FÉVRIER 1998

N° ISSN 0397 - 4529

165

GESTION DE LA SÉCURITÉ DANS L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL :

ETUDE DE CAS D'UN LYCÉE

Claudie ROUSSEAU
Section Accidentologie

avec la participation de :
Marc BENOIT
Service Formation

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE

SIEGE SOCIAL :
30, RUE OLIVIER-NOYER, 75680 PARIS CEDEX 14

CENTRE DE RECHERCHE :
AVENUE DE BOURGOGNE, 54501 VANDŒUVRE CEDEX

SOMMAIRE

	Page
AVANT-PROPOS	1
RÉSUMÉ	2
1. Rappel des motifs	3
2. Réalité statistique d'une suraccidentabilité chez les jeunes	4
2.1. Les moins de 25 ans	4
2.2. Les élèves et étudiants de l'enseignement technique	5
2.3. Les accidents d'atelier dans les lycées professionnels et techniques	6
3. Objet de l'étude	7
4. Niveau d'investigation : le baccalauréat professionnel	9
4.1. Bref historique	9
4.2. Organisation de la formation	9
4.3. La fonction enseignante des professeurs d'atelier	10
4.4. L'industrie, un référent obligé	11
4.5. Le rôle des entreprises dans la socialisation de la jeunesse scolarisée	11
4.6. Les formes d'organisation du travail d'apprentissage	11
5. Méthodologie	12
5.1. Profil de la population étudiée	12
5.2. Dispositif du recueil des données	13
6. Résultats	14
6.1. Gestion des risques par l'établissement	14
6.1.1. La gestion des accidents	14
6.1.2. Descriptif de la structure sécurité dans les lycées professionnels	20
6.1.3. Perception de l'équipe enseignante sur la gestion de la sécurité au quotidien	21
6.2. Point de vue de professeurs et d'élèves sur les risques d'accidents et les moyens de prévention des machines-outils	24
6.3. Les stages en entreprises	31
6.4. Analyse de l'activité "programmation et usinage" sur un tour à commande numérique	33
6.4.1. La programmation d'usinage	33
6.4.2. Les conduites durant l'usinage	50
CONCLUSIONS	58
BIBLIOGRAPHIE	61
ANNEXES	64
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	76

AVANT-PROPOS

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la réflexion et des actions qui visent à promouvoir un enseignement de la prévention des risques professionnels dans les formations techniques.

On constate en effet que les jeunes salariés sont très accidentés. Une enquête réalisée en 1992, par le Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation professionnelle montre qu'un accidenté sur quatre a moins de 25 ans. En 1995, l'Observatoire national de la sécurité des établissements scolaires a effectué une enquête auprès des inspections académiques ; 156.000 dossiers ont été étudiés à partir des déclarations d'accidents transmises par les établissements scolaires durant l'année 94-95. Concernant les lycées, les accidents en atelier représentent près de 20 % des accidents recensés alors que seulement un élève sur quatre pratique une activité en atelier.

Le présent travail rend compte d'un diagnostic relatif à la gestion de la sécurité dans un établissement d'enseignement professionnel. Ainsi, nous présentons d'abord la prise en charge de la sécurité par l'établissement puis on se centre sur celle des élèves. En effet, si ceux-ci sont la "cible" des formations visant une meilleure maîtrise des risques professionnels, il n'en reste pas moins vrai que ces futurs professionnels sont immergés quotidiennement dans un milieu dont la qualité de la prise en charge de la sécurité a une incidence sur leur représentation et leur pratique. L'intégration de l'analyse de cette dimension socio-organisationnelle nous a semblé nécessaire pour dépasser les constats réduisant l'élève à un adolescent ayant des comportements incompréhensibles face aux risques.

° °
°

RÉSUMÉ

Ce travail porte sur la gestion individuelle et/ou collective des risques d'accidents dans un établissement d'enseignement professionnel. Il fait suite à une demande du service de la délégation à l'enseignement technique du département formation de l'INRS. Il s'agit d'étudier la capacité des élèves à évaluer et maîtriser les risques.

Élargissant le propos à la prise en charge de la sécurité dans l'établissement, nous examinons d'abord la gestion administrative des accidents survenant sur des machines-outils et recueillons les points de vue de professeurs sur la prise en charge effective de la sécurité dans ce lycée. Ensuite, nous centrons notre investigation sur une classe de 1ère, 14 élèves, préparant un baccalauréat de productique mécanique. Au cours d'entretiens individuels, nous traitons des risques d'accidents auxquels ils sont exposés en travaillant sur des machines-outils et des moyens de prévention existants pour s'en protéger. Enfin, on analyse une situation de conduite d'un tour à commande numérique, c'est-à-dire de la programmation à l'usinage d'une pièce, réalisée individuellement dans l'atelier de mécanique du lycée.

Globalement, les résultats essentiellement qualitatifs, compte tenu des effectifs de l'étude, font apparaître que la prévention n'est pas un thème mobilisateur pour les professeurs interviewés. Ce constat n'est d'ailleurs pas spécifique au milieu de l'enseignement mais plutôt lié au thème lui-même. Cependant, on relève aussi l'expression de bonnes volontés individuelles s'occupant à un certain moment de faire progresser la sécurité, mais qui faute de reconnaissance institutionnelle, de relais et de budget, s'épuisent.

Concernant les élèves, ils citent peu de risque de façon spontanée et semblent avoir une perception individuelle des risques d'accidents et des moyens de prévention sur les machines-outils. De plus il relativisent les risques en comparant le lycée et l'entreprise, lieu de leurs stages. Par ailleurs, l'analyse des situations de conduite sur machines-outils à commande numérique (MOCN) montre, en particulier à travers des récupérations d'incidents, des comportements de résolution de problèmes en temps réel, "au coup par coup". Ces comportements indiquent des niveaux assez faibles d'anticipation d'incidents, ce qui, on le sait, va à l'encontre d'une stratégie de prévention.

GESTION DE LA SÉCURITÉ DANS L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL : ÉTUDE DE CAS D'UN LYCÉE

1. Rappel des motifs

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'accord signé le 1er février 1993 entre la Sécurité Sociale et le Ministère de l'Éducation Nationale, Secrétariat d'État à l'Enseignement Technique. Cet accord reprend les conclusions du rapport CECCALDI (1990) quant à la nécessité de rénover et de dynamiser l'enseignement de la prévention des risques professionnels. La durée prévue de l'accord est de 5 ans, de 1993 à 1998, pour mettre en place les moyens d'atteindre l'objectif suivant : "que la maîtrise des risques devienne une composante de la qualification professionnelle". Dans une logique de partenariat, l'Institution de Prévention[1] des Risques Professionnels de la Sécurité Sociale apporte son appui à l'Éducation Nationale dans les domaines suivants :

- l'élaboration des contenus d'enseignement,
- la formation des enseignants,
- l'élaboration des supports pédagogiques,
- la réalisation d'études.

Au sein de l'INRS, la Délégation à l'Enseignement Technique est directement impliquée dans ce partenariat et instruit plusieurs études pour mieux connaître les publics visés par la formation à la maîtrise des risques. De fait, on distingue trois catégories d'études selon la population considérée soit :

Les enseignants

C'est le cas de l'étude sur les représentations des enseignants des lycées professionnels et techniques concernant la prévention et la sécurité[2].

---

[1] Elle regroupe la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAM-TS), les Caisses Régionales d'Assurance Maladie (CRAM), les Caisses Générales de Sécurité Sociale (CGSS) et l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).

[2] Ce travail s'est fait à Nantes, par le service Formation de l'INRS, PEISSEL-COTTENAZ.

Les apprenants

Pour illustration on citera ici l'étude sur "la construction sociale de l'accident de travail chez les jeunes". Ce travail réalisé par une équipe de l'INSERM restitue 10 itinéraires de jeunes accidentés.

Les enseignants et les apprenants avec toutefois un éclairage plus accentué sur les apprenants.

La présente étude prend place entre ces deux pôles et vise à rendre compte de la gestion des risques d'accidents au quotidien.

Cette thématique a déjà été étudiée dans des situations professionnelles lors de chantiers électriques (ROUSSEAU & MONTEAU, 1991)[3]. L'originalité du présent travail réside donc dans le milieu d'investigation qu'est l'enseignement professionnel.

2. Réalité statistique d'une suraccidentabilité chez les jeunes

2.1. Les moins de 25 ans

L'enquête réalisée par le Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation professionnelle (1992) sur la base des accidents avec arrêt montre qu'**un accidenté sur quatre a moins de 25 ans.** Concernant cette population, on peut aussi noter que :

- 29 % des accidentés sont de nouveaux embauchés (contre 9 % des 25 ans et plus),
- 45 % ont des statuts précaires (contre 14,6 % des 25 ans et plus),
- l'indice[4] de taux d'accidents est deux fois plus fort pour les moins de 25 ans que pour les autres salariés. Cependant, la différence des indices selon l'âge s'atténue au sein d'une même catégorie (précaires, non précaires), ce qui tend à montrer que la précarité joue un rôle prépondérant sur l'accidentabilité.

---

[3] Il s'agit de l'étude intitulée "La fonction de prévention chez l'opérateur. Mise en évidence de conduites sécuritaires au cours d'une activité de chantier". NST n° 88.

