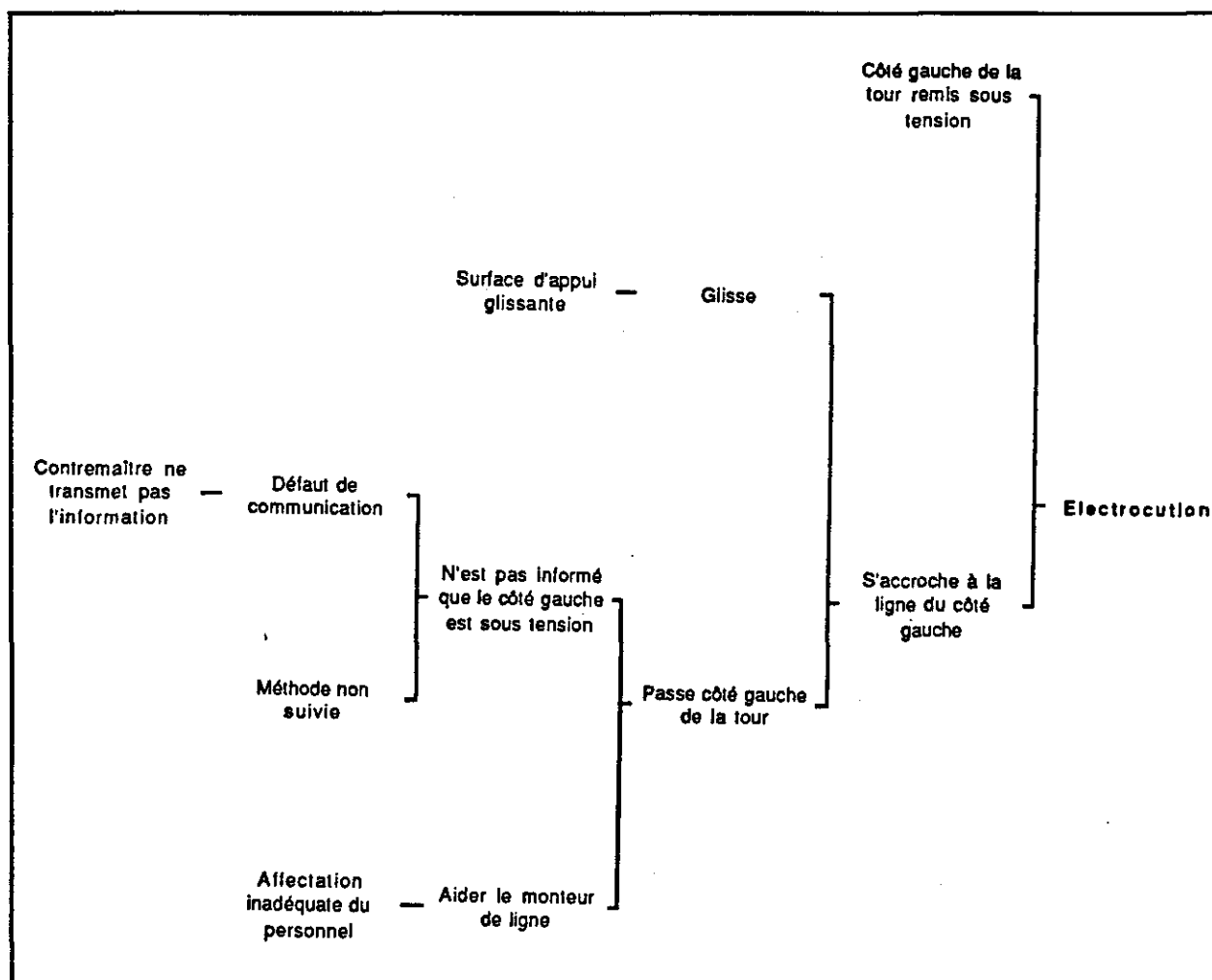
- Dans l'accident n° 26 (arbre de dysfonctionnements n° 25), lors de l'installation d'un interrupteur sur un panneau d'alimentation, le premier électricien visse les bornes de l'interrupteur une fois celui-ci installé alors que cela aurait pu être fait avant. Au même moment, le second électricien s'occupe du raccordement du panneau (absence ou défaut de coordination entre les tâches). Le premier électricien doit garder les bras en l'air pour visser, le poste de travail est encombré et mal éclairé. Le tournevis glisse et entre en contact avec la zone de l'interrupteur qui est sous tension.



Arbre de dysfonctionnements n° 25

Le travailleur glisse

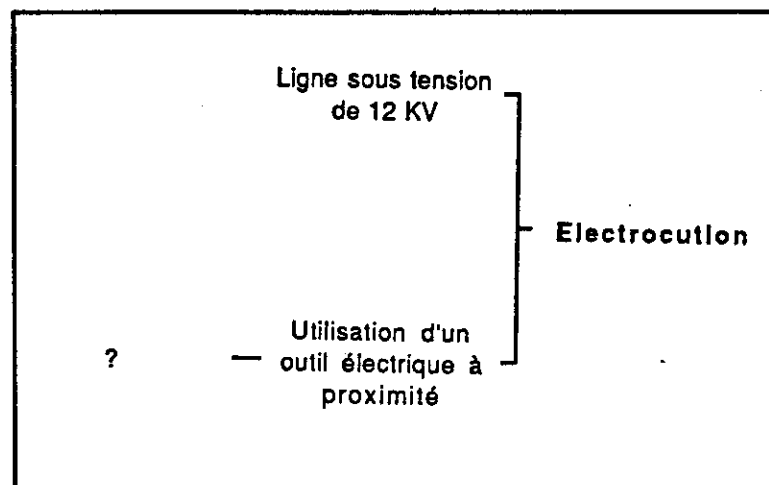
- Dans l'accident n° 41 (arbre de dysfonctionnements n° 26), l'opérateur de machine grimpe sur la tour métallique pour aider le monteur (affectation inadéquate de personnel), comme il a l'habitude de le faire. Pour contourner le monteur, il passe du côté Est de la tour. Il ignore que le côté Est a été remis sous tension (défaut de communication). Le monteur ne s'est pas procuré le permis de travail, c'est le contremaître qui l'a (méthode non suivie). Ce dernier n'a pas jugé bon d'avertir le monteur de la remise sous tension du côté Est car le travail doit s'effectuer du côté ouest, demeuré hors tension. L'opérateur de machine glisse sur une traverse glacée et se rattrape au câble électrique du côté Est.



Arbre de dysfonctionnements n° 26

Utilisation d'un outil électrique à proximité d'une ligne à haute tension

Afin de couper le pourtour d'un toit, le travailleur s'installe sur le pignon, à proximité d'une ligne électrique de 12 kV (arbre de dysfonctionnements n° 27). Un arc électrique se produit entre la ligne et la scie électrique.



Arbre de dysfonctionnements n° 27

Dysfonctionnements relatifs à l'électrocution

La plupart des personnes accidentées par électrocution ne travaillaient pas directement sur les lignes électriques mais à proximité. Ces accidents révèlent des problèmes de prévision du matériel adéquat et de planification des tâches. En effet, particulièrement lors du travail dans les tranchées, les personnes doivent effectuer des tâches nécessitant l'exercice de forces importantes avec des outils pointus, dans des espaces restreints et à proximité des câbles électriques.

Au niveau des individus, ces accidents révèlent des problèmes relatifs aux consignes de sécurité. On n'en connaît cependant pas l'origine. Il peut s'agir de problèmes de formation, de psychopathologie du travail ou de contraintes organisationnelles. Il existe également des dysfonctionnements relatifs au travail en équipe et reliés à la coordination des tâches et à la communication.

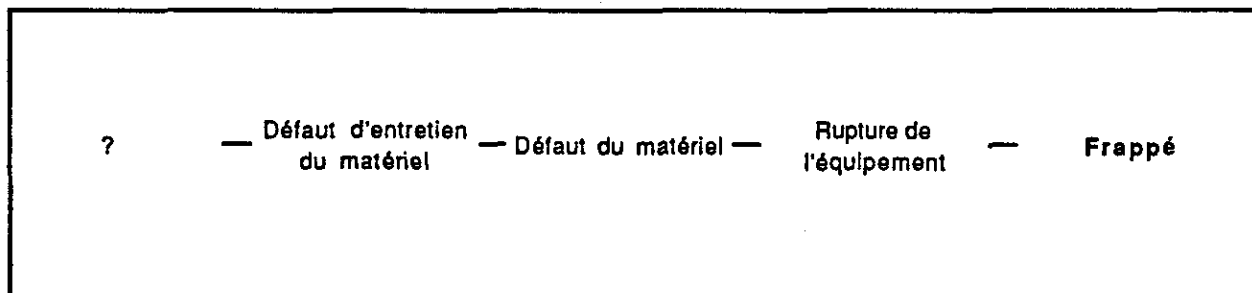
4.2.4 Travailleur frappé

Les trois accidents dans lesquels le travailleur est frappé sont classés selon qu'il s'agit de la rupture d'un équipement (accident n° 49) ou de la projection de matériel (accidents n° 50 et 57).

