

Classification des facteurs potentiels d'accidents en vue de leur utilisation pour la prévention des accidents

par J. TONNELAT
Retraitée, 75000 Paris

INTRODUCTION

Pour mettre en œuvre un ou plusieurs moyens de prévention, il est indispensable de connaître les risques, ou si l'on préfère les facteurs potentiels d'accidents, chaque fois que l'on fait une expérience.

Une classification a pu être élaborée après l'analyse d'un grand nombre d'accidents du travail.

Elle peut être utilisée pour la prévention d'accidents en milieu scolaire, aussi bien pour les élèves que pour le personnel (enseignants et personnel du laboratoire).

On distingue ainsi les facteurs potentiels d'accidents liés à :

1. l'Individu (I), c'est-à-dire la personne qui fait le travail. Ce peut être un élève, un aide de laboratoire, un enseignant.
2. le Matériel (M) qui comprend tout ce qui est nécessaire pour l'exécution de l'expérience. Par exemple : de la verrerie, des produits chimiques, des appareils variés, l'électricité, le gaz, l'eau, la sorbonne, la ventilation.
3. la Tâche (T), c'est-à-dire tout le travail à exécuter : le choix et le transport du matériel, le montage de l'expérience, le déroulement de celle-ci, le démontage, le nettoyage, le rangement, l'élimination des déchets.
4. l'Environnement (E) subdivisé en :
 - a) environnement humain,
 - b) environnement matériel ou encore les locaux.

Par conséquent il faut et il suffit de faire un inventaire complet des

facteurs potentiels d'accidents, lors de chaque expérience, dans chaque grande catégorie, pour éviter les accidents en utilisant des moyens de prévention appropriés.

La difficulté est précisément de faire un inventaire vraiment complet. Souvent, on s'aperçoit d'un oubli pendant le déroulement de l'expérience. On peut alors compléter l'inventaire.

Les expériences de démonstration faites dans les établissements d'enseignement du second degré ont été réalisées un grand nombre de fois. On fait peu d'oublis avec un peu d'entraînement.

Je n'ai pas la prétention de faire, dans chacune des catégories un inventaire complet. Je donnerai seulement un certain nombre d'exemples ; aucune des listes ne sera limitative.

1. FACTEURS POTENTIELS D'ACCIDENTS LIÉS À L'INDIVIDU

Le mot «*individu*» est à prendre ici comme synonyme de «*manipulateur*». Il s'agit de la personne qui exécute une manipulation.

Dans les établissements d'enseignement du second degré, il y a deux sortes d'expérimentateur :

- d'une part les enseignants et le personnel du laboratoire, conscients de leur responsabilité ;
- d'autre part les élèves, presque toujours ignorants des risques d'accidents et parfaitement inconscients de leur responsabilité.

Certains facteurs potentiels d'accidents sont communs aux deux catégories précédentes, par exemple :

- ignorance de risques,
- fatigue générale, manque de sommeil,
- soucis familiaux,
- gestes maladroits.

Pour les enseignants et les aides de laboratoire, citons :

- une certaine anxiété, lorsqu'on ne connaît pas encore les élèves, à propos du comportement de ceux-ci qui appliquent ou non les recommandations qui leur ont été données ;

- sang-froid insuffisant dans des situations inattendues ;
- ignorance des moyens de prévention à utiliser ;
- ignorance des gestes de premier secours.

En ce qui concerne les élèves :

- notions trop rares ou inexistantes sur les risques d'accidents aux travaux pratiques pour eux-mêmes et pour les autres ;
- absence de motivation pour les expériences scientifiques ;
- troubles du comportement lors de la période pubertaire ;
- besoin de se singulariser, d'où des tentatives d'expériences non indiquées par l'enseignant ;
- totale méconnaissance des conséquences possibles d'un accident ;
- adresse manuelle insuffisante ;
- manque d'attention aux explications du professeur, en particulier aux précautions indiquées par l'enseignant ;
- tenue vestimentaire non appropriée aux risques du laboratoire ;
- impossibilité de rester à la même place, d'où le besoin de circuler dans la salle de travaux pratiques.

Je tiens à faire remarquer que la motivation pour les exercices pratiques est extrêmement favorable à l'acquisition de l'esprit de sécurité, et par conséquent à la maîtrise des risques.