[4] Il mesure l'écart de taux d'accidents d'une catégorie de salariés, en l'occurrence les jeunes de moins de 25 ans, par rapport aux taux de l'ensemble des salariés. Supérieur à 1, il traduit une suraccidentabilité du groupe de population concernée par rapport à l'ensemble de la population étudiée.

Ce constat de suraccidentabilité se vérifie quelle que soit l'activité avec une différence à peine plus marquée dans l'industrie ou les services et moins marquée dans le BTP.

Secteurs d'activités	Moins de 25 ans	25 ans et plus	Ensemble
Industrie	246	84	100
- Industries agro-alimentaires....	197	82	100
- Biens intermédiaires.....	258	84	100
- Biens d'équipement	296	82	100
- Biens de consommation.....	211	87	100
B.T.P.	162	89	100
Services	222	83	100
- Commerce	200	83	100
- Transports	255	89	100
- Autres services marchands	204	83	100
- Services non marchands	383	78	100
Ensemble	**218**	**84**	**100**

Sources : OAT 1992 et Enquête Emploi de mars 1992

Tableau n° 1
Indice* de taux d'accident par âge et par secteurs d'activités

* Indice = taux x 100.

2.2. Les élèves et étudiants de l'enseignement technique

En ce qui concerne la population des élèves et étudiants de l'enseignement technique, les statistiques de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) donnent l'évolution des accidents du travail avec arrêt, des accidents avec incapacité permanente ainsi que le nombre de décès.

Année	Statistiques d'accidents				
	Nbre d'A.T avec arrêt	Indice de taux d'accident avec arrêt	Nbre d'A.T. avec incapacité permanente	Indice de taux d'accident avec incapacité permanente	Nbre de décès
1987	814	1,07	232	3,19	4
1988	**893**	**1,47**	**309**	**5,11**	**3**
1989	810	1,12	275	4,37	4
1990	777	0,97	284	3,99	2
1991	828	0,82	275	2,55	2
1992	**920**	**1,2**	**237**	**3,72**	**2**

Tableau n° 2
Évolution des accidents du travail et des décès

A la lecture de ce tableau, on constate que le nombre d'accidents avec arrêt apparaît relativement stable, à l'exception des années 88 et 92 qui enregistrent une nette augmentation par rapport à l'année précédente, respectivement +79 et +92. Le nombre d'accidents avec incapacité permanente fluctue annuellement de plus ou moins 15 accidents entre 88 et 91. Quant aux indices, ils affichent une suraccidentabilité quasi-systématique quelles que soient les années. Le nombre des décès est aussi à considérer avec une interrogation toute particulière en regard de la spécificité du statut des victimes.

2.3. Les accidents d'atelier dans les lycées professionnels et techniques

Les résultats suivants sont issus d'une enquête[5] réalisée pendant une année scolaire (de novembre 1984 à novembre 1985) dans 19 établissements d'enseignement technique industriel (14 lycées professionnels et 5 lycées techniques) du département de l'Isère. Elle a concerné 6102 élèves. Ils ont eu 3397 accidents d'atelier. Le taux d'accident[6] moyen est élevé : un élève sur deux a un accident au cours de l'année.

---

[5] Cette enquête a été faite par D. CHOMAT, médecin de prévention et M. ZORMAN, médecin conseiller technique du Rectorat de Grenoble. Elle est publiée dans un ouvrage collectif de médecine scolaire et universitaire, 1987, N° spécial sur les accidents en milieu éducatif.

[6] Ce taux prend en compte tous les accidents ayant nécessité des soins à l'infirmerie, qu'ils aient donné lieu ou non à un arrêt d'atelier.

Branches de formation	Taux d'accident	
	C.A.P.	B.E.P.
Chaudronnerie	1,60	0,99
Bâtiment, travaux publics	1,26	0,23
Alimentation	1,09	0,57
Travail du bois	0,98	0,53
Mécanique	0,83	0,44
Peinture, chimie	0,38	0,46
Soins, services	0,35	0,67
Électricité, électronique	0,24	0,17
Textile, habillement	0,16	0,13

Tableau n° 3
Répartition du taux d'accident selon les branches de formation
pour les élèves de C.A.P. et B.E.P.

3. Objet de l'étude

Le présent travail s'inscrit dans l'étude de la gestion individuelle et/ou collective des risques d'accidents au sein des situations professionnelles.

En effet comme le souligne DEJOURS (1995) au sujet des présupposés relatifs au concept de travail : "quelles que soient la qualité de la conception et la précision des procédures, reste une part de responsabilité revenant aux hommes qui n'est jamais prise en considération. Une part qui relève de la décision (...). Il en est de même pour une consigne que pour une loi. La loi dit ce qu'il convient de faire dans une situation caractérisée avec un certain nombre de précisions. Mais on ne peut jamais décrire intégralement à l'avance, si la situation actuelle, ou la situation dont on fait le procès, relève ou non du cadre d'application de cette loi. C'est pour cette raison que le droit est toujours cumulatif et procède par accumulation successive de jurisprudences".

Si l'on tient compte de cette difficulté essentielle à toute situation de travail, il faut admettre que tout travail implique une part de gestion du décalage entre organisation du travail prescrit et organisation du travail réel.

Cette zone de flou produite soit par ce décalage entre le prescrit et le réel, soit par une quasi-absence de règles de sécurité (cas de la situation analysée dans ce travail),

confère de fait aux opérateurs un rôle de première importance dans la gestion de l'activité en général et des risques d'accidents en particulier.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, cette thématique a déjà été étudiée lors de situations de chantiers électriques. Il s'agissait d'une activité de remplacement de coffret disjoncteur effectuée par des équipes de 2 à 3 monteurs électriciens dont l'expérience était variable. L'analyse des communications fonctionnelles et des pratiques professionnelles des opérateurs rend compte de la complexité de la prise en charge de la sécurité fait de sélection de consignes et de mise en oeuvre de pratiques informelles de sécurité acquises sur le terrain. Ces dernières présentent les caractéristiques majeures suivantes :

- "elles ne font pas double emploi avec les prescriptions formelles,
- elles témoignent de l'intégration de plusieurs finalités, notamment de la qualité du travail,
- elles restent discrètes à l'observation,
- elles sont mises en oeuvre par des agents expérimentés"
  (ROUSSEAU & MONTEAU, 1991).

Dans le prolongement de cette réflexion sur la gestion des risques, la Délégation à l'Enseignement Technique a demandé une étude portant sur l'existence ou non de pratiques informelles de sécurité dans une population de lycéens de l'enseignement professionnel.

Compte tenu des résultats obtenus précédemment, nous faisions l'hypothèse que les lycéens, ayant peu, voire pas d'expérience professionnelle, ne disposent pas de pratiques informelles de sécurité. Comme dans l'étude antérieure, notre méthode relève de l'ergonomie dans la mesure où une situation de travail effective est analysée afin d'identifier les comportements à l'égard des risques d'accidents. On utilise aussi la technique d'entretien plus spécifique à une démarche psychosociologique pour rendre compte d'éléments d'ordre socio-organisationnel qui interagissent avec l'activité et permettent si non d'expliquer, au moins d'éclairer certains aspects de la gestion de l'activité.

De cette façon, nous présentons dans un premier temps un diagnostic sur les **perceptions** des enseignants et apprenants à l'égard des risques d'accidents professionnels et des pratiques existantes pour gérer ces risques dans le lycée. Ce n'est que dans un second temps que nous analysons les **pratiques** lors d'une situation de travail en atelier.

4. Niveau d'investigation : le baccalauréat professionnel

La Délégation à l'Enseignement Technique a porté son choix sur le niveau intermédiaire de l'enseignement professionnel, à savoir les baccalauréats professionnels dont voici quelques caractéristiques :

4.1. Bref historique

Institués par la loi sur l'enseignement professionnel de décembre 1985, ces baccalauréats fournissent un nouveau cadre de réflexion pour un ensemble de demandes posées antérieurement en terme de brevet de technicien, voire de brevet professionnel, et correspondant à "la nécessité d'avoir des personnels évolutifs pour les nouvelles technologies, ce que ne permet pas le faible niveau intellectuel des titulaires de C.A.P."[7] Il existe en 1987, 14 baccalauréats professionnels, 22.000 jeunes y sont scolarisés ; en 1988, 47.000 élèves sont inscrits dans 19 spécialités.

4.2. Organisation de la formation

La formation se déroule sur deux années scolaires et a lieu alternativement en établissement scolaire et en entreprise à raison de :
- 52 semaines en établissement scolaire,
- 16 semaines en entreprise.

Les enseignements se répartissent en deux domaines : l'enseignement professionnel et l'enseignement général. C'est le professeur d'atelier qui assure la plus grande partie de la formation professionnelle, le chef de travaux étant chargé de superviser l'enseignement professionnel et d'assurer le suivi pédagogique des professeurs d'atelier. En outre, un enseignement facultatif d'hygiène, prévention et secourisme, dispensé par le professeur d'économie sociale et familiale, peut être suivi à raison d'une heure hebdomadaire en moyenne sur les deux années (in "le guide de la formation en entreprise", Octobre 1989).