Rupture d'un équipement

Afin de tendre le hauban d'un pylône, un travailleur utilise un tire-fort (arbre de dysfonctionnements n° 28). Il est penché au-dessus du tire-fort quand celui-ci cède brusquement.

L'enquête mentionne que le tire-fort était défectueux. Le tire-fort avait été inspecté au début du contrat mais aucun suivi d'entretien n'a été assuré.

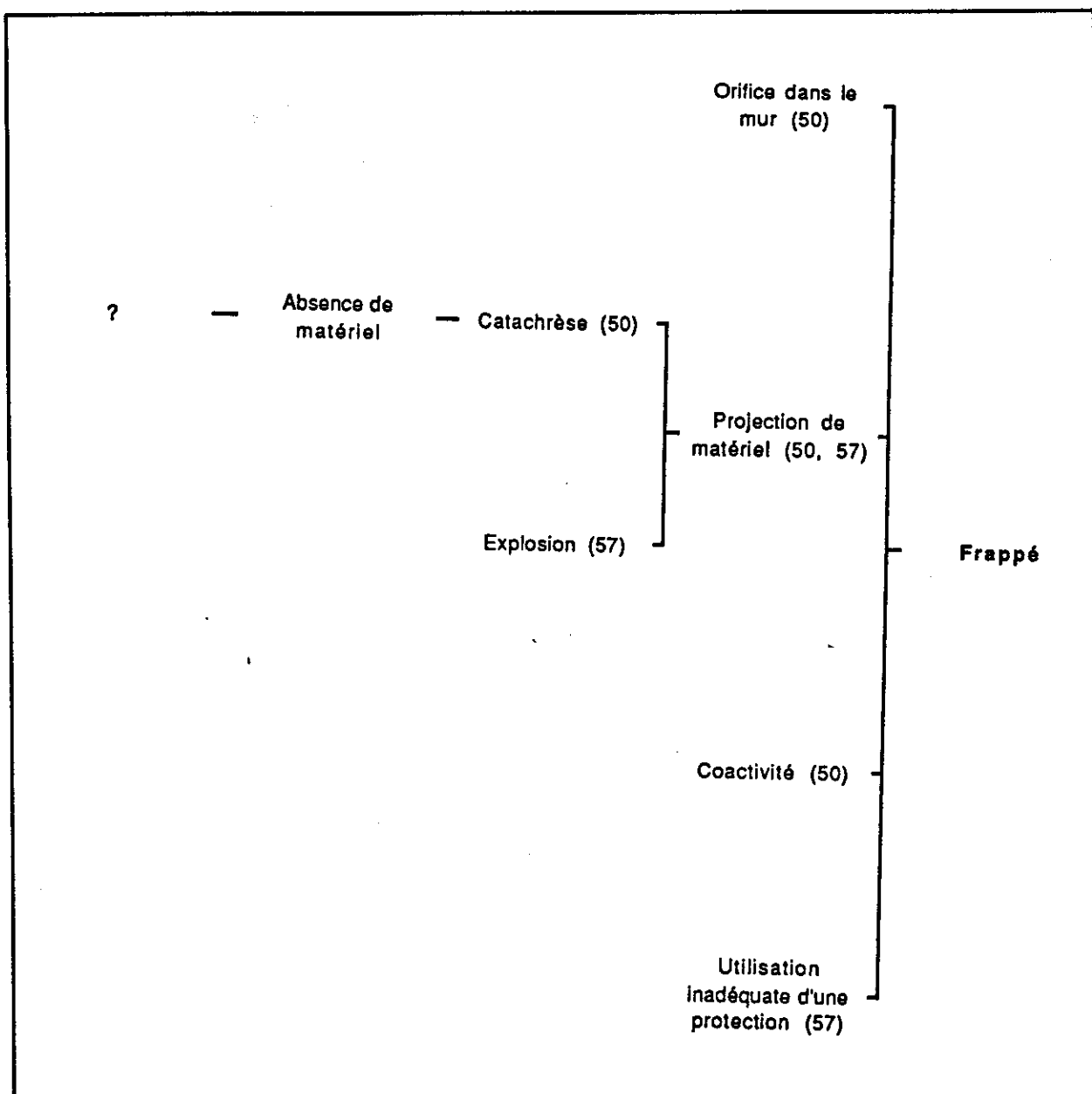


Arbre de dysfonctionnements n° 28

Projection de matériel

L'arbre de dysfonctionnements n° 29 décrit les accidents n° 50 et 57.

- Pour fixer dans un mur de béton des planches qui supporteront une nouvelle boîte électrique, un électricien utilise un pistolet à haute vitesse (accident n° 50). La deuxième planche est fixée près d'un trou dans le mur. Un clou tiré par le pistolet dévie et passe par l'orifice pour atteindre le compagnon qui se trouve de l'autre côté du mur (coactivité). L'utilisation d'un pistolet de scellement à haute vitesse n'est pas recommandée pour cette tâche (catachrèse), on conseille plutôt d'utiliser un pistolet à basse vitesse (absence de matériel).
- Un boutefeu (accident n° 57), abrité dans la pelle d'un bulldozer, en sort après l'explosion et se fait frapper par des roches. Il se trouvait à une distance de 115 m de l'explosion. Aucune information n'est disponible sur les motifs de sa sortie prématurée de l'abri (utilisation inadéquate d'une protection).



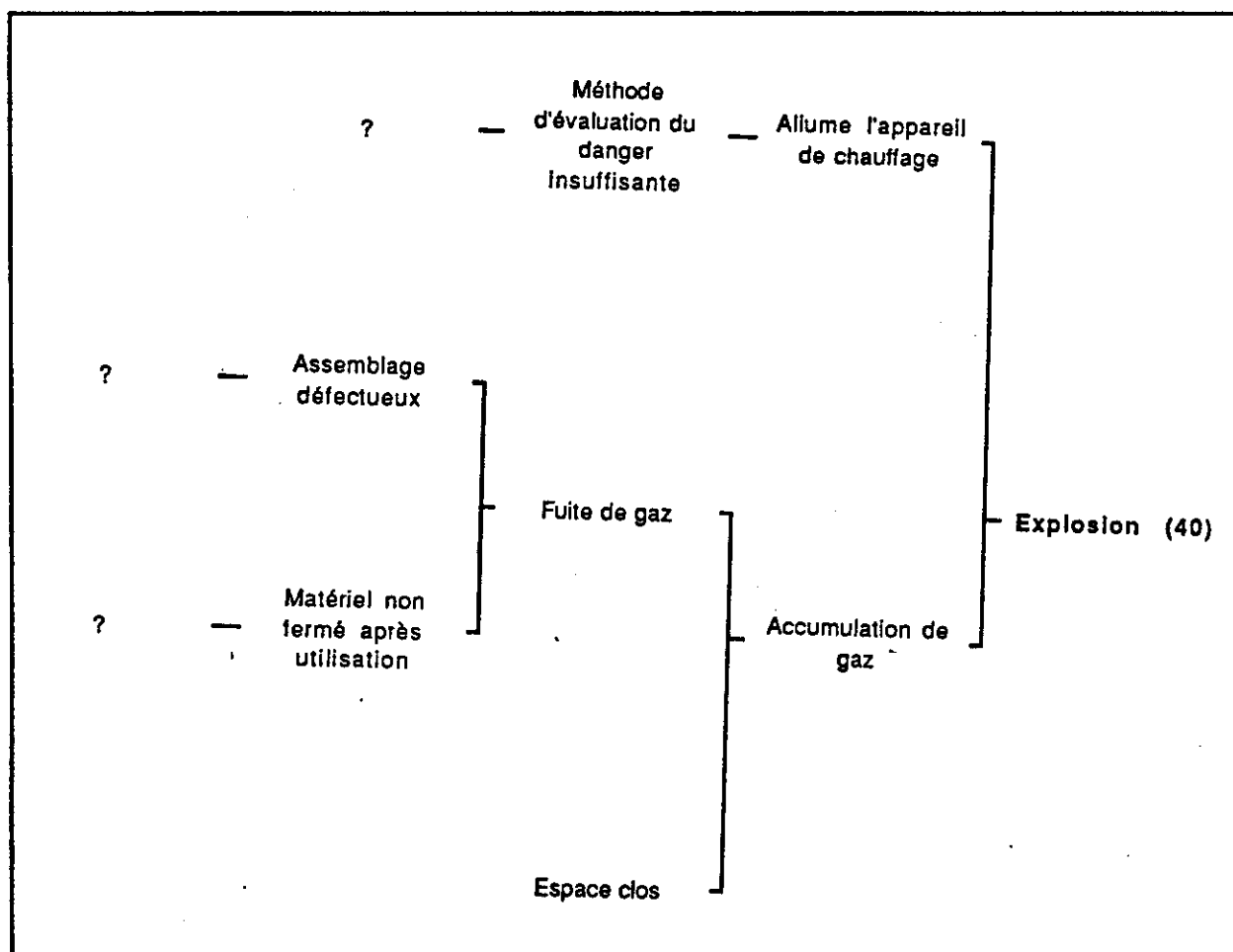
Arbre de dysfonctionnements n° 29

4.2.5 Explosion

Les accidents dont la blessure est directement attribuable à une explosion sont classés selon qu'ils proviennent de l'utilisation d'appareils de chauffage défectueux (accident n° 40) ou de la pose d'une charge explosive (accident n° 56).