2. FACTEURS POTENTIELS D'ACCIDENTS LIÉS AU MATÉRIEL

2.1. La verrerie

Une première liste de facteurs potentiels d'accidents a été publiée dans le B.U.P. n° 713, avril 1989, pp. 503 à 522.

On y trouvera plus de détails et aussi des moyens de prévention.

On peut citer :

- fragilité et rigidité,
- conductibilité thermique et fusion pâteuse,
- conductibilité électrique et formation d'électricité statique,

- émission de lumière à chaud
- corrosion par certains produits chimiques.

2.2. Les récipients et tubes en matières plastiques

- a) récipients rigides à la température ordinaire :
- fragilité et rigidité
 - ramollissement à chaud et fusion progressive,
 - émission de gaz, parfois toxiques , par pyrogénéation.
- b) récipients ayant une certaine souplesse :
- souplesse d'un flacon, d'où projection du liquide contenu.
 - émission de gaz, parfois toxiques, par pyrogénéation,
 - corrosion des charges par certains produits chimiques,
 - affaiblissement des parois par simple vieillissement.

2.3. Les produits chimiques

Je rappelle que l'étiquetage informatif européen est obligatoire pour les produits chimiques.

Toutes les étiquettes des flacons contenant des produits chimiques dangereux doivent obligatoirement comporter un dessin symbolique sur fond orange et des phrases indiquant les risques majeurs et les tout premiers soins à faire dès que l'accident se produit.

Les diverses catégories signalées sont les produits explosifs, inflammables, comburants, toxiques, corrosifs, irritants, nocifs*.

Il faut y ajouter trois autres catégories : les produits cancérigènes, mutagènes et tératogènes. Aucun dessin symbolique n'est prévu pour ces trois catégories.

* Note : Pour des informations complémentaires, voir les numéros du B.U.P. n° 646, septembre 1982, pp. 1152-1160 et n° 680, janvier 1986, pp. 465-477.



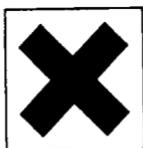
E - Explosif.



F - Facilement inflammable.



T - Toxique.



Xi Irritant.



O - Comburant.



C - Corrosif.



X_n Nocif.

Figure 1

Des fiches toxicologiques permettent d'avoir des informations supplémentaires sur les facteurs potentiels d'accidents d'un très grand nombre de produits.

Certains produits chimiques sont fournis en bouteilles de gaz comprimés et/ou liquéfiés par compression. Par exemple, l'hydrogène, l'oxygène, l'acétylène, le chlore, le butane.

Voici quelques facteurs potentiels d'accidents :

- risque de chute d'une bouteille non fixée à un mur ou sur un support adapté à ses dimensions ;
- risque d'échauffement en atmosphère chaude, au soleil, entraînant un risque d'explosion par surpression importante ;
- risque d'explosion ou de réaction chimique intempestive avec une bouteille «vide» laissée ouverte.

2.4. Matériel électrique

Des accidents d'origine électrique peuvent se produire chaque fois qu'un courant dont l'intensité est supérieure à 25 milliampères passe dans le corps humain.

Il est malheureusement impossible de connaître cette intensité faute d'un appareil de mesure. On est donc contraint d'adopter un autre moyen d'évaluation et d'utiliser la tension électrique de l'installation.

Le décret du 14 novembre 1962 donnant une classification des tensions est abrogé et remplacé par le décret n° 88-1086 du 14 novembre 1988 (J.O. du 24 novembre 1988) accompagné des arrêtés et circulaires d'application.

Les anciennes «classes» de tension sont remplacées par les «domaines» de tension conformément au vocabulaire normatif international.

L'article 3 du décret du 14 novembre 1988 donne le classement des installations en fonction des tensions.

En voici un extrait :

«En régime normal, la plus grande des tensions existant entre deux conducteurs actifs ou entre un conducteur actif et la terre ne doit pas excéder la tension nominale de plus de 10 %. Il est admis d'assimiler au courant continu lisse les courants redressés dont la variation de tension de crête à crête ne dépasse pas 15 % de la valeur moyenne».