---

[7] Déclaration du représentant de la Formation Nationale du Bâtiment, 5° Commission Professionnelle Consultative, Juin 1984, in "baccalauréat professionnel et brevet professionnel : renouvellement ou continuité dans le procès de formation du BTP", P. CASELLA, C. AGULHON, Rapport de séminaire emploi-qualification-formation édité par le Ministère du logement, Direction de l'Habitat et de la Construction, Juillet 1993.

Sur l'enseignement professionnel en France, TANGUY (1991) apporte un éclairage sociologique très intéressant. La pertinence de ses analyses, "vérifiée" lors de nos investigations sur le terrain, justifie, nous semble-t-il, de rapporter les extraits suivants.

4.3. La fonction enseignante des professeurs d'atelier

(...) Si la fonction enseignante comprend bien un ensemble de tâches délimitées susceptibles d'être nommées et ordonnées, chacun sait que la transmission des savoirs et des savoir-faire, des valeurs, de la culture résiste à tout tracé précis de ses contours, à toute énonciation systématique de ses contenus et à toute prescription de ses méthodes et procédures. Cet ensemble d'indéterminations permettent, si ce n'est exigent des enseignants, un fort engagement de leurs personnes et autorisent, par le fait même, des pratiques diversifiées dans une institution qui est pourtant invariablement désignée comme rigide et uniforme (...). Le recours constant des enseignants à l'examen pour organiser leurs pratiques d'enseignement montre bien qu'il constituait jusqu'à présent le seul corpus didactique éprouvé dont l'enseignant pouvait disposer pour le guider dans son action quotidienne. De fait, le corpus des sujets d'examen constitue en quelque sorte le meilleur test du savoir à transmettre qui soit fourni aux enseignants. Ainsi, l'examen continue-t-il d'avoir un rôle d'unification au moins aussi puissant que celui de l'ENNA (École Normale Nationale d'Apprentissage).

(...) Aujourd'hui, le modèle de formation à promouvoir ne fait pas l'unanimité car la conception de l'ouvrier à former est floue (...). L'image du technicien, souvent invoquée aux lieu et place de celle de l'ouvrier qualifié, a pour effet de reléguer les LP (lycées professionnels) dans un espace social indéterminé, voire à les définir implicitement par la négative, sans identité propre, dans la mesure où la formation des techniciens reste la fonction d'institutions spécifiques (LT et IUT). Les LP, en droit, institution de formation des ouvriers et des employés qualifiés, accueillent de fait un public hétérogène et accomplissent des fonctions extrêmement diversifiées qui vont de la socialisation au travail industriel général à la production d'une qualification ouvrière et à la formation d'agents techniques, qui se situent à la frontière du groupe ouvrier et du groupe technicien, par les baccalauréats professionnels. Ces incertitudes et ces clivages sur les fins à poursuivre, exprimés par les enseignants, sont au coeur des interrogations sociales qui transposent les problèmes de l'emploi dans les instances d'éducation.

4.4. L'industrie, un référent obligé

L'industrie constitue un référent obligé d'une institution qui prétend au monopole de la certification professionnelle sans en détenir la légitimité, les connaissances enseignées ayant leurs sources et leurs reconnaissances à l'extérieur de l'école (...). Les rapports entre industrie et enseignement sont perçus par les enseignants comme ayant des limites infranchissables et qui tiennent à la logique propre à chaque instance ; en définitive ces rapports relèvent, selon eux, plus de l'analogie ou de la simulation que de la reproduction ou de l'imitation toujours impossibles.

4.5. Le rôle des entreprises dans la socialisation de la jeunesse scolarisée

Les enseignants reconnaissent le bien-fondé des stages mais en critiquent la forme. La majorité d'entre eux argumentent leur position en privilégiant les faits de socialisation par rapport aux faits d'apprentissage technique. Cette attitude s'enracine dans une reconnaissance de l'école "monde clos", les stages ayant alors une fonction de dévoilement, de découverte de l'entreprise (...).

4.6. Les formes d'organisation du travail d'apprentissage

En France, le principe d'organisation pédagogique des enseignements est essentiellement individuel. L'acte d'enseigner, n'obéit pas seulement aux objectifs de la didactique idéale mais combine des déterminations matérielles telles que : l'équipement, les machines, les outils, les matériaux dont sont dotés les établissements scolaires et qui circonscrivent les pratiques dans un champ de possibles. Le travail collectif peut ainsi, dans certains cas, n'être qu'une forme appropriée à une situation de pénurie et non l'application d'un modèle pédagogique.

5. Méthodologie

La filière retenue ici est celle de productique mécanique. En principe, le détenteur de ce baccalauréat doit être capable de préparer le travail de fabrication, contrôler la qualité et assurer la première maintenance. Concernant la formation, en particulier celle dispensée en atelier, l'utilisation de machines-outils à commande numérique est une raison majeure du choix de cette filière. Ces machines nécessitent en effet l'apprentissage de la programmation d'usinage et de ce fait les questions dégagées au cours de ce travail pourront être généralisées à d'autres domaines utilisant la programmation.

Par rapport à la prévention, cette population de futurs professionnels est intéressante à deux titres :

- Ayant peu, voire pas d'expérience professionnelle, leur représentation à l'égard des risques d'accidents du travail apportera des éléments de connaissance relative à l'impact de l'expérience professionnelle sur la construction du risque.
- Dans une perspective d'action, il est aussi intéressant de pouvoir s'adresser à des jeunes qui, au cours de leur carrière, pourront évoluer vers une fonction d'encadrement, position privilégiée pour transmettre un savoir-sécurité.

5.1. Profil de la population étudiée

L'étude s'est déroulée dans un lycée professionnel de 560 élèves, situé dans une ville lorraine. On s'est attaché à suivre plus particulièrement une classe de 14 élèves pendant deux ans, de la première à la terminale.

Ces lycéens sont titulaires d'un brevet d'étude professionnel (BEP), le plus souvent celui d'usinage-opérateur-régleur choisi en majorité pour l'intérêt porté à la mécanique. En première, la moyenne d'âge est de 19 ans. Ils ont tous redoublé au moins une classe, la 6ème ou la 5ème. A la suite de ces difficultés scolaires, ils ont été réorientés en 4ème technologique. Le choix de la filière productique mécanique est la suite logique de leur choix en BEP.

Leurs compétences techniques acquises à l'issue du BEP concernent principalement l'usinage sur des machines-outils à commande manuelle (tours et fraiseuses). Durant leur formation au baccalauréat, ils apprennent à travailler sur des machines-outils à commande numérique (MOCN).

5.2. Dispositif du recueil des données

OBJECTIFS	RECUEIL DES DONNÉES	POPULATION CONCERNÉE
(1) Prendre connaissance du niveau de risque de l'établissement et de la culture sécuritaire :		
→ En examinant la pratique de gestion d'événements indésirables	→ C.R. d'accidents → registre d'accidents bénins → registre d'infirmerie	→ Les élèves de la filière productique mécanique, c'est-à-dire ceux préparant un BEP ORSU ou un baccalauréat professionnel
→ En évaluant les perceptions des enseignants à l'égard de la sécurité et des risques d'accidents dans l'établissement scolaire	→ Entretiens individuels et semi-directifs (1)	→ Les personnes les plus directement concernées par le sujet : - le proviseur, - le chef des travaux, - le professeur d'atelier, - le professeur d'économie sociale et familiale, - l'infirmière.
(2) Appréhender la capacité des élèves à percevoir et maîtriser les risques d'accidents en atelier et en entreprises (stages)		
→ En évaluant les perceptions des élèves au sujet des risques d'accidents auxquels ils sont exposés	→ Entretiens individuels et semi- directifs	→ La classe (14 élèves) de 1ère productique mécanique
→ En évaluant la capacité des élèves à anticiper les risques d'accidents	→ Listing individuel de programmation d'un usinage → Enregistrement vidéo d'un usinage, réalisation d'une pièce sur un tour à commande numérique Cette mise en situation est effectuée à deux reprises : en 1ère et en terminale.	> Les mêmes élèves (14) en classe de 1ère puis en terminale

(1) Ce type d'entretien correspond à un "questionnement" préparé sur des thèmes à explorer mais prévoit aussi une place pour que la parole de l'interviewé puisse s'exprimer plus spontanément.

Tableau n° 4

Dispositif du recueil des données

6. Résultats

6.1. Gestion des risques par l'établissement

6.1.1. La gestion des accidents

Pour mémoire, il faut rappeler que les accidents se produisant lors des enseignements techniques relèvent de la législation sur les accidents du travail. A ce titre là, leur gestion administrative se fait à l'aide des trois documents suivants :

- le formulaire de déclaration d'accident envoyé à la Caisse Primaire d'Assurance Maladie (CPAM),
- le registre d'accidents bénins, destiné à la Caisse Régionale d'Assurance Maladie (CRAM),
- le registre d'infirmerie sur lequel tous les soins sont notés.

S'agissant de la déclaration d'accidents, l'attitude de l'infirmière dépend de l'idée qu'elle a de sa responsabilité professionnelle. Celle-ci peut le cas échéant être influencée par l'éventualité d'une pression exercée par les parents. A titre d'exemple, l'infirmière nous relatait le cas où des parents sont venus la "réprimander" pour ne pas avoir déclaré une lésion ayant par la suite nécessité une hospitalisation et donc une dépense financière pour les parents.