Assemblage défectueux d'un appareil de chauffage

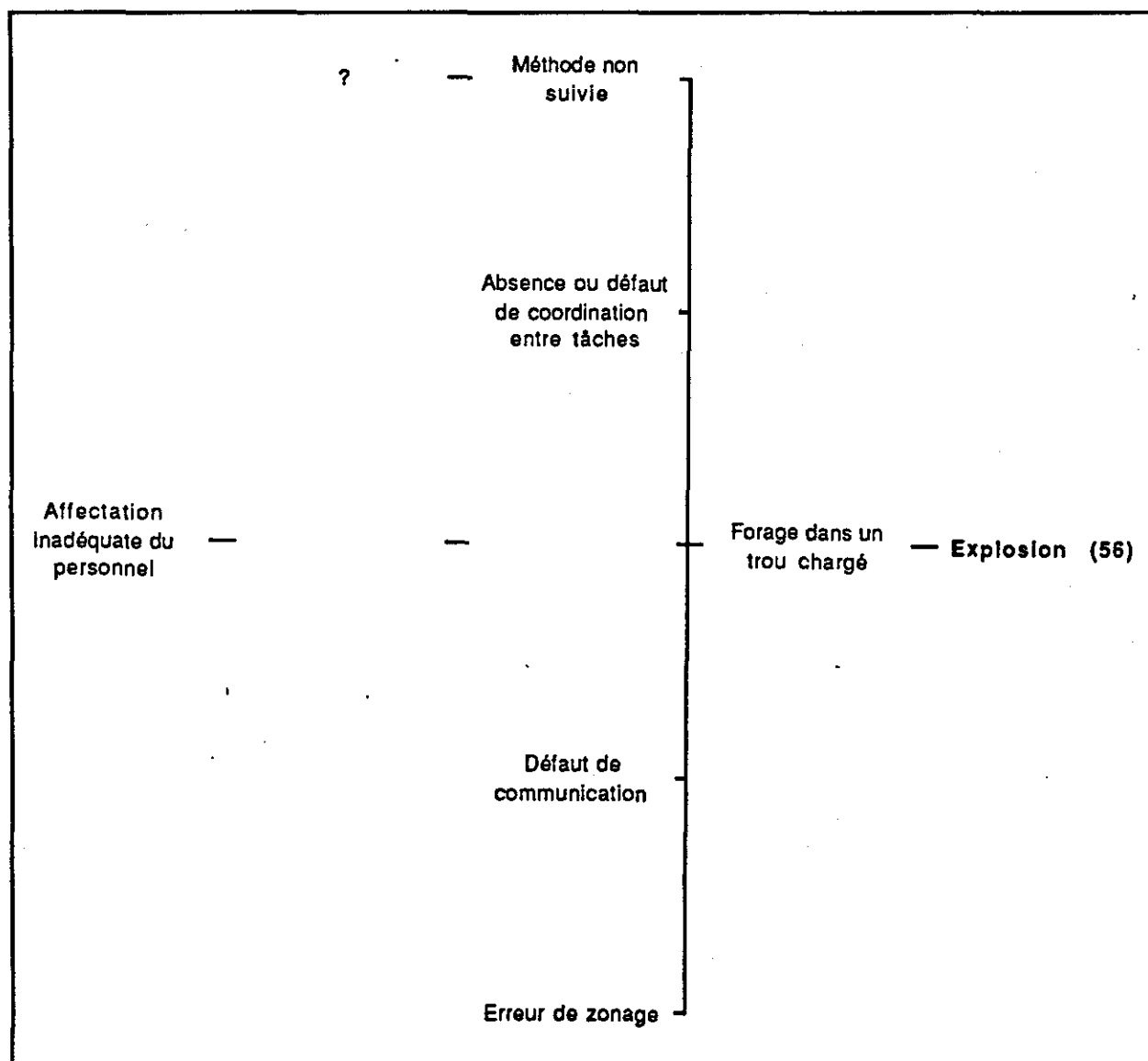
Le contremaître arrive sur le chantier le matin (arbre de dysfonctionnements n° 30). Il pénètre dans la pièce fermée, se rend à la bonbonne de gaz et constate que la soupape est demeurée ouverte. Il va ensuite allumer l'appareil de chauffage. L'explosion se produit au moment de l'allumage. Un témoin mentionne qu'il a senti une forte odeur de gaz la veille à cet endroit, mais il n'y a pas porté attention. On retrouve en effet sur les chantiers cette même odeur, mais moins prononcée (méthode insuffisante d'évaluation du danger). L'inspection de l'équipement a révélé une légère fuite au niveau du raccord fixé à la soupape du réservoir. Le raccord n'était pas suffisamment serré (assemblage défectueux).



Arbre de dysfonctionnements n° 30

En effectuant le forage d'un trou pour y placer des charges explosives, une explosion se produit (arbre de dysfonctionnements n° 31). On a découvert par la suite qu'il y avait déjà des trous chargés dans cette zone. Ces trous n'étaient pas visibles à cause de la boue et seuls les fils électriques pouvaient dépasser (défaut de communication). Quelques jours avant l'accident, une autre équipe avait procédé à des travaux de forage et de dynamitage dans ce secteur (absence ou défaut de coordination entre les tâches). La méthode suivie ne correspond pas à la méthode sécuritaire (méthode non suivie).

L'étude d'arpentage réalisée après l'accident montre que le contremaître s'est trompé de zone et qu'il a envoyé l'équipe dans une zone où il y avait déjà eu des travaux de dynamitage. Par ailleurs, le contremaître et les travailleurs ne possédaient pas de certificat de boutefeux (affectation inadéquate).



Arbre de dysfonctionnements n° 31

4.2.6 Asphyxie

Le seul accident dont l'événement à l'origine de la blessure est l'asphyxie comporte également un autre événement à l'origine de la blessure : la chute. Il a été classé dans cette seconde catégorie. Il s'agit de l'accident n° 45 (arbre de dysfonctionnements n° 12).

4.2.7 Malaise cardiaque

L'accident n° 29 est attribuable à un malaise cardiaque. On ignore si le travailleur était au courant de son état.