Les différents «Domaines» sont les suivants :

- Domaine très basse tension (par abréviation TBT)
courant alternatif $U < 50$ Volts
- courant continu lisse $U < 120$ Volts
- Domaine basse tension A (par abréviation BTA)
courant alternatif $50 \text{ Volts} < U < 500$ Volts
- courant continu lisse $120 \text{ Volts} < U < 750$ Volts
- Domaine basse tension B (par abréviation BTB)
courant alternatif $500 \text{ Volts} < U < 1\,000$ Volts
- courant continu lisse $750 \text{ Volts} < U < 1\,500$ Volts

- Domaine haute tension A (par abréviation HTA)
 - courant alternatif $1\ 000\ \text{Volts} < U < 50\ 000\ \text{Volts}$
 - courant continu lisse $1\ 500\ \text{Volts} < U < 75\ 000\ \text{Volts}$
- Domaine haute tension B (par abréviation HTB)
 - courant alternatif $U > 50\ 000\ \text{Volts}$
 - courant continu lisse $U > 75\ 000\ \text{Volts}$

Le risque est d'autant plus grand pour les fréquences 50 Hertz et 60 Hertz que la tension est plus élevée.

Il n'en est pas de même lors de l'emploi de hautes fréquences associées à de hautes tensions à des fins thérapeutiques.

Tous les appareils utilisant l'électricité, tous les fils de connexion, toutes les fiches, toutes les prises de courant en mauvais état, mal isolés, sont des facteurs potentiels d'accidents.

2.5. **Énergie potentielle mécanique**

Tout dispositif expérimental rangé dans une armoire avec des masses qui seront mises en mouvement présente des facteurs potentiels d'accidents.

Il n'est pas possible ici d'entrer dans les détails des expériences, mais on peut suggérer quelques dispositifs : appareil permettant l'étude de la chute des corps, pendule simple et composé, pendule de torsion, ressort à boudin, etc...

2.6. **Énergie potentielle calorifique**

Ce paragraphe appelle les mêmes remarques générales que le précédent.

Les facteurs potentiels d'accidents dépendent essentiellement du dispositif expérimental et des instruments et produits chimiques utilisés : calorimètres, thermomètre, produit chimique utilisé (il peut exister également des risques chimiques). Une étude détaillée reste à faire.

Les moyens de chauffage utilisés pour la réalisation d'expériences peuvent également être à l'origine de facteurs potentiels d'accidents :

par exemple, le bain d'air chaud du chauffe-ballon électrique, la flamme invisible fournie par le bec Bunsen.

2.7. Radiations infrarouges, visibles et ultraviolettes

Les appareils émetteurs de radiations visibles sont très souvent, en même temps, émetteurs de radiations infrarouges et ultraviolettes.

Dès la mise en fonctionnement de ces appareils, des risques apparaissent :

- risque d'éblouissement,
- risque d'apparition d'une cataracte prématurée.

2.8. Radiations ionisantes

Les substances radioactives naturelles et artificielles peuvent provoquer de graves troubles de la santé. Leurs émissions existent d'une manière permanente. Leur stockage doit être réalisé en tenant compte de ce fait.

Certaines substances radioactives artificielles ont une période assez courte pour que la radioactivité émise diminue rapidement et s'annule pratiquement au bout de quelques jours ou de quelques semaines.

D'autres substances artificielles et les substances naturelles existant dans les lycées ont des périodes très longues (Uranium par exemple). Elles sont livrées avec une faible radioactivité, mais il est prudent de les stocker à l'écart des zones de passage du personnel et en hauteur. Ce qui évite une action fréquente sur les personnes. Le risque est finalement du même ordre que celui qui existe dans les maisons construites avec des pierres granitiques et avec lequel l'espèce humaine cohabite depuis plusieurs siècles.

Les appareils émetteurs de rayons X et γ n'émettent que lorsqu'ils sont branchés sur le courant électrique et ne présentent aucun risque radioactif pendant le stockage.

3. FACTEURS POTENTIELS D'ACCIDENTS LIÉS À LA TÂCHE

Je suis amenée ici à répéter diverses remarques déjà faites dans la partie précédente.