Le recensement des accidents déclarés sur trois années, concernant la filière productique mécanique (élèves du BEP ORSU et du baccalauréat productique) montre la prépondérance du nombre d'accidents en Éducation Physique (EPH)[8] et la quasi-absence d'accidents déclarés en atelier.

---

[8] Représentation graphique du cumul mensuel de ces accidents sur trois ans, in annexes p. 65.

Années scolaires	Type d'accidents		
	EPH	Domestique	Atelier
90 - 91	5 (T = 29)	4	3
91 - 92	4 (T = 28)	0	1
92 - 93	5 (T = 28)	1	0
TOTAL	**1 4**	**5**	**4**

T : Nbre d'accidents toutes classes confondues
EPH : Éducation Physique
Domestique : Accidents survenus en salle, dortoir, cour...

Tableau n° 5
Nombre d'accidents déclarés sur trois années
pour la filière productique mécanique

Le nombre plus élevé des accidents en EPH est un constat général fait tant dans les collèges que dans les lycées (cf. Travail et Sécurité, n° 555, p. 17). Toutefois, au niveau du lycée "étudié", l'infirmière fait les remarques suivantes :

- tout incident survenant en éducation physique est systématiquement déclaré, indépendamment des suites médicales, tandis que
- les accidents d'atelier et ceux appelés "domestiques" ne sont déclarés que s'ils donnent lieu à un arrêt et/ou à des soins à l'extérieur du lycée.

Malgré l'existence des deux autres registres cités ci-dessus, il est difficile d'aller au-delà de ce constat. En effet, le registre d'accidents bénins comporte des rubriques assez floues comme par exemple celle du "matricule" renseignée soit par la classe, soit par le nom de l'élève. De plus, les circonstances d'accidents ne sont pas systématiquement notées. Cette observation concerne aussi le registre d'infirmerie.

Dans ces conditions, il n'est pas possible de faire une analyse des indicateurs de risque, constitués par tous les événements indésirables enregistrés à l'infirmerie. En d'autres termes, cela signifie qu'on ne peut pas estimer le niveau de risques auquel sont exposés les élèves[9].

En termes de recommandations, l'amélioration d'une gestion préventive des accidents par le lycée nécessite d'une part une révision sur la forme des documents, avec un souci d'homogénéiser les informations rendant les comparaisons possibles, et d'autre part, une

---

9 De la même façon, au cours d'une étude sur l'évaluation économique des risques d'accidents du travail, J.L. COLLOMB relève l'absence de statistiques (p. 66) concernant les accidents sur machines-outils et de la difficulté à construire une échelle de risques.

formation des infirmières explicitant l'utilité de ces informations et leur traitement possible à des fins préventives.

Concernant notre démarche d'investigation de recherche, l'absence de données sur les risques d'accidents en atelier se traduisait par l'impossibilité à construire un référentiel des risques nécessaire pour identifier et analyser les comportements à l'égard des risques lors de situations d'usinage (deuxième partie de l'étude).

C'est pourquoi nous avons cherché à dégager des facteurs d'accidents à partir de données disponibles[10] sur 45 accidents, graves voire mortels, survenus de 1988 à 1995, sur des machines-outils, tours ou fraiseuses, en milieu industriel. Ces accidents sont analysés selon la méthode de l'arbre des causes[11].

Facteurs d'accidents	Nbre de fois où les facteurs sont présents
Machines :	**35**
- en marche	27
- sous tension	8
Dispositifs de sécurité :	**14**
- Absence de protecteurs (carter, balisage, zone d'évolution...)	8
- Protecteurs enlevés	4
- Shuntage des dispositifs de sécurité	2
Inadaptation matériel/vêtement :	**16**
- Matériel inadapté	11
- Vêtement inadapté	5
Autres facteurs d'accidents :	**8**
- Coactivité	3
- Mode opératoire inadapté	3
- Bruit	1
- Activité annexe	1

Tableau n° 6
Récapitulatif des facteurs d'accidents
dégagés de 45 accidents sur machines-outils

[10] Ces accidents proviennent de la banque de données EPICEA, enregistrant tous les accidents graves et mortels survenant en France. Elle est interne à l'Institution Prévention. Pour des compléments d'informations sur EPICEA, voir l'article de J.F. BLACHIER in Préventique-Sécurité n° 22, pp. 52-53.

[11] L'analyse détaillée se trouve en annexes pp. 66-75.

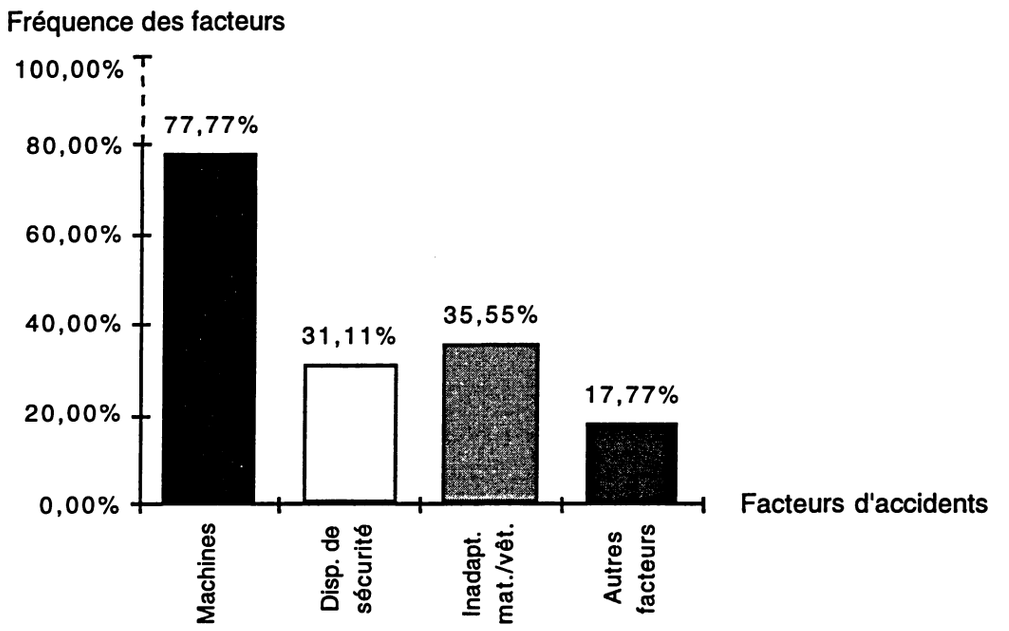


Figure 1
Représentation graphique des facteurs d'accidents

C'est sans conteste le facteur "machine", en marche ou sous tension, qui est le facteur commun à la quasi-totalité des accidents (77,77 %).

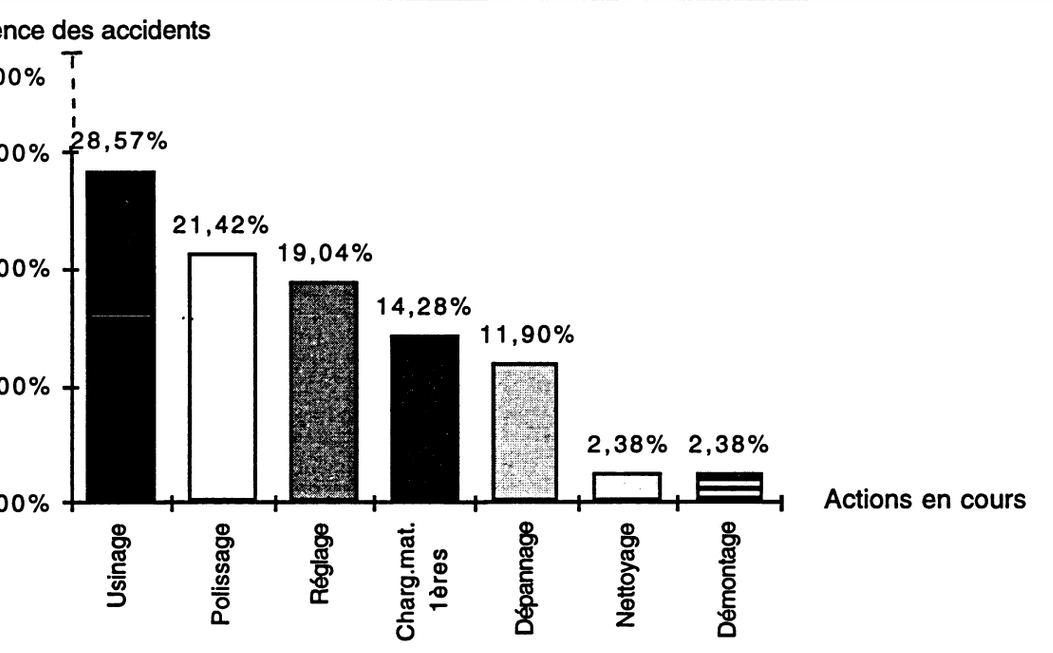


Figure 2
Ventilation des accidents selon l'action en cours

Au regard de l'action en cours au moment de l'accident, ce sont les phases d'usinage, de polissage et de réglage qui se dégagent comme étant les moments les plus accidentogènes (respectivement 28,57 %, 21,42 % et 19,04 %).