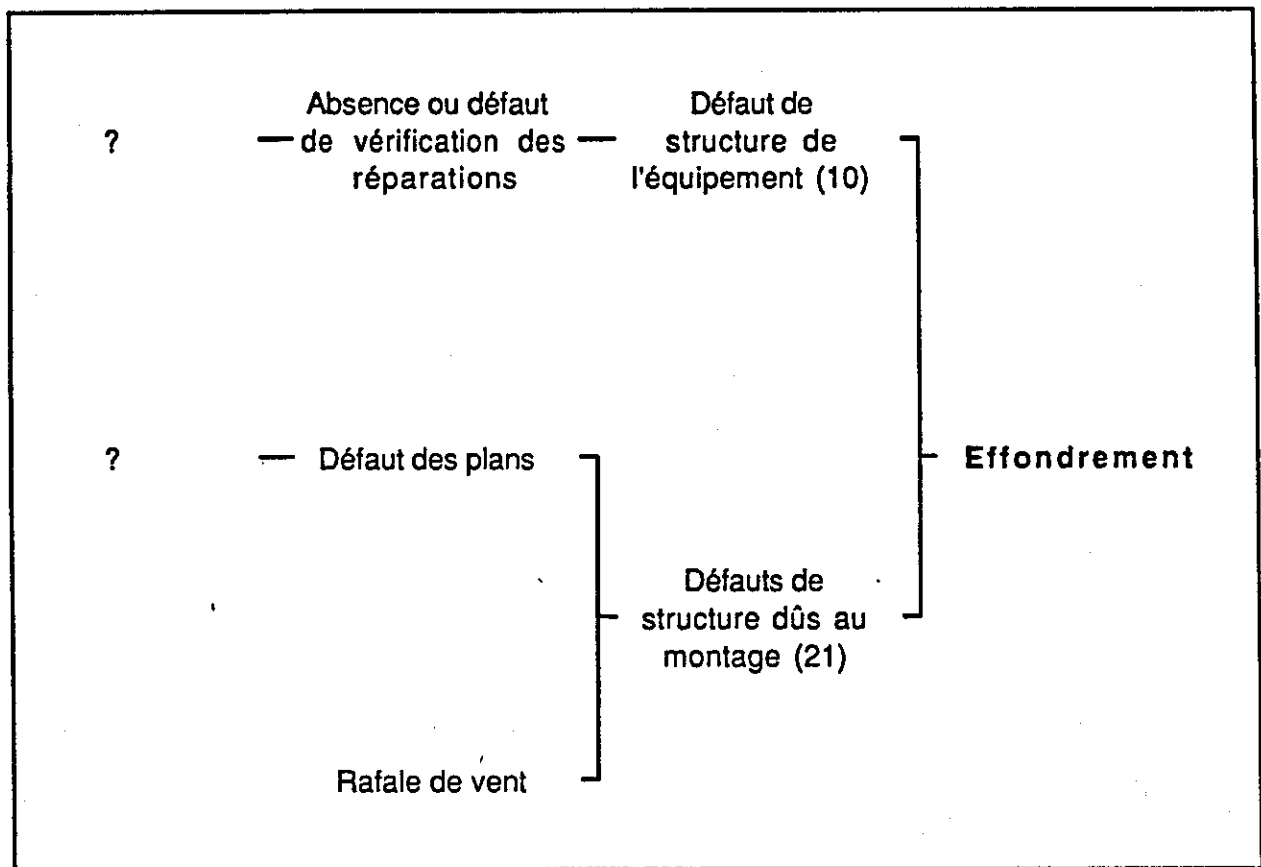
4.2.8 Accidents sans blessures

Deux accidents sans blessures dont les conséquences auraient pu être dramatiques ont fait l'objet d'enquêtes. Ils correspondent à des accidents relatifs à l'effondrement de structure (arbre de dysfonctionnements n° 32).

Effondrement de structure

Il s'agit de l'effondrement d'une grue dû à la faiblesse de l'acier et à des défauts de soudure (accident n° 21). Il n'y a aucune information concernant l'entretien de la grue. Cependant, on peut croire qu'il n'y a pas eu de contrôle des soudures.

Un bâtiment de trois étages s'est écroulé à la suite d'une rafale de vent (accident n° 10). L'enquête a révélé la faiblesse du montage (faiblesse des liaisons, contreventements temporaires enlevés, absence de chevauchement des panneaux). Les plans de construction étaient incorrects et ne portaient pas le sceau de l'ingénieur.



Arbre de dysfonctionnements n° 32

4.2.9 Conclusion

Les arbres de dysfonctionnements nous ont permis de décrire, en fonction des informations disponibles, les processus par lesquels les dysfonctionnements produisent des accidents. Certains dysfonctionnements relatifs au matériel, à la surface d'appui, à la planification des tâches et aux communications se retrouvent dans différents types d'accidents.

La deuxième partie de l'analyse des dysfonctionnements va nous permettre d'approfondir et de soulever des questions concernant le rôle des éléments humains dans les accidents.

5. DISCUSSIONS CONCERNANT LES DYSFONCTIONNEMENTS

Les discussions concernant les dysfonctionnements traitent des décisions humaines dans le cadre de la situation de travail, au niveau du travailleur lui-même, de l'équipe de travail et de l'organisation.

5.1 Le matériel

Le tableau 5 présente les dysfonctionnements relatifs au matériel présents dans les accidents étudiés.

Types de dysfonctionnements	Numéros des accidents *
• absence de matériel	2, 3, 6, 7, 8, 13, 45, 50
• matériel défectueux	
• défauts de structure dans un montage	6, 8, 24, 27
• défauts de structure dès l'arrivée sur le chantier	10, 39
• défauts faisant suite à l'usure	14, 32, 34, 37, 49
• défauts de conception des commandes	32, 42, 47
• assemblage défectueux	25, 40
• inadaptation du matériel	5, 7, 14, 27, 34, 50

**Le numéro de l'accident fait référence à l'enregistrement de l'accident dont l'arbre des causes est décrit dans l'annexe du rapport de recherche.*

Tableau 5 - Types de dysfonctionnements concernant le matériel

5.1.1 L'absence de matériel

Travailleur

L'absence de matériel permet de se poser deux questions sur la prise de décision par le travailleur :

- Premièrement, la façon dont le travailleur planifie son travail et prévoit les outils et les équipements qui lui seront nécessaires. Cette prévision dépend de l'information disponible sur le travail à accomplir et de la planification des opérations. La prévision est parfois difficile à réaliser, comme par exemple dans le cas de certains travaux de rénovation, d'entretien ou de réparation. La prévision des outils dans les tâches d'entretien a déjà été étudiée par Lefort (1982).
- Deuxièmement, en l'absence de l'outil adéquat, la question des décisions du travailleur pour résoudre ce problème se pose. Plusieurs conditions, tant au niveau du travailleur, de l'équipe de travail et de l'organisation, peuvent influencer les décisions en ce sens.

Équipe de travail

Le travail dans la construction est habituellement effectué en équipe. Il est possible que la répartition des tâches à l'intérieur de l'équipe favorise ou défavorise l'utilisation des outils ou des équipements adéquats. En effet, le travail en équipe peut n'impliquer que peu de coopération entre les travailleurs, chacun montant sa propre partie, ou, au contraire, être réalisé de façon complémentaire; dans ce cas, l'un des travailleurs peut être chargé de se procurer le matériel nécessaire.

La répartition des tâches dans l'équipe peut dépendre à la fois de la nature des relations entre les individus et des contraintes organisationnelles.

Organisation

Le problème de l'absence d'outils ou d'équipements adéquats sur le chantier peut être plus ou moins important selon les moyens de l'entrepreneur.

Il est probable que pour le petit entrepreneur, l'absence d'outils ou d'équipements soit directement reliée à sa capacité financière limitée. Pour l'entrepreneur plus important, le problème peut être davantage causé par un manque d'identification des besoins des travailleurs pour réaliser leurs tâches.

Ce problème a une importance considérable dans le cas des équipements de travail en hauteur. Il est complexe, car ses origines sont profondes et correspondent à des aspects culturels concernant la représentation que l'on se fait du travail dans la construction.

La division du travail entre concepteurs, organisateurs et travailleurs ne prend pas en considération les méthodes de travail individuelles. Le concepteur définit les caractéristiques de l'objet à construire, l'organisateur (l'entrepreneur) s'occupe du choix des techniques de construction et de leur mise en oeuvre sur le chantier tandis que le travailleur de métier réalise, à partir des méthodes apprises, le travail qui lui est demandé.

La connaissance des méthodes de travail reste le plus souvent au niveau du travailleur et du contremaître, c'est-à-dire sur le chantier. Il est donc difficile pour l'organisateur de prévoir le matériel de sécurité nécessaire ou pour le concepteur d'en tenir compte.

5.1.2 Le matériel défectueux

Travailleur

Au niveau du travailleur, il est nécessaire d'établir une distinction entre l'équipement et le matériel monté ou assemblé par le travailleur.

Dans le premier cas, il est parfois difficile sinon impossible pour le travailleur de détecter les défauts techniques (par exemple : grue, tire-fort).

Dans le second cas, les défauts concernent l'assemblage des structures, le montage de la construction ou l'étalement lors des travaux de rénovation. Les origines des défauts de montage ne sont pas identifiées par l'enquête. Différentes hypothèses peuvent être envisagées :

- Les connaissances insuffisantes des travailleurs concernant les porte-à-faux ou, plus généralement, la résistance des matériaux et des structures;
- Le mode de connaissance du travailleur concernant les porte-à-faux (par exemple sous forme de recettes) ne lui permet pas de s'adapter à des conditions variées (matériaux utilisés comme contrepoids, architecture, contrainte de temps, etc.) rencontrées dans différentes situations. De plus, il est possible que les connaissances du travailleur ne soient pas suffisantes et que des calculs complexes soient nécessaires;
- Le travailleur ne dispose pas d'informations sur les capacités du palan et/ou la charge maximale des matériaux à manutentionner.

Ces problèmes de résistance des matériaux se posent également pour le montage des supports et le choix des surfaces d'appui.

Équipe de travail

Nous disposons de peu d'informations sur la responsabilité de l'équipe de travail dans les défauts de montage des structures. Cependant, on peut supposer que la communication de certaines informations, notamment les limites de charge, est importante pour la sécurité : un cas s'est présenté où les limites du contrepoids d'un palan ont été dépassées.