Il est important de noter que l'expérimentateur joue un rôle essentiel dans cette troisième partie. Nous avons ici un exemple de l'interférence de facteurs potentiels d'accidents liés à l'expérimentateur avec ceux qui sont liés au matériel, auxquels s'ajoutent ceux particuliers à la tâche. Finalement le nombre total des facteurs potentiels d'accidents semble augmenter d'une manière significative ; cependant il faut également tenir compte de l'initiative de l'individu qui corrige ce résultat par des actions neutralisant certains facteurs potentiels d'accidents. L'activité intelligente de l'expérimentateur empêche la réalisation de bien des possibilités d'accidents.

Dans cette partie, comme dans la précédente, l'énumération faite n'est qu'une première liste, nécessairement incomplète. Chaque expérience est un cas particulier. D'autres facteurs potentiels d'accidents apparaîtront dans des expériences non mentionnées ici et devront être ajoutés à cette liste.

3.1. Rangement de la verrerie et des objets en matières plastiques

- les objets lourds ou encombrants placés sur une planche à un niveau plus élevé que la tête de l'expérimentateur. Un récipient difficilement tenu entre les mains tombe et se brise, d'où risque de blessures par des éclats acérés.
- des flacons, des tubes, des pipettes roulent dans un tiroir lorsqu'on l'ouvre ou qu'on le ferme. D'où risque de blessures par des fragments coupants.

3.2. Emploi de flacons en plastique souple contenant un liquide inflammable ou corrosif ou toxique

Le liquide peut être, par exemple, de l'alcool ou un acide.

Citons comme facteurs potentiels d'accidents :

- la pression de la main faisant jaillir un liquide corrosif provoque des brûlures corrosives.
- la pression de la main faisant jaillir un liquide inflammable à proximité d'une flamme entraîne l'inflammation du jet et des brûlures thermiques, parfois au visage.
- un liquide toxique à action rapide est extrêmement dangereux par projection.

- pas d'étiquette sur le flacon. C'est très dangereux.

3.3. Travail du verre

Il s'agit d'un travail épisodique, pas d'une formation professionnelle*.

- fusion pâteuse provoquant la formation d'un bouchon à l'intérieur d'un tube à dégagement.
- soufflage en vue d'une soudure ; il y a formation et projection de très petits éclats, dangereux pour l'œil.
- un objet en verre, chauffé et travaillé, sorti de la flamme est posé sur un support ou sur la paillasse sans un papier précisant que ce verre est en cours de refroidissement.

3.4. Réaction chimique

Chaque réaction chimique est à examiner séparément. Toutes les expériences ne présentent pas les mêmes facteurs potentiels d'accidents : appareils différents, produits chimiques différents.

A titre d'exemples :

- mauvais réglage des détendeurs d'une bouteille de gaz comprimé ou liquéfié par compression.
- stabilité insuffisante d'un appareil de préparation d'un gaz, d'un récipient contenant un produit chimique.
- prélèvement de produit chimique dangereux, leur introduction dans un appareil ou un autre récipient.
- montage d'un appareil en verre.
- moyen de chauffage mal adapté.
- reflux d'un liquide froid dans un récipient chaud.
- dégagement de produits gazeux dangereux ou même toxiques dans l'atmosphère de la salle.
- démontage sans précaution de l'appareil après l'expérience.
- nettoyage de récipients en verre.
- transport et rangement de récipients propres.

* Note : Voir le B.U.P. n° 713, avril 1989, pp. 503-522.

3.5. Utilisation d'appareils branchés sur le courant électrique

Ici comme précédemment chaque expérience a ses facteurs potentiels d'accidents propres. L'énumération qui suit est nécessairement incomplète.

- mettre le contact avec la prise de courant avant d'avoir terminé et vérifié le montage.
- erreur de montage sans vérification du circuit.
- emploi de fils mal isolés.
- mettre le doigt sur la partie métallique d'une fiche mal isolée, ou non isolée.
- erreur sur le sens du courant électrique continu au moment du branchement.
- emploi d'un fil à 2 conducteurs à la place d'un fil à 3 conducteurs (prise de terre, mise à la masse).

3.6. Corps solides en mouvement

L'énergie cinétique acquise peut se révéler dangereuse.