Ces quelques repères posés, les analyses d'accidents rendent vite compte des limites de la comparaison entre le milieu industriel et l'atelier d'un lycée professionnel : les conditions d'exécution et les machines pouvant être très différentes. C'est le cas ici puisque les élèves travaillent sur un tour Realmeca, c'est-à-dire une machine de petite taille, spécialement destinée à l'apprentissage de l'usinage.

Considérant les caractéristiques de la population accidentée telles que l'âge, le statut et l'expérience professionnelle, nous trouvons les répartitions suivantes :

- La variable "âge"

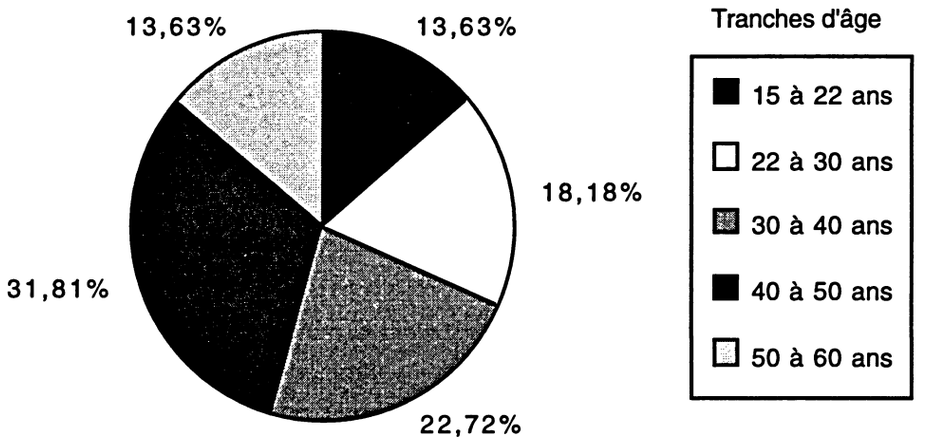


Figure 3
Répartition des accidents selon l'âge
(100 % = 45)

Dans la population analysée, la tranche d'âge "40 à 50 ans" est la plus vulnérable aux accidents (31,81 %)

- La variable "statut"

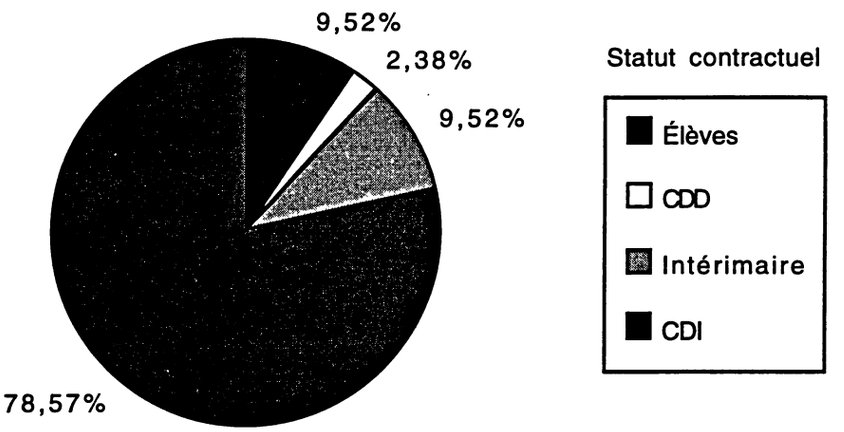


Figure 4
Répartition des accidents selon le statut
(100 % = 45)

Considérant le statut contractuel liant le salarié à l'entreprise, ce sont les salariés sous contrat à durée indéterminée (CDI) qui sont LES victimes (78,57 %) sur ce type de machines.

- La variable "expérience professionnelle"

Les élèves, les CDD et les intérimaires ont de fait peu d'expérience sur le poste où s'est produit l'accident. Au total, ils représentent 21,42 % des accidentés. Le "peu d'expérience" n'est donc pas ici une constante caractérisant les victimes.

Pour conclure cette analyse d'accidents survenus en milieu industriel, celle-ci soulève la question des raisons de l'accidentabilité et de sa gravité chez des salariés à statut contractuel stable ayant de surcroît de l'expérience professionnelle. Paradoxalement ces deux caractéristiques sont le plus souvent considérées comme étant des facteurs de sécurité par opposition avec la précarité de l'emploi et l'inexpérience professionnelle.

6.1.2. Descriptif de la structure sécurité dans les lycées professionnels

L'enseignement professionnel forme des jeunes à un métier et de fait se trouve à la croisée des chemins de l'Éducation Nationale et du milieu professionnel. Cette position charnière explique l'intervention de plusieurs institutions dans les lycées qui sont :

- l'Inspection du Travail,
- l'Inspection Académique,
- les Caisses Régionales d'Assurance Maladie (CRAM).

Ces institutions ont un rôle de contrôle à exercer pour faire appliquer la réglementation en vigueur et aussi un rôle de conseil en prévention.

La Commission d'Hygiène et de Sécurité *(décret du 27 novembre 1991)*

Parmi les obligations de cette Commission, il y a une réunion par trimestre en séance ordinaire à l'initiative du chef d'établissement. Dans l'exercice de sa mission, elle procède à des visites de locaux, notamment des ateliers, chaque fois qu'elle le juge utile et au moins une fois par an.

L'infirmière

Sa présence est obligatoire s'il y a un internat dans le lycée.

Les cours théoriques sur la prévention *(annexe III de l'arrêté du 16 juin 1987 modifié par l'arrêté du 11 avril 1988, définition des épreuves)*

Les élèves peuvent suivre un enseignement facultatif d'hygiène, prévention et secourisme à raison d'une heure hebdomadaire en moyenne sur les deux années.

L'épreuve, facultative au baccalauréat, est écrite et dure 2 heures. Elle a pour but de vérifier que le candidat maîtrise les connaissances de base de microbiologie et de physiologie indispensables à la pratique de l'hygiène, de la prévention et du secourisme dans son activité professionnelle. Des questions relatives au secourisme devront obligatoirement être posées.

Ces obligations connues, on a cherché à apprécier la réalité de la gestion de la sécurité au quotidien. Pour ce faire, nous avons conduit des entretiens avec différents interlocuteurs (proviseur, professeur d'atelier...)[12]. L'analyse de contenu thématique permet de dégager quelques traits saillants fournissant ainsi des repères sur la culture sécuritaire de l'établissement à travers des membres de l'équipe enseignante.

---

[12] La liste des interviewés est donnée dans le tableau n° 4 - Dispositif de recueil des données.

6.1.3. Perception de l'équipe enseignante sur la gestion de la sécurité au quotidien

Pour mémoire on rappelle, en début de paragraphe, les thèmes abordés avec le trait mis en exergue. Les extraits d'entretiens sont choisis pour leur valeur illustrative eu égard aux sujets abordés.

MOTIF DE L'INTÉRET POUR LA PRÉVENTION

* La responsabilité civile

"On est écouté par le patron, le proviseur parce qu'il a peur, parce qu'il sait que lui s'il y a un pépin dans l'établissement c'est lui qui porte le chapeau mais les autres ils s'en moquent royalement".

RÉALITÉ DE LA COMMISSION D'HYGIENE ET DE SÉCURITÉ

* Une certaine utilité

"La CHS fonctionne depuis 87 ; notre premier souci la première année c'était les accidents dans l'établissement, parce qu'on a eu un nombre important d'accidents et puis on a essayé de voir pourquoi on avait autant d'accidents ; j'ai établi une liste d'accidents, secteur par secteur pour voir où il y avait le plus d'accidents. Il s'est avéré que c'était en menuiserie parce qu'on travaille quand même sur des machines qui sont pour la plupart dangereuses et puis nous faisons beaucoup de manutention, alors qui dit manutention dit doigts coincés dans les planches, dit chutes...".

"La CHS a du bon. Elle nous a permis de faire une campagne d'affichage, de revoir certains protecteurs sur les machines".

*Une instance mal ajustée à l'Éducation Nationale - Une obligation subie

"Je suis certainement la personne la plus critique et la plus contestataire (des membres du CHS)... Ce qui est presque dommage c'est que les CHS ont été calquées sur ceux des entreprises ; c'est une erreur... Il aurait fallu dire bon la sécurité c'est l'affaire de tout le monde, de tous les professeurs même de l'enseignement général... et du professeur d'éducation physique... La CHS se réunit deux fois par an : les gens viennent à la réunion parce qu'il faut remplir les papiers. La CHS, elle est faite parce qu'on doit la faire... J'ai toujours été terriblement déçue par les CHS parce qu'on nous dit y a ça mais surtout ne faites

pas grand chose pour ne pas déranger les autres. Ca se dit pas mais on le ressent dans les comportements... Maintenant ça fonctionne mieux depuis que la sécurité sociale est venue mettre son grain de sel dans les accidents, en demandant pourquoi ces accidents... Il y a eu la peur du gendarme".

* Animation de la Commission d'Hygiène et de sécurité - De l'énergie à trouver et à gérer

"On a envoyé un professeur en stage par la CRAM pour l'initiation au CHS mais enfin le professeur s'est pas tellement investi... Il était pas franchement demandeur mais enfin ça l'intéressait... Mais une fois revenu dans l'établissement, il avait tellement d'occupations autres qu'il s'est pas tellement investi dans la CHS... Bon alors c'est moi qui ai pris la relève finalement pour que la CHS fonctionne parce que quand y a pas un moteur... l'organisme meurt de lui-même".