Organisation

La défectuosité du matériel révèle des problèmes organisationnels :

- *L'utilisation des palans* : l'absence de contrepoids spécifiques lors de l'utilisation des palans implique l'utilisation de matériaux de construction mal adaptés à cette fonction et rend probable l'absence d'un calcul préalable du contrepoids nécessaire.
- *L'absence de définition du procédé de travail* : l'estimation du travail a été réalisée sans que le procédé de travail ait été défini, à cause du manque de compétence de l'estimateur. Ce dernier compte sur le savoir-faire de l'exécutant pour effectuer le travail;
- *Le contrôle insuffisant de la qualité des réparations effectuées* : il s'agit de la vérification des soudures effectuées sur des engins de levage, grues ou pompes à béton à la suite de réparations. Ces accidents soulèvent des questions sur les méthodes et les moyens techniques de contrôle de la qualité;
- *Le contrôle de la qualité du travail* : des défauts cachés lors de l'exécution du travail ont entraîné des accidents lors de travaux ultérieurs de rénovation ou d'entretien;
- *Le manque d'entretien préventif* : le matériel usé ou endommagé augmente le risque d'accident en cours d'utilisation;

- *Les défauts dans la conception des équipements ou des commandes* : la conception du poste de conduite de certains équipements (commande des nacelles à partir du camion, rouleau compacteur, camion-remorque) semble mal adaptée dans certaines conditions d'utilisation.

5.1.3 L'inadaptation du matériel (accidents n° 5, 7, 14, 27, 34, 50) :

Travailleur

L'utilisation par le travailleur d'un matériel inadapté réfère à l'absence du matériel adéquat ou au design du matériel.

Dans le premier cas, le travailleur utilise un substitut; c'est le phénomène de catachrèse. Dans le second, le design de l'équipement n'est pas adapté à l'espace ou à la tâche à effectuer. L'absence de planification fait en sorte que l'inadaptation apparaît au dernier moment, c'est-à-dire lors de l'exécution du travail.

Cela occasionne une situation de récupération de cette inadaptation selon les moyens disponibles avec des contraintes plus ou moins grandes pour trouver une solution rapidement.

Des recherches visant à comprendre le processus de décision du travailleur dans de telles situations et les contraintes pouvant influencer ses décisions permettraient d'aider les travailleurs à résoudre de tels problèmes.

Organisation

L'organisation fournit aux travailleurs la plus grande partie du matériel employé sur le chantier, à l'exception de certains outils individuels. Elle est donc responsable du choix du matériel. Elle doit également vérifier que la conception du matériel est adaptée à l'usage auquel il est destiné.

Le choix du matériel est influencé par la planification du travail. La planification permet d'anticiper les problèmes d'adaptation du matériel en fonction de l'espace ou de la tâche et de prévoir comment ces inadaptations seront corrigées. Des recherches sur la planification du travail au niveau organisationnel permettraient de trouver des solutions favorisant une meilleure planification du travail.

La conception inadéquate du matériel augmente les risques d'accidents. L'inadaptation non corrigée du matériel est présente dans trois accidents.

5.2 Les surfaces d'appui

Le tableau 6 présente les dysfonctionnements relatifs aux surfaces d'appui utilisées pour le travail en hauteur.

Type de dysfonctionnements	Numéro des accidents
L'absence d'aménagement des surfaces d'appui	
• absence d'aménagement : étroitesse de la surface d'appui	2, 19, 41, 44
• absence d'aménagement : proximité du vide	8, 13, 25, 27
• ouverture dans le plancher	1, 16, 55
• absence d'aménagement : faible résistance de la surface d'appui	54
• absence de soutènement	59
Les défauts d'aménagement de l'espace de travail	
• installation insuffisante d'un équipement en hauteur	18, 28, 46
• installation insuffisante d'une protection au bord du vide	14
• défaut de solidité dû au montage défectueux d'un support	4, 20, 33, 36, 48, 53
• défaut de solidité de structure du bâtiment	15, 21, 22, 30, 31, 37
• espace de travail restreint	26, 34, 35
• espace de travail encombré	11
• surface d'appui glissante	13, 41
Utilisation inadaptée d'un équipement d'accès	3, 5, 43

Tableau 6 - Types de dysfonctionnements concernant les surfaces d'appui

5.2.1 L'étroitesse de la surface d'appui et le travail au bord du vide

Travailleur

Les informations disponibles sur ces accidents ne sont pas suffisamment précises pour permettre d'interpréter l'origine des dysfonctionnements. Afin d'orienter les questions sur ce sujet, nous référerons à l'étude que nous avons réalisée dans le coffrage conventionnel (Toulouse, Chicoine, 1988).

Cette étude démontre que l'installation de l'espace de travail en hauteur correspond à une régulation entre la prévention et la production. Cette régulation résulte d'un compromis entre le sens de l'équilibre du travailleur et les contraintes de la tâche à exécuter. Parmi ces contraintes, nous avons mis en évidence l'importance du temps d'installation par rapport au temps de production, les

problèmes occasionnés par le manque de disponibilité du matériel sur le chantier ou à proximité de la situation de travail ainsi que les variations de l'espace architectural et des procédés de travail.

Des recherches devraient permettre d'identifier, comme cela a été fait dans le coffrage conventionnel, les problèmes de travail en hauteur rencontrés par le travailleur et les facteurs influençant les compromis dans l'aménagement des surfaces d'appui. Plusieurs types de travaux et de corps de métiers sont concernés par les problèmes de travail en hauteur.

Équipe de travail

L'aménagement de l'espace de travail en hauteur n'est pas toujours le fait d'un seul individu mais plutôt d'une équipe. La régulation entre les tâches de prévention et de production s'effectue au niveau de l'équipe et doit prendre en considération à la fois le partage des tâches dans l'équipe et les besoins des membres en ce qui a trait au travail et à la sécurité.

Organisation

L'absence de la planification du travail et de la prévision de l'équipement ainsi qu'une conception inadéquate contribuent à l'aménagement non sécuritaire de l'espace de travail en hauteur.

Les problèmes déjà évoqués au sujet de l'absence du matériel (investissements, absence d'identification des besoins des travailleurs) expliquent ce type de dysfonctionnement.

L'étude sur le travail en hauteur et la sécurité dans le coffrage conventionnel montre l'absence de prise en considération par l'organisation des matériaux et équipements nécessaires pour que le travail en hauteur soit sécuritaire.

Seuls les matériaux et équipements utilisés pour la construction sont présents sur le chantier. C'est donc à partir de ces matériaux et équipements que les travailleurs fabriquent des supports de travail en hauteur lorsqu'ils n'ont pas d'autre alternative.

Cette condition, ajoutée aux autres contraintes de travail sur le chantier, entraîne l'utilisation de surfaces d'appui non sécuritaires. L'absence et les défauts d'aménagement de l'espace de travail présents dans un certain nombre des accidents laissent supposer des problèmes identiques.

Des recherches à ce sujet au niveau de l'organisation devraient permettre de comprendre le problème, soit en fonction des contraintes économiques, soit par rapport aux mécanismes de planification du travail et de prévision du matériel.

Dans certaines situations de travail où l'aménagement des surfaces d'appui est difficile, des solutions permettant de diminuer la gravité des accidents pourraient être envisagées. C'est ce qu'indiquent les recherches effectuées à l'IRSST par Jean Arteau pour généraliser l'utilisation de câbles horizontaux lors du montage des structures d'acier.

5.2.2 La rupture de la surface d'appui

Travailleur

Dans les accidents occasionnés par l'effondrement d'une charpente de bois, l'enquête signale l'absence de plans, le non suivi des plans ou encore la présence d'erreurs dans les plans.

L'absence de plans et d'indications précises concernant le montage de structure rend la sécurité et la production dépendantes des connaissances des travailleurs sur la résistance des matériaux, des structures et des méthodes d'étaielement.

Le niveau de ces connaissances est presque directement relié à l'expérience du travailleur. On peut cependant se demander si ces connaissances sont toujours suffisantes. En effet, l'apparition de nouveaux matériaux sur les chantiers et la diversité des types de constructions font que les connaissances acquises par le travailleur ne sont pas toujours applicables, ce qui peut entraîner des erreurs de montage ou d'étaielement. Cette situation se retrouve particulièrement dans la construction résidentielle, où le coût des travaux ne justifie pas la surveillance d'un ingénieur.

Certains accidents concernent le montage et la qualité des matériaux utilisés pour servir de support. Ils mettent en évidence la qualité des matériaux utilisés comme surface d'appui et les limites des critères que les travailleurs ont à leur disposition pour évaluer la solidité du matériel.