Exemples :

- faire tourner à la main une pierre ou une autre masse lourde au bout d'une ficelle ou d'un élastique (fronde).
- une masse lourde suspendue à la base d'un ressort à boudin animés d'un mouvement oscillatoire vertical. Il peut arriver que la masse se détache et fasse une chute lancée.
- l'extrémité de la tige horizontale d'un pendule de torsion possède une vitesse linéaire suffisamment importante pour provoquer un accident.
- stabilité insuffisante d'un appareil, d'où sa chute.

3.7. Calorimétrie

On peut citer comme facteurs potentiels d'accidents :

- un vase calorimétrique mal isolé thermiquement.
- un dispositif de chauffage maladroit.
- l'utilisation d'un produit chimique dangereux, inflammable.
- emploi d'un thermomètre en verre dont l'échelle ne couvre pas toute la zone de température de l'expérience.

3.8. Radiations infrarouges, visibles et ultraviolettes

Voici quelques exemples :

- radiations ultraviolettes émises par la vapeur de mercure non décelables par l'œil.
- source de lumière très intense (éblouissement).
- éclairage insuffisant de la tâche.

3.9. Radiations ionisantes

- émission continue par des produits radioactifs naturels et artificiels.
- source radioactive importante et très proche de l'expérimentateur.
- stockage de sources radioactives au voisinage des postes de travail ou des passages fréquemment utilisés.

Aucune des listes précédentes n'est limitative ; ce sont seulement quelques exemples. Une étude détaillée des diverses tâches reste à faire.

4. FACTEURS POTENTIELS D'ACCIDENTS LIÉS À L'ENVIRONNEMENT

A. Environnement humain

On peut distinguer deux grandes catégories de personnes dans les salles scientifiques des lycées et collèges :

- 1) les personnes qui participent aux travaux exécutés,
- 2) les personnes qui entrent et sortent et dérangent plus ou moins celles de la première catégorie.

1) Pendant les séances de travaux pratiques, les personnes concernées sont les élèves, l'enseignant(e), et éventuellement, un ou deux aides ou garçons de laboratoire. Cette dernière catégorie fait cruellement défaut dans de nombreux établissements d'enseignement.

Tous les membres du personnel veillent au bon déroulement des expériences faites par les élèves. Connaissant les risques d'accidents, ils peuvent intervenir, par le geste et par la parole, pour que les élèves pren-

nent les moyens de prévention nécessaires et agissent en connaissance de cause.

Les élèves s'aperçoivent très vite que le personnel surveille leurs gestes de près. Il y a réponse immédiate aux appels à l'aide et souvent intervention spontanée pour éviter des maladroites de manœuvre. Ce qui n'empêche pas quelques risques d'accidents :

- besoin de certains élèves de réaliser des mélanges «pour voir si ça saute, ou si ça prend feu, ou si ça change de couleur». Il peut se produire des réactions regrettables.
- un manque d'attention aux gestes du voisin immédiat.
- un manque de coordination des gestes de deux voisins immédiats faisant ensemble une seule et même expérience.
- le besoin de se faire remarquer en circulant dans toute la salle avec un tube à essais contenant un produit chimique qu'on vient de fabriquer.

La surveillance d'une séance de travaux pratiques n'est pas de tout repos pour le personnel.

Des accidents peuvent également se produire en dehors des séances de travaux pratiques, en dehors de la présence des élèves.

L'environnement humain se compose alors des aides et garçons de laboratoire et des enseignants de la discipline considérée.

Parmi les risques tenant essentiellement à la personnalité des individus qui se côtoient journallement, citons :

- des récipients sans étiquette et contenant des produits chimiques dangereux, en particulier corrosifs ou toxiques.
- des flacons de produits remis n'importe où, dans n'importe quelle armoire, après usage.
- des pipettes ayant servi, remises avec les pipettes propres après usage sans avoir été nettoyées.
- des demandes de matériel ou de montages faites à la dernière minute.

Les rapports personnels entre les membres d'un groupe, même très restreint, peuvent devenir très difficiles si certaines personnes ne portent aucune attention aux possibilités d'accidents pour les autres. Tout

travail laissé en attente doit être signalé par un papier très visible mentionnant le risque pour des personnes non averties.

2) D'autres personnes peuvent entrer dans les salles scientifiques, salles de travaux pratiques, salles de préparation d'expériences, salles de collections.