LE BUDGET SÉCURITÉ

* Quasi-inexistence du budget sécurité

"On a un budget fonctionnement qui nous permet tout juste d'acheter la matière d'oeuvre et puis les outils pour usiner mais on n'a pas un budget sécurité. On a des budgets très restreints, qui sont difficiles à gérer...".

"... S'il y a de gros problèmes de sécurité, on fait appel à notre organisme de tutelle c'est-à-dire la région. Quand il faut vite faire face à un problème lié à une machine qui devient dangereuse, on plonge dans les crédits atelier mais si nous puisons trop dans ces crédits, on ne permet plus aux ateliers de fonctionner dans de bonnes conditions..."

"La priorité c'est l'enseignement, c'est pas l'infirmerie. L'infirmerie et la prévention c'est tout à fait quelque chose d'accessoire, c'est du luxe..."

* Logique budgétaire administrative

"... Il faudrait que les moyens financiers soient plus vite mis à la disposition des établissements mais on sait aussi quelle est la lourdeur administrative. Par exemple depuis trois ans, j'avais des élèves qui, dans les douches à l'internat, glissaient et se fracturaient une jambe, un poignet parce que dans un premier temps, la région s'est battue avec les assurances des entreprises qui avaient fait des malfaçons parce qu'ensuite il a fallu obtenir les meilleurs prix pour faire les travaux. J'ai attendu trois ans pour que les travaux soient réalisés".

Au terme de cette analyse, la prévention n'apparaît pas comme un thème mobilisateur. Ce constat n'est d'ailleurs pas spécifique au contexte de l'enseignement professionnel mais plus sûrement lié au thème lui-même. Cependant, ces entretiens expriment également l'existence de bonnes volontés individuelles qui s'occupent à un certain moment de faire progresser la sécurité mais qui, faute de reconnaissance institutionnelle, de relais et de budget, finissent par se décourager.

Aussi, dans une perspective d'amélioration de la gestion de la sécurité qui tendrait vers une prise en charge par l'établissement, il est prioritaire d'organiser et de coordonner les tentatives de prise en charge individuelle et sporadique par la présence d'un interlocuteur privilégié dans le lycée.

Cette première proposition appelle quelques commentaires. En effet, on peut semble-t-il observer actuellement dans les entreprises une tendance des préventeurs à décentraliser les services prévention des entreprises, voire à les "diluer" dans des fonctions de production ou de maintenance. De notre point de vue, il n'y a pas une unique bonne organisation de la sécurité répondant à la diversité des entreprises selon leurs stades de maîtrise du risque[13]. Concernant le niveau de prise en charge de la sécurité dans l'établissement étudié, on a vu qu'il était faible, diffus et complexe à gérer compte tenu de la présence de différents interlocuteurs institutionnels. C'est dans ce contexte qu'il paraît plus pertinent d'avoir un interlocuteur privilégié permettant ainsi une centralisation des informations et un suivi des actions.

Cette organisation devrait être, bien entendu, soumise à réexamen à la lumière des améliorations obtenues.

Cet interlocuteur ayant en charge la gestion de la sécurité serait, il va sans dire, d'autant plus efficace que ses objectifs seront bien définis dans les domaines de l'information, de la formation et de la coordination. L'existence de moyens suffisants et de budget spécifique sont aussi des conditions à satisfaire pour améliorer réellement la sécurité.

Par ailleurs, il serait probablement judicieux d'avoir une commission d'hygiène et de sécurité composée de façon paritaire, représentants d'élèves et représentants de l'Éducation Nationale, cette participation pouvant être considérée comme une activité de formation intégrée à la formation professionnelle.

---

[13] Selon MONTEAU, (1992), "la maîtrise des accidents du travail dans l'entreprise résulte d'une évolution des conceptions de la sécurité et des pratiques qui en découlent. La sécurité connaît ainsi trois grandes étapes correspondant successivement à la maîtrise des risques techniques, à celle des risques organisationnels et enfin à une maîtrise des aléas à l'origine de dysfonctionnements divers". In Performances Humaines et Techniques, n° 61, nov.-déc. 1992, pp. 29-34.

6.2. Point de vue de professeurs et d'élèves sur les risques d'accidents et les moyens de prévention des machines-outils

Les connaissances dont il est question ici portent sur les risques et les moyens de prévention identifiables dans l'atelier de mécanique du lycée. Elles sont recueillies au cours d'entretiens individuels et semi-directifs avec le professeur d'atelier de productique mécanique, les élèves d'une classe de 1ère et le chef de travaux. Ainsi, elles sont de nature déclarative.

Comme DE MONTMOLLIN (1996) le rappelle : *"ces connaissances déclaratives (...), si elles sont certainement nécessaires à l'opérateur, ne sont pas identiques à ce que l'opérateur met en oeuvre par et dans le cours temporel de son action..."* C'est pourquoi, nous avons aussi analysé les comportements de ces lycéens lors d'une conduite effective de machines-outils. Ces analyses sont rapportées ultérieurement.

Description succincte de l'atelier de mécanique

Cet espace est séparé en deux par une cloison vitrée :

• D'un côté, se trouvent les machines à commande manuelle : tours, fraiseuses et meuleuses. Celles-ci sont principalement utilisées par les BEP et les CAP, les élèves y allant occasionnellement. L'espace est relativement encombré et par endroits le sol est glissant d'huile ; un professeur d'atelier dit à ce sujet : *"... y a rien en état, la pompe fuit, les tuyaux fuient, les robinets fuient, tout fuit, ça gicle partout (...), plus c'est dégueulasse et plus ça paraît, plus le professeur a l'impression de travailler peut-être...".*

• De l'autre côté, sont disposées les machines à commande numérique, c'est-à-dire un centre d'usinage, un tour Realmeca T200, d'une taille et d'une puissance inférieures aux tours industriels, et une fraiseuse de type industriel. Ces machines sont principalement utilisées par les élèves de 1ère et terminale, occasionnellement par les BEP et CAP. Cet endroit, qui représente environ un quart de la surface totale de l'atelier, est bien rangé et "propre".

Le tableau suivant présente le classement des machines - des plus au moins dangereuses - établi par les élèves et deux professeurs de l'enseignement professionnel.

ÉVALUATION DE LA "DANGEROSITÉ" DES MACHINES	
Par les élèves	**Par le professeur d'atelier et le chef des travaux**
DES PLUS DANGEREUSES	
● Tours et fraiseuses à commande manuelle ● Tours et fraiseuses à commande numérique ● Meuleuse	● Meuleuse ● Tours et fraiseuses à commande manuelle ● Tours et fraiseuses à commande numérique
AUX MOINS DANGEREUSES	

Tableau n° 7
Classement de trois types de machines-outils
selon la caractéristique "danger"

La comparaison des deux classements illustre les différences, bien connues, de points de vue entre d'une part les utilisateurs, ici les élèves, et les professeurs qui ont plutôt une position d'observateurs-analystes des risques et du danger. Au sujet de ces notions, il va sans dire que toutes les personnes interviewées utilisent indifféremment risque et danger. Pour mémoire, nous rappelons que le danger se définit par des éléments qui sont par nature incompatibles avec l'intégrité de l'individu : électricité, pièces en mouvement, toxicité d'un produit... (DUMAINE, 1985). Le risque étant la probabilité qu'un danger s'actualise c'est-à-dire entraîne effectivement des dommages (LEPLAT, 1995), autrement dit le risque est la probabilité de rencontre entre l'homme et le danger comme par exemple le risque de coupure, de brûlure... Ainsi défini, on peut dire que le danger se constate tandis que le risque s'évalue (PARANT, 1991).

Ainsi, dans le tableau ci-dessus, le classement donné par les élèves traduit un point de vue en termes de risque tandis que celui des professeurs est plus proche d'une analyse des dangers. Lors d'une visite de l'atelier, nous avions constaté des dangers identiques sur les trois machines, à savoir des éléments mobiles, coupants et très chauds. La différence entre ces machines étant la présence ou non de protections, ici les carters, et leur taille. Le classement donné par les professeurs rend compte de cet état de mise en protection.

Les avis des élèves expriment la prise en compte de la durée d'exposition au danger pondérant le caractère dangereux de la machine. Cette logique, reconstruite à partir de données recueillies en entretiens, explique ainsi la place de la meuleuse comme la machine la

moins dangereuse, puisque effectivement les élèves l'utilisent très peu de temps lors de travaux de finition.

Le tableau ci-après synthétise le point de vue du professeur d'atelier de productique mécanique et du chef de travaux au sujet des risques d'accident et des moyens de prévention identifiables sur les trois types de machines-outils présentes dans l'atelier.