Des recherches devraient permettre, d'une part, de déterminer quelles sont les connaissances des travailleurs dans le domaine de la résistance des matériaux et du montage des structures, et, d'autre part, quels sont les connaissances dont doivent réellement disposer les travailleurs sur le chantier. Il ne s'agit pas de donner aux travailleurs une formation d'ingénieur en structure, mais de leur enseigner un minimum de connaissances pratiques sur le sujet, en leur permettant de mieux évaluer la résistance des matériaux ou des structures, comme par exemple les porte-à-faux.

Équipe de travail

Dans les accidents analysés, les plans étaient transmis oralement sur le chantier. Le problème de la communication orale de l'information peut occasionner des erreurs de montage au moment de l'exécution.

Les problèmes de communication touchent également la signalisation du danger lors de travaux de démolition ou de rénovation.

Organisation

Les connaissances des travailleurs sur la résistance des matériaux et des structures sont importantes, mais elles ne pourront jamais remplacer les connaissances requises lors de la conception. Les accidents montrent l'existence de problèmes à ce niveau.

Les travaux de rénovation, par exemple, demandent souvent une évaluation de la résistance de la structure en place et la réalisation d'un procédé de travail ayant recours à des méthodes d'étaielement. Il en est de même pour la construction d'un bâtiment où le plan d'étaielement contribue à assurer la

sécurité des travailleurs lors du montage. Dans les accidents étudiés, ces plans n'étaient pas disponibles sur le chantier. De plus, l'un des plans comportait des erreurs et ne possédait pas le sceau de l'ingénieur. Selon la Loi des ingénieurs, le sceau n'est requis que pour les constructions de 100 000 \$ et plus.

Ce type de dysfonctionnement souligne l'intérêt de la recherche sur l'utilisation des plans dans les travaux de rénovation et dans la construction résidentielle. Cette recherche devrait notamment se prononcer sur la pertinence de l'actuelle limite de 100 000 \$ et vérifier si une telle norme constitue le meilleur critère pour justifier les services d'un ingénieur. Comme certains accidents le laissent supposer, la complexité de la structure et le danger qui peut en résulter ne sont pas obligatoirement proportionnels au coût des travaux.

La mauvaise qualité des matériaux utilisés comme support contribue à certains accidents. Nous avons pu constater (Toulouse, Chicoine, 1988) certaines pratiques voulant que le matériel utilisé comme support soit choisi parmi le matériel usé ne pouvant plus servir à la construction. On peut se demander si cela n'est pas une pratique généralisée trahissant un problème d'identification des besoins d'équipement de travail en hauteur. Le choix du matériel serait ainsi laissé au travailleur. Ce choix comporte toutefois des limites au niveau de la sécurité, à cause d'une part de l'insuffisance de l'évaluation de la solidité par une simple inspection visuelle ou par un test de solidité et, d'autre part, à cause des compromis que le travailleur peut être amené à faire pour satisfaire les exigences de la production.

5.3 L'environnement

Le tableau 7 présente les dysfonctionnements relatifs à l'environnement

Types de dysfonctionnements	Numéro des accidents
Facteurs d'ambiance	
• incompatibilité d'ambiance	40, 45, 55
• absence d'éclairage	35, 55
Perturbations climatiques	
• vent	3, 21, 44
• pluie	13, 27, 59
• glace	41, 55

Tableau 7 - Types de dysfonctionnements concernant l'environnement

Travailleur

La prise en considération des conditions environnementales par le travailleur influence la réalisation de la tâche et la sécurité. L'action du travailleur sur son environnement est limitée et dépend des contraintes occasionnées par l'organisation du travail (ex. : absence de planification du travail, de

prévision d'équipement). C'est notamment le cas lorsque le procédé de travail oblige le travailleur à utiliser des surfaces étroites ou interfère de façon dangereuse avec les matériaux.

Il peut également arriver que le travailleur s'habitue au danger présent dans l'environnement et ne soit plus en mesure d'évaluer le risque. C'est le cas de l'odeur de gaz sur le chantier à laquelle le travailleur s'habitue, comme le signale le témoin d'un accident.

Organisation

La prise en considération de l'environnement par les organisateurs fait partie de la planification du travail, bien qu'il soit parfois difficile de prévoir toutes les variations des contraintes environnementales. L'augmentation des coûts que peut entraîner la prise en considération de ces contraintes peut inciter les entrepreneurs à les ignorer lors de la rédaction d'une soumission pour l'obtention d'un contrat.

5.4 La tâche

Une grande variété de dysfonctionnements se rapportent à la tâche (tableau n° 8)

Types de dysfonctionnements	Numéro des accidents
Absence ou défaut de planification de la tâche	
• absence ou défaut de planification de la méthode de travail	6, 27, 33, 44
• absence, défaut ou non suivi des plans	15, 21, 31, 32
• absence ou défaut de vérification du travail	23, 25, 32, 39
• absence ou défaut d'entretien du matériel	32, 49
• absence ou défaut de coordination entre les tâches	3, 4, 12, 26, 33, 56
• recommandations de sécurité non suivies ou non corrigées	5, 14, 45, 46
Les défauts et contraintes relatifs à l'exécution de la tâche	
• méthodes de travail non suivies	7, 12, 30, 41, 47
• récupération d'incidents	2, 4, 5, 11, 14, 27, 32, 34, 38, 51, 55
• défauts de communication	13, 22, 39, 41, 56
• coactivité	5, 50, 59
• travail seul	7, 36, 51
• contrainte de temps	27, 37
• travail de nuit	12
• méthode d'évaluation du danger insuffisante	40, 59
• influence du client sur la méthode de travail	13
• utilisation inadéquate d'une protection	8, 42, 57
• utilisation d'un matériel à différentes tâches	4

Tableau 8 - Types de dysfonctionnements concernant la tâche

5.4.1 Absence ou défaut de planification de la tâche

Travailleur

L'absence ou le défaut de planification de la tâche contribue à l'aménagement non sécuritaire des surfaces de travail en hauteur, à l'utilisation d'outils ou d'équipements inadéquats et à l'utilisation de méthodes de travail dangereuses.

L'étude de la planification devrait permettre de mieux comprendre comment le travailleur effectue la planification de la tâche qui lui est assignée et de quelle façon il fait face aux imprévus lors de l'exécution du travail.

Équipe

Le caractère collectif du travail dans la construction implique que la planification des tâches soit l'objet de communications fréquentes entre travailleurs et contremaîtres. Ces communications ont pour objet la répartition des tâches, l'approvisionnement en matériel, la récupération d'erreurs ou d'incidents. L'absence et les défauts de communication occasionnent des problèmes de coordination qui créent des situations dangereuses.

Ces situations dangereuses se retrouvent dans les accidents étudiés, par exemple chez les électriciens (un électricien rebranchant le circuit alors que son coéquipier n'a pas fini son travail) ou chez les charpentiers-menuisiers dans le secteur résidentiel (le charpentier-menuisier utilise un *Ram Set* pour clouer une pièce sur un mur comportant des orifices tandis que son coéquipier se trouve derrière le mur).

Organisation

Une étude de la planification à partir de la conception des plans et devis jusqu'à l'exécution des travaux permettrait d'aider les organisateurs de l'entreprise et du chantier à mieux prévoir le matériel et les surfaces d'appui nécessaires au travailleur pour exécuter sa tâche de façon sécuritaire.

Dans les petites entreprises, nombreuses dans le secteur de la construction, l'organisateur est aussi un travailleur. Dans ce cas, le problème de la planification du travail est différent. Le passage du statut de travailleur à celui d'entrepreneur impose de nouvelles responsabilités qui sont assumées plus ou moins facilement. De plus, l'entreprise étant très petite, des problèmes d'investissement en matériel se posent certainement.

Le passage de l'état de travailleur à celui d'entrepreneur peut s'avérer suffisamment important pour nécessiter à lui seul une étude permettant de mieux comprendre cet aspect. Une formation appropriée pourrait réduire l'incidence possible sur la sécurité.

Les recommandations de sécurité non suivies par l'organisation dévoilent un autre aspect du problème au niveau de la planification du travail. Dans ces situations, les organisateurs n'apportent pas les améliorations requises, laissant au travailleur la responsabilité de contrôler le risque et d'éviter l'accident. Au-delà des problèmes de coût, il se trouve certainement un problème fondamental, d'origine culturelle, qui correspond à une certaine représentation du travail dans la construction.

Cette représentation contribue à l'identification culturelle des personnes oeuvrant dans ce secteur. Si elle n'est pas prise en considération, elle peut rendre difficile l'amélioration de la sécurité sur les chantiers.

5.4.2 Les défauts et contraintes relatives à l'exécution de la tâche

Travailleur

Pour le travailleur, ces dysfonctionnements se rapportent principalement à l'absence de suivi de la méthode de travail et à la récupération des incidents.

Le premier type de dysfonctionnement révèle un problème d'adaptation entre les caractéristiques fonctionnelles du travailleur et les contraintes de la tâche. Il s'agit alors de diagnostiquer ce problème d'adaptation selon les modèles d'explication utilisés en ergonomie.