Lorsque cela se produit pendant une séance de travaux pratiques, les risques d'accidents sont plus importants pour tout le monde. On est dérangé au moment d'utiliser un produit corrosif, au moment de vérifier un montage électrique, ce qui peut entraîner des erreurs de manipulation. Le dérangement est sérieux ; après la sortie de cette personne étrangère au groupe, il faut plusieurs minutes pour que chacun reprenne le cours de ses idées et de ses gestes, avec plus ou moins de continuité, avec parfois des risques.

Lorsque des personnes étrangères au service pénètrent dans une salle de préparation d'expériences ou de collections, il est prudent de veiller très attentivement à leurs gestes. On a souvent la manie de prendre un objet en main tout en parlant : avec des produits chimiques et des appareils électriques sous tension, il y a d'importantes possibilités d'accidents par totale ignorance des risques.

Certaines personnes sont conscientes de leur ignorance et sont prudentes, d'autres ne le sont absolument pas, malheureusement...

B. Environnement matériel

Il y a des risques d'accidents dans les salles de travaux pratiques, les salles de préparation d'expériences, les salles de collections, sur les trajets pour le transport d'une salle à une autre de produits chimiques, d'appareils en verre, d'appareils à brancher sur le courant électrique.

On peut citer :

- pas d'arrivée d'eau ni d'évacuation des eaux usées.
- pas de vanne ni de robinet d'arrêt à la libre disposition du professeur pour l'arrivée d'eau, de gaz distribué par réseau, d'électricité arrivant aux paillasses des élèves.
- dans une salle longue et étroite, pas d'interrupteur coup de poing pour coupure brutale du courant électrique en cas d'urgence.

- prises de courant aux paillasses des élèves placées devant ces derniers qui s'occupent à les démonter et les remonter pendant les explications du professeur.
- pas de sorbonne.
- pas de ventilation forcée avec arrivée d'air frais.
- passages de circulation étroits entre les paillasses d'une même rangée et entre les rangées, inadaptés à une évacuation rapide en cas de panique ou d'incendie.
- transport de produits chimiques et d'appareils lourds d'une salle à une autre par les couloirs utilisés par les élèves.
- pas de maintenance prévue pour les sorbonnes, les ventilateurs, pour les réparations des prises de courant, des circuits d'eau et de gaz, pour l'installation électrique utilisée aux travaux pratiques.
- personnel de laboratoire en nombre insuffisant.
- utilisation de salles scientifiques pour des études ou pour des cours de diverses disciplines autres que les enseignements expérimentaux.

Cette liste, comme toutes celles qui la précèdent, est incomplète. J'ai seulement donné quelques exemples et il sera nécessaire de revenir sur ces diverses catégories de facteurs potentiels d'accidents et de dresser des inventaires plus importants afin d'être en mesure de réaliser la prévention d'accidents.

CONCLUSION

Ce classement des facteurs potentiels d'accidents en quatre grandes catégories est une aide, mais n'est pas une panacée universelle.

Les facteurs potentiels d'accidents ont la regrettable habitude de n'être pas visibles à première vue. Dès qu'ils deviennent réels, on se dit : j'aurais dû y penser. Ils sont généralement évidents après l'accident, lorsqu'ils sont devenus réels. C'est pourquoi les analyses d'accidents et de presque accidents sont très importantes pour identifier de nouveaux facteurs potentiels d'accidents.

Cependant pour les manipulations scientifiques on n'est pas complètement démuné. Lorsqu'on prépare une nouvelle expérience pour

la sécurité, on peut faire le rapprochement avec d'autres expériences en s'aidant d'analogies. Ce n'est pas toujours le cas, malheureusement. Il est important de se souvenir de cette restriction quand on incorpore la sécurité à un protocole d'expérience.

Dans les collèges et les lycées, ces analogies sont souvent possibles, bon nombre d'expériences restant aux programmes de ces établissements malgré des changements de présentation. On peut alors expliciter les moyens de prévention.

Un autre point important concerne le comportement des élèves. Certains d'entre eux agissent sans penser aux conséquences de leurs gestes pour les voisins. Les amener à réfléchir aux conséquences de leurs actes est une partie importante de la formation à l'esprit de sécurité.