Machines classées selon leur "dangerosité" estimée (des plus au moins dangereuses)	Risques identifiés	Moyens de prévention associés aux risques
(1) Meuleuse	• Projections de copeaux	Les lunettes de protection sont strictement obligatoires. Commentaires des professeurs : Les élèves de baccalauréat productique mécanique y travaillent très occasionnellement et l'utilisent pour un travail de finition rapide. Dans ces conditions, ils ne portent pas systématiquement les lunettes.
(2) Tour et fraiseuse manuelles	• Chocs provoqués par la manipulation à main nue de : - barre (matière à usiner) - pièce usinée coupante. • Projections de copeaux ou bris d'outils pendant l'usinage et le nettoyage machine en marche.	- Gants - Chaussures de sécurité ou de ville, à l'exception de tennis - Blouse - Nettoyage machine arrêtée - Carter fermé.
(3) Tour et fraiseuse à commande numérique	• Chocs aux mains lors du montage et démontage d'outils • Projections de pièce lors de l'usinage suite à une erreur de programmation.	- Avoir peur de la machine - Maîtriser la programmation - Utiliser la vitesse d'approche pour amener l'outil sur pièce.

Tableau n° 8
Identification des risques d'accidents et des moyens de prévention
- Le point de vue du professeur d'atelier et du chef de travaux -

Par ailleurs, il est intéressant de signaler l'existence de ce qu'on a appelé dans une précédente étude (op. cit.) des comportements contextuels, c'est-à-dire des comportements

qui, face à un même risque, varient en fonction d'éléments relevés dans la situation de travail.

Les extraits d'entretiens suivants sont des illustrations de représentations sous-jacentes à ces comportements contextuels.

"Y a un protecteur qui est moi je pense indispensable c'est celui du mandrin qui est une pièce tournante qui présente un danger(...). Le protecteur outil qui couvre la partie où l'outil travaille n'est pas indispensable dans certains types de travaux ; quand on utilise des outils carbure qui envoient beaucoup de projections de copeaux brûlants là c'est une nécessité (...) ; l'outil carbure fractionne le copeau, donne un copeau bleu souvent incandescent, c'est un copeau dangereux".

"Les lunettes de protection, y a du pour et du contre, la lunette de protection est valable quand le copeau est fractionné, dans certains types d'usinage. Pour meuler c'est obligatoire les lunettes, en usinage c'est pas obligatoire".

Dans les deux extraits il est question du risque "copeau" dont le caractère dangereux est apprécié différemment selon notamment l'élément, matière à usiner. Ces variations se répercutent naturellement sur les comportements de mise en protection : carter fermé pendant l'usinage, port des moyens de protections individuelles. Comme le rappelle KRAWSKY (1997), "...connaissance du risque, représentation et estimation du risque, comportement de risque (...) participant à la décision de se protéger dépend du niveau d'information et d'expérience des individus".

Le tableau suivant présente le point de vue des élèves de la classe de 1ère productique mécanique.

Machines classées selon leur "dangerosité" estimée (des plus au moins dangereuses)	Risques identifiés	Moyens de prévention associés aux risques
(1) Tour et fraiseuse manuelles	• Coupures avec des copeaux (2)* • Projections de copeaux (2)* • Electrique : machines vieilles, pas assez entretenues (1)* • Projection d'une pièce lors de son serrage (2)*, mains près du mandrin (1)* • Clé sur mandrin (1)* • Cheveux longs (1)*	- Blouse (3)* - Chaussures (3)* - Crochet (1)* - Gants (1)* - Lunettes (1)* - Pendant usinage, ne pas se mettre face à la pièce mais décalé (1)*
(2) Tour et fraiseuse à commande numérique	• Erreur de programmation, projection de pièce ou de bris d'outils (3)* • Coup de marteau sur les doigts (1)* • Si erreur de programmation, l'outil rentre dans la pièce : celle-ci peut partir (1)*	- Carter (tous les élèves) - Arrêt d'urgence (3)* - Test interne (2)* - Vitesse d'approche (1)*
(3) Meuleuse	• Projection de copeaux (1)*	- Lunettes (1)*

Effectif total : 14 élèves de 1ère productique mécanique
* nombre de fois où les risques et les moyens de prévention ont été cités.

Tableau n° 9
Identification des risques d'accidents et des moyens de prévention
- Le point de vue d'élèves de 1ère productique mécanique -

Perception des risques

Les élèves ont une **perception individuelle**, c'est-à-dire que chaque élève évoque spontanément un risque qui est différent de celui de son camarade. Le risque le plus cité, (3 fois) est celui de projection de pièce ou de bris d'outils, lié à une erreur de programmation. A noter que ce sont les trois mêmes élèves qui émettent un doute sur la fiabilité du carter (élément de machine utilisé spécifiquement pour réaliser une protection par obstacles). Les autres élèves, n'ayant pas évoqué ce risque, citent le carter comme les protégeant complètement. Autrement dit, un moyen de prévention considéré comme totalement efficace annulerait, en quelque sorte, la perception du risque concerné. Il est vraisemblable qu'il s'agit du même processus exprimé dans le langage commun par : *"plus ils sont protégés, moins ils font attention".*

L'hypothèse selon laquelle la croyance en une fiabilité totale d'un moyen de prévention annule la perception du risque visé, serait tout particulièrement intéressante à vérifier au moment où il y a une interrogation, au sein notamment des inspections académiques, sur les limites souhaitables de la protection technique des parcs machines des lycées professionnels. En effet, dans une perspective de formation des élèves à la maîtrise des risques professionnels, est-il pertinent de vouloir tendre vers des ateliers essentiellement équipés de machines "intégralement carénées" ?

Les lycéens interviewés **citent peu de risque**, en moyenne un seul par élève. Quand ils les évoquent, ils les relativisent presque aussitôt par l'absence d'accidents et la présence de moyens de prévention. Certains comparent les machines "d'école" (ici, plus petites) avec les "industrielles", sur lesquelles ils sont amenés à travailler lors des stages, pour renforcer leur propos sur le faible niveau de risque auquel ils sont exposés en atelier d'école".

Globalement les élèves perçoivent plus de risques sur les machines manuelles en raison disent-ils d'une protection moins importante que celle sur les MOCN. Quatre élèves déclarent qu'il n'y a aucun risque sur ces dernières.

Perception des moyens de protection

En toute logique, la perception individuelle des risques se retrouve ici ; à un risque l'élève associe en général un seul moyen de prévention. A la différence des professeurs, l'arrêt d'urgence (dont la fonction est de mettre et de maintenir à l'arrêt un mécanisme) est cité comme moyen de prévention à trois reprises. Les observations en atelier confirment l'importance accordée par ces élèves à ce moyen. En cours d'usinage, il est en effet assez

fréquent de voir l'élève le doigt à côté ou sur le bouton, prêt à appuyer en cas de collision pièce/outil.

Pour assurer leur protection, les élèves utilisent aussi des indices prélevés dans l'activité comme l'illustrent ces quelques extraits d'entretiens : "Les copeaux, quand ils volent trop haut, il faut baisser la vitesse". *"Quand on usine à grande vitesse, les copeaux sortent assez chauds, ça dépend des matières, celles qui chauffent le plus c'est l'acier et la fonte, et le moins l'alu. Les lunettes, on les porte ou pas selon tout ça". "La fraiseuse, c'est en forme de cône au-dessus ; si on la prend au cône au lieu de la prendre par les dents, y a pas de risque (...), si on la met dans la broche vaut mieux prendre un chiffon au-dessus". "Quand on usine, on se met pas en face de la pièce".*

Pour mémoire, rappelons que nous distinguons deux catégories de pratiques informelles de sécurité :

- les comportements contextuels se caractérisant par une sélection de la sécurité prescrite par l'opérateur,

et

- les pratiques anticipatrices, expressions d'une gestion des incidents par anticipation des étapes de l'activité.

On remarque que les comportements contextuels "rapportés" au cours des entretiens font essentiellement référence à des acquis en BEP au cours duquel les élèves usinent sur des machines, rappelons-le, pas totalement carénées. Aussi, il est certain que nous ne pourrons pas relever ce type de comportements lors de nos observations sur le tour Realmeca dont le dispositif de sécurité est une porte empêchant tout contact entre l'élève et l'espace d'usinage.

L'existence de ces comportements contextuels, tant au niveau des professeurs que des élèves, apportent des éléments de réponse positive à l'interrogation initiale du présent travail, à savoir : existe-t-il des pratiques informelles de sécurité mis en oeuvre par des lycéens en formation professionnelle ?

Commentaires : (comparaison des tableaux 8 et 9)

D'une façon générale, les risques et les moyens de prévention indiqués de part et d'autre se recouvrent. La classe (tous les élèves confondus) perçoit donc les mêmes risques et les mêmes moyens de prévention que les professeurs excepté pour l'arrêt d'urgence, cité par les élèves et "avoir peur de la machine" indiqué par les professeurs. En fait, il est fort probable que le "prêt à appuyer sur l'arrêt d'urgence" soit une traduction opérationnelle des élèves de "ayez peur de la machine".

Ainsi, on peut dire que malgré l'absence de formalisation d'un enseignement aux risques d'accidents, des messages sont passés et retenus. A ce sujet l'extrait suivant de l'entretien avec le professeur d'atelier résume la situation : *"... quand un problème se pose au niveau sécurité, quand je le rencontre on en parle... attention ici faut des lunettes... bon attention ici y a du courant... attention ici y a danger de ceci, de cela. C'est des rappels ponctuels par rapport à un danger présent. Je ne rassemble pas mes 14 élèves en disant aujourd'hui pendant une heure on parle sécurité, jamais, j'ai jamais fait ça".*

Ce comportement individualisé à l'égard d'une sensibilisation à la sécurité présente l'avantage certain d'être très opérationnel et de ce fait efficace auprès des lycéens concernés. Cependant, il est de nature à limiter une représentation globale des risque liés à une machine et de laisser ainsi la porte ouverte à l'appréciation personnelle face à des risques méconnus.