- Le modèle de régulation permet d'expliquer l'absence de suivi de la méthode de travail par le conflit entre les exigences de production et de prévention. Dans ce cas, le travailleur ne suit pas la méthode de travail pour répondre aux exigences de production.
- Le modèle de représentation permet d'expliquer le comportement du travailleur par rapport aux connaissances qu'il a de la situation, et notamment des conditions pouvant influencer sa sécurité. Par exemple, ses connaissances sur la résistance des matériaux pour évaluer la solidité d'une surface d'appui.

La récupération d'incident correspond à une situation bien connue conduisant à un accident (Faverge, 1980). Cependant, il existe peu d'études satisfaisantes qui expliquent le comportement du travailleur lors de la récupération d'un incident. Dans les accidents étudiés, les travailleurs prennent des risques importants qui peuvent paraître inconsiderés. Il s'agit pourtant de travailleurs expérimentés.

Les incidents pouvant être nombreux sur les chantiers de construction, une étude concernant la récupération des incidents devrait permettre de mieux comprendre les réactions des travailleurs face aux incidents. On pourrait alors proposer des moyens visant à éviter que les incidents se transforment en accidents.

Équipe de travail

Les dysfonctionnements relatifs à la tâche concernant l'équipe de travail sont la coactivité et les difficultés de communication.

La coactivité témoigne des difficultés à coordonner les tâches entre elles, si bien qu'à certains moments des travailleurs occupés à des tâches différentes se trouvent dans un même espace. Les difficultés de communication dans les accidents étudiés sont liées à l'éloignement spatial des travailleurs ou à la succession des tâches dans le temps.

Organisation

Il existe différents types de dysfonctionnements de la tâche engendrés par les contraintes organisationnelles. Les dysfonctionnements suivants apparaissent dans les accidents étudiés : le travail seul, les contraintes de temps, le travail de nuit, la méthode insuffisante d'évaluation du danger, l'influence du client sur la méthode de travail et l'utilisation du même matériel à différentes tâches.

Ces dysfonctionnements renvoient à des problèmes de planification du travail témoignant des difficultés d'organisation ou à des problèmes techniques (ex. : absence d'une méthode fiable d'évaluation du danger d'effondrement d'une tranchée).

5.5 Le personnel

Types de dysfonctionnements	Numéro des accidents
• le manque d'expérience ou de formation	3, 8, 13, 15, 20, 36, 44
• problèmes de santé	19, 46
• affectation inadéquate	26, 52, 56

Tableau 9 - Types de dysfonctionnements concernant le personnel

5.5.1 Le manque d'expérience ou de formation

Travailleur

Sept des accidents étudiés ont impliqué des apprentis ou des manoeuvres possédant très peu d'expérience. Les comportements de ces individus ont contribué à l'accident de façon importante. On peut croire que le manque d'expérience ou de formation est en partie à l'origine de ces comportements.

Une recherche sur les risques d'accidents concernant les apprentis ou les jeunes manoeuvres sur les chantiers permettrait de proposer des moyens de faciliter une intégration plus sécuritaire de ces personnes sur les chantiers.

Équipe de travail

Les travailleurs expérimentés ont un rôle important à jouer dans la formation des apprentis. Dans certains accidents, il semble qu'il y ait eu absence ou insuffisance de communication entre le travailleur expérimenté et l'apprenti. Une étude sur les modalités d'apprentissage sur le chantier devrait permettre d'identifier les dysfonctionnements à ce sujet et de proposer des moyens pour y remédier.

Organisation

Le manque d'expérience et de formation signale un problème d'affectation inadéquate du personnel. C'est le cas lorsque des travailleurs sont affectés à des tâches sans être formés à l'utilisation de certains équipements.

5.5.2 Problèmes de santé

Travailleur

Trois accidents sont consécutifs à un malaise du travailleur. Dans deux de ces accidents, l'enquête a révélé que les travailleurs avaient déjà eu des problèmes de santé.

La négation des problèmes de santé peut n'être qu'un phénomène individuel, mais elle peut également venir d'un problème social. La possibilité de perdre son travail, l'absence d'une alternative acceptable pour subvenir à ses besoins et à ceux de sa famille peuvent créer des situations où le travailleur, dans la mesure où cela lui est possible, cherchera à cacher son problème de santé aux autres et à lui-même.

Organisation

Au point de vue de l'organisation, il serait important d'étudier comment les problèmes de santé des travailleurs sont pris en charge, et les effets ainsi engendrés. La prise en considération par l'organisation de l'état de santé des travailleurs soulève des questions importantes concernant l'affectation, la définition des tâches et la prise en compte des différences entre les travailleurs au sujet de leur état de santé. Le problème est d'autant plus délicat à résoudre que la grande majorité des entreprises de construction emploient cinq personnes ou moins.

5.5.3 L'affectation du personnel

Organisation

L'affectation du personnel concerne essentiellement l'organisation. Les problèmes d'affectation soulevés par les accidents étudiés sont les suivants :

- L'affectation de personnes non qualifiées à une tâche donnée (ex : manoeuvre n'ayant pas de permis de boutefeu);
- La constitution des équipes de travail (ex : conducteur d'engin faisant équipe avec un monteur de ligne pour travailler sur des lignes à haute tension).

6. CONCLUSION

L'étude a permis de décrire certains mécanismes à l'origine d'accidents graves ou mortels et d'identifier des domaines où des actions doivent être entreprises pour améliorer la sécurité, soit directement, soit par des recherches supplémentaires.

Ces domaines d'action sont :

- la planification du travail et la prévision des outils, des équipements et des supports servant de surface d'appui, tant par le travailleur que par les organisateurs;
- la prise en compte par l'organisation des besoins en matériel et surfaces d'appui du travailleur pour accomplir son travail;
- les problèmes d'investissement en matériel et la sécurité dans les petites entreprises de construction;
- les connaissances et les moyens d'évaluation par les travailleurs de la résistance des matériaux servant de support ou utilisés pour le montage des structures en bois;
- la communication des plans sur le chantier, le contrôle et le respect des plans ainsi que la pertinence de la limite de 100 000 \$ comme critère pour justifier les services d'un ingénieur;
- la coordination des tâches et la communication dans les équipes de travail;
- le comportement du travailleur face à un incident;
- l'expérience et la formation des apprentis;
- la prise en considération de l'état de santé du travailleur.

La description de ces mécanismes à l'origine d'accidents permet de disposer d'informations concernant les dysfonctionnements. Ces informations peuvent être utilisées à différents niveaux afin de favoriser la sécurité au travail :

- lors de la planification des plans et devis, elle peut servir de liste de contrôle dans le but de prévoir les équipements et les supports nécessaires à l'exécution du travail;
- pendant la réalisation du travail sur le chantier, afin d'attirer l'attention du surintendant et des contremaîtres sur certains aspects du travail qui ne sont pas couverts par la réglementation en vigueur;
- au cours de sessions de formation, en mettant l'accent sur la façon dont les accidents surviennent et les moyens de les prévenir.

Les résultats de l'étude ainsi que leur analyse ont été limités par les données disponibles sur les accidents. Cette limite est due à la méthode utilisée par la CSST qui est davantage centrée sur l'origine de la blessure plutôt que sur l'étude du processus accidentel. Des informations permettant de reconstituer davantage la genèse de l'accident auraient permis une plus grande précision.

Afin d'élaborer des moyens de prévention plus efficaces, il est important de disposer d'une méthode d'analyse d'accident capable de remonter aux causes plus profondes qui n'apparaissent pas lorsque l'on ne s'intéresse qu'aux causes directes de la blessure. Ces dernières ne sont que des causes intermédiaires sur lesquelles une action préventive a peu de chance de succès. Cela explique en grande partie pourquoi, malgré les efforts, le taux d'accident dans la construction au Québec demeure élevé.

Sans prétendre que l'adoption d'une méthode d'analyse approfondie des accidents permettrait de régler tous les problèmes, celle-ci constituerait une base solide à partir de laquelle il serait possible de travailler à améliorer la sécurité dans le secteur de la construction.

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSSON, R. et LAGERLÖF, F. "Accident data in the new swedish information system on occupational injuries", *Ergonomics*, vol. 26, n° 1, 1983, p. 33-42.

BAUDOT DE NEVE, M. *Le phénomène accident*, Vandoeuvre, Institut National de Recherche et de Sécurité, 1975, Rapport n° 511/RE, 51 p.

CARTER, F.A. et CORLETT, E.N. *Travail posté et accidents*, Dublin, Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de vie et de travail, 1982, 157 p.

CHESNAIS, M. *Construire et exploiter un arbre des causes, cahiers de la mutualité dans l'entreprise*, n° 28-29, 1989, p. 95-112.

COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES. *Études de physiologie et de psychologie du travail. Fiabilité et sécurité*, Luxembourg, Direction générale "Diffusion des connaissances", 1972, 251 p.

DARMON, M. *et al. Les facteurs potentiels d'accidents*, Vandoeuvre-les-Nancy, INRS, 1975, Rapport n° 200/RE, 58 p.

DEJOURS, C. *Travail, usure mentale*, Édition du Centurion, Paris, 1981.

DODIER, N. "La fugacité des chantiers. Inspection du travail et prévention des risques professionnels dans le secteur du bâtiment et des travaux publics", *Sociologie et sociétés*, vol. XVIII, n° 2, 1986, p. 61-71.

DUGAS, R. *Fréquences des dérogations aux articles du Code de sécurité pour les travaux de construction enregistrées au Québec entre le 1er juin 1983 et le 1er juin 1984*, IRSST, 1985, 74 p.

FAVERGE, J.-M. "Le travail en tant qu'activité de récupération", *Bulletin de psychologie*, Tome 33, n° 344, 1980, p. 203-206.

FAVERGE, J.-M. "Analyse de la sécurité du travail en termes de facteurs de risque", *Revue Épidém. et Santé publique*, 25, 1977, p. 229-241.

FAVERGE, J.-M. "Plenary session : The operator's reliability and safety in industry. l'homme agent d'infiabilité et de fiabilité du processus industriel", *Ergonomics*, vol. 13, n° 3, 1970, p. 301-327.

FAVERGE, J.-M. "Esquisse d'une théorie de l'accident", *Sociologie du travail*, vol. 1, 1964, p. 8-17.

FRENCH-SWEDISH SYMPOSIUM. *Research on occupational accident*, Stockholm, ASF, 1976, 169 p.

HARVEY, M.D. *Models for accident investigation*, Alberta, Workers' health safety and compensation, 1985, 32 p.

HARVEY, M.D. *Theories of accident causation*, Alberta, Workers' health safety and compensation, 1984, 49 p.

HUBBARD, R.K.B. et NEIL, J.T. "Major and minor accidents at the Thames Barrier construction site", *Journal of Occupational Accidents*, 7, 1985, p. 147-164.

HUBBARD, R.K.B. et NEIL, J.T. "Major-minor accidents ratios in the construction industry", *Journal of Occupational Accidents*, 7, 1986, p. 225-237.

KAHN, G. et LAUTIER, F. "La sécurité des travailleurs du bâtiment : observations sur les limites actuelles de la prévention et proposition d'expérimentation", *Actes du colloque à partir du chantier*, Atelier 7, 1985, 19 p.

KAHN, G. et LAUTIER, F. "Travail et sécurité sur les chantiers du bâtiment", *Actes du colloque à partir du chantier*, Atelier 7, 1985, 15 p.

KEPNER-TREGOE, "Les processus rationnels d'analyse des problèmes et de prise de décision", Kepner Tregoe, Princeton, New Jersey, USA, 106 p.

KJELLÉN, V. "The application of an accident process model to the development and testing of changes in the safety information systems of two construction firms", *Journal of Occupational Accidents*, n° 5, 1983, p. 99-119.

KJELLÉN, V., "The deviation concept in occupational accident control - I", *Accident Analysis and Prevention*, vol. 16, n° 4, 1984, p. 289-306.

KJELLÉN, V. "The deviation concept in occupational accident control - II", *Accident Analysis and Prevention*, vol. 16, n° 4, 1984, p. 307-323.

KJELLÉN, V. et LARSON, T.S. "Investigating accidents and reducing risks - a dynamic approach", *Journal of Occupational Accidents*, n° 3, 1981, p. 129-140.

LAFLAMME, L. "Organisation et sécurité du travail : impact quantitatif et qualitatif d'un changement technologique", Thèse de doctorat, Université Laval, 1986, 306 p., non publié.

LEFORT, B. "L'emploi des outils au cours de tâches d'entretien et la loi de Zipf-Mandelbrot. Notes résumées de thèses et de rapports, *Le travail humain*, tome 45, n° 2, 1982, p. 307-316.

LEPLAT, J. et RASMUSSEN, J. "Analysis of human errors in industrial incidents and accidents for improvement of work safety", *Accid. Anal. & Prev.*, vol. 16, n° 2, 1984, p. 77-88.

LEPLAT, J. "Accidents and incidents production. Methods of analysis", *Journal of Occupational Accidents*, 4, 1982, p. 299-310.

- LEPLAT, J. "Fiabilité et sécurité", *Le travail humain*, tome 45, n° 1, 1982, p. 101-108.
- LEPLAT, J. "Accident analysis and work analyses", *Journal of Occupational Accidents*, 1, 1978, p. 331-340.
- LEPLAT, J. et CUNY, X. *Introduction à la psychologie du travail*, Presses Universitaires de France, 1977, 240 p. (Collection "PUF le psychologue").
- LEPLAT, J. et CHENAIS, M. "A stochastic model for the analysis of discrimination tasks", *Acta Psychologica*, 41, 1977, p. 261-272.
- LEPLAT, J. "Genèse des accidents et facteurs de risque. Séminaire sur la recherche en matière de sécurité", Stockholm, *Swedish Work Environment Fund*, 1975, 16 p.
- LEPLAT, J. et CUNY, X. *Les accidents du travail*, Paris, Presses Universitaires de France, 1974, 125 p. (Collection "Que sais-je?", n° 1591).
- LEPLAT, J. "Les critères dans les études ergonomiques de sécurité routière", *Ergonomics*, vol. 17, n° 5, 1974, p. 663-675.
- MASSON, M. "Une perspective nouvelle dans l'analyse de l'accident : la méthode d'analyse logico-temporelle. I- Élaboration de l'analyse", *Le travail humain*, vol. 52, n° 4, 1989, p. 317-333.
- MERIC, M. *Études des modalités de diffusion d'une nouvelle méthode d'analyse des accidents dans le bâtiment et les travaux publics*, Vandoeuvre-Les-Nancy, INRS, Rapport n° 1147/RE, 1982, 98 p.
- MERIC, M. et SZEKELY, J. *Diagnostic de sécurité préalable à la définition d'actions de prévention*, Vandoeuvre-Les-Nancy, INRS, Rapport n° 399/RE, 1980, 84 p.
- MOYEN, D., QUINOT, E. et HEIMFERT, M. "Exploitation d'analyses d'accidents du travail à des fins de prévention. Essai méthodologique", *Le travail humain*, tome 43, n° 2, 1980, p. 255-274.
- NISKANEN, T. et SAARSALMI, O. "Accident analysis in the construction of buildings", *Journal of Occupational Accidents*, 5, 1983, p. 89-98.
- QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction*, S-2.1, r.6, Québec, Éditeur officiel du Québec, 1er octobre 1985, XIII - 224 p.
- QUINOT, E. "Le phénomène accident", *Le travail humain*, tome 42, n° 1, 1979, p. 88-104.
- REMY, P.-L. *Les études des causes d'accidents du travail*, Montrouge, ANACT, 191 p. (collection "Études et recherches").
- SAARI, J. "Accidents and disturbances in the flow of information", *Journal of Occupational Accidents*, 6, 1984, p. 91-105.

SAARI, J. et JARI, L. *Working conditions and accidents - a working paper for SCRATCH - Project*, Tampere, Tampere University of Technology, Department of Mechanical Engineering Labor Protection, 1978, Report 8, 24 p.

SAARI, J. *Disturbances in the flow of information and accidents*, Institute of Occupational Health, Helsinki, p. 236-264.

SHANNON, H.S. et MANNING, D.P. "Differences between lost-time and non-lost-time industrial accidents", *Journal of Occupational Accidents*, 2, 1980, p. 265-272.

SZEKELY, J. et KEYSER, V. de *La sécurité dans deux usines de textile. Analyse des facteurs d'accidents du travail*, Montrouge, ANACT, 1980, 173 (Collection "Études et recherches").

TAYLOER, D.H. "The hermeneutics of accidents and safety", *Ergonomics*, vol. 24, n° 6, 1981, p. 487-495.

TORT, B. *Bilan de l'apport de la recherche scientifique à l'amélioration des conditions de travail*, Laboratoire de physiologie du travail et d'ergonomie, rapport n° 47, Ministère de l'Éducation nationale, France, 1974, 170 p.

TOULOUSE, G., CHICOINE, D. *Travail en hauteur et sécurité dans le coffrage conventionnel*, IRSST, Annexe au rapport de recherche, 1988, 132 p.

VAN DAELE, A. "Les indicateurs de sécurité : intérêt et limites dans le cadre d'un diagnostic", *Revue des conditions de travail*, n° 24, 1986, p. 13-16.