6.3. Les stages en entreprises

Au cours de leur cursus de formation, ces lycéens doivent effectuer 16 semaines de stages en entreprises, réparties sur deux ans. Comme le rappelle le guide de la formation en entreprise pour les baccalauréats professionnels, cette formation en entreprises est une partie importante de la formation.

En termes d'étude, il est évident que les stages constituent à eux seuls un objet d'investigation à part entière qui suscite rapidement un questionnement relatif aux conditions de sécurité dans lesquelles les jeunes sont immergés. En effet, la valeur d'initiation à la vie professionnelle que revêtent ces premières expériences leur confère une importance toute particulière. On peut se demander par exemple comment le vécu relatif aux conditions de travail, notamment de sécurité, va s'articuler avec les conditions en atelier d'école" ? Va-t-il y avoir un modèle dominant auquel le jeune va plus facilement adhérer ?

Dans le présent travail, on demande aux élèves ce qui, à partir de leur expérience personnelle, les prépare le mieux à leur métier : le travail en atelier ou les stages en entreprises ?

Précisons qu'au cours de leur stage, 11 lycéens (sur 14) ont travaillé à la production, sur des machines le plus souvent manuelles telles que tours et fraiseuses, mais aussi sur des plieuses et des postes à souder. Les 3 autres élèves ont fait des travaux divers allant de la peinture à la maçonnerie.

14 avis sont exprimés dont : **8 répondent que c'est l'atelier d'école** qui les prépare le mieux car l'entreprise, disent-ils, les "utilisent" à faire de la production en série sur des machines manuelles. "*On n'attrape pas d'expérience en entreprises, on nous met sur des traditionnelles et on fait de la production en série".* **2 élèves trouvent que les stages en entreprises** préparent mieux au métier et plus précisément à la réalité du travail qui les attend. **4 jeunes répondent que ce sont les deux** mettant l'accent sur

leur complémentarité : l'entreprise par les conditions réelles de travail et l'atelier d'école grâce à la formation sur les machines à commande numérique.

Pendant ces stages, il est prévu que le professeur d'atelier suive le bon déroulement en entreprises et qu'à ce titre il puisse se rendre sur le lieu du stage. C'est dans ce contexte que nous avons "visité" 4 entreprises du secteur de la mécanique : une grande entreprise et 3 PME et pu constater que : les élèves "héritent" directement de l'état de la sécurité de l'entreprise. En d'autres termes, la grande entreprise disposant d'un service sécurité va prendre en charge la formation du stagiaire quant aux risques d'accidents et lui fournir un certain nombre de documents sur le sujet. Il est d'ailleurs fréquent de retrouver l'intégralité de ces documents dans les rapports de fin de stage.

Dans les PME visitées, la sécurité des opérateurs n'était pas l'objet de formation et les difficultés économiques rencontrées par celles-ci paraissaient "justifier" la mise en production immédiate de cette main-d'oeuvre qualifiée et gratuite.

Interrogés sur les risques auxquels ils sont exposés pendant leurs stages, la plupart parle des projections de copeaux et individuellement soit de risque de peinture au trichloréthylène, de coupure, coup d'arc, manche qui se prend dans le mandrin, manque d'espace autour de la machine... Dans les propos de ces futurs professionnels, il semble que ces risques soient déjà considérés comme normaux, faisant partie intégrante de la vie professionnelle et ne suscitant donc pas de demande d'information ou de formation particulière.

Cette attitude par rapport aux risques se retrouve lors d'investigations réalisées auprès de jeunes accidentés (A. THÉBAUD-MONY et Col., 1995). L'étude de 10 monographies montre que les représentations dominantes de l'accident du travail chez les jeunes sont d'une part la responsabilité individuelle personnelle du jeune et le hasard, la fatalité d'autre part. Tous ces jeunes accidentés (moins de 25 ans), considèrent qu'il s'agit d'un problème privé que chacun va gérer à sa façon. Aucun d'entre eux ne met en cause l'accident comme événement du travail et de son organisation. Ainsi, comme les auteurs de cette étude, on est arrivés à s'interroger sur le rôle de l'école dans la formation aux risques professionnels : par exemple, comment l'enseignant, si ce rôle lui incombe (?) pourrait-il apprendre aux jeunes à demander des explications lors de situations dangereuses, voire refuser de travailler en utilisant le droit de retrait le cas échéant ? De la même façon, peut-il favoriser, lors de retour de stages, une restitution en classe des situations vécues individuellement sur les lieux de stage afin d'exercer le raisonnement à l'analyse des risques alors qu'il est bien plus inquiet de la difficulté à trouver des entreprises acceptant des stagiaires ?

Comme le rappelle TANGUY (1991), c'est une banalité d'affirmer que l'entreprise est avant tout un lieu de production et qu'elle ne peut devenir un lieu d'apprentissage que sous certaines conditions, notamment par une présence active de représentants des entreprises locales dans les processus d'orientation au sein des collèges.

6.4. Analyse de l'activité "programmation et usinage" sur un tour à commande numérique

Les conditions de réalisation

Dans le cadre de l'étude dont les objectifs sont présentés aux élèves concernés, le professeur d'atelier demande aux élèves de faire en salle de classe la programmation d'usinage d'une pièce, de difficulté moyenne dans les conditions habituelles, c'est-à-dire avec le dessin technique de la pièce, un manuel sur le langage informatique ISO, un manuel d'usinage permettant de choisir les outils à usiner, les vitesses de coupe... et un délai de 2 h. Rappelons que la programmation d'usinage consiste à codifier dans un langage informatique approprié, selon la structure de ce langage, les différentes opérations d'usinage.

Pour des raisons d'emploi du temps des personnes et de disponibilité de la machine, les élèves usinent la pièce, la semaine suivante, à partir de leur programme, sur le tour "T 200 Realmeca". Cet "exercice" est effectué à deux reprises avec les mêmes élèves, la première fois au cours du dernier trimestre de la première année, et la seconde fois, en fin de terminale avec la perspective d'évaluer une évolution dans la maîtrise de cette activité et des risques y étant associés.

De cette façon, les deux types de données suivantes sont recueillies :
- les programmes écrits par chaque élève,
- les enregistrements vidéo de l'usinage.

6.4.1. La programmation d'usinage

L'exploration du thème "gestion des risques par les élèves" nous conduit à interroger l'activité de programmation de la façon suivante :

• L'activité de programmation favorise-t-elle une représentation anticipée des relations entre les opérations d'usinage à codifier ?

• Le cas échéant, cette représentation anticipée permet-elle de limiter les erreurs de programmation dont certaines peuvent être considérées comme des facteurs potentiels d'accidents (MONTEAU & FAVARO, 1990). Le bris d'outil, par exemple, projeté hors de la machine et blessant une personne, peut être causé par une erreur de programmation concernant la vitesse d'usinage.

L'apprentissage de la programmation, situation dans laquelle sont les élèves en première année (Cf. p. 12 : profil de la population étudiée) a donné lieu à quelques recherches. EIMERL (1993), présente une analyse critique des travaux sur le sujet dont nous citons les extraits des trois recherches suivantes.

Selon MENDELSOHN (1985), "l'activité de compréhension de programme suppose que le sujet attribue aux primitives du langage (instruction de base), ainsi qu'aux structures de

programmation, une signification unique et précise en termes d'effet produit par l'exécution du programme (...)".

D'après SAMURÇAY et ROUCHIER (1985), contrairement aux situations de résolution de problèmes habituels, dans la situation de programmation il s'agit du passage d'une planification d'actions propres (comme dans les situations classiques) à une planification d'actions à faire exécuter par le dispositif. Selon ces auteurs, ce passage constitue une des étapes essentielles dans la conceptualisation des notions de programmation. Elle nécessite la représentation de ce que l'ordinateur va faire et comment, d'où l'expression "savoir faire faire" pour désigner la compétence correspondant à cette étape. Au sujet du contexte d'enseignement de la programmation, ROGALSKI (1988), parle de sous-estimation des difficultés méthodologiques. Toujours selon cet auteur, faire faire à un ordinateur, c'est-à-dire concevoir et décrire de manière structurée des procédures en s'appropriant des principes de formalisation, ne pouvait s'apprendre sans une méthode. Dans l'enseignement de ce savoir-faire, la présentation progressive et hiérarchisée, la décomposition en étapes enchaînées étaient nécessaires, et il était clair que la structuration spontanée de connaissances n'intervenait pas plus que dans d'autres situations.

Selon LEBAHAR (1987), cherchant à tester le rôle de l'activité de "modélisation-programmation" dans le développement des processus de "formation" et de "réalisation", "tout système automatisé programmable entraîne une planification renforcée de l'activité des opérateurs au moment de la préparation des informations précédant la mise en oeuvre de ce système".

Deux groupes sont comparés : première et seconde année d'un brevet de technicien supérieur en productique. L'ensemble de la population réalise trois "tâches" consistant à produire des représentations d'opérations d'usinage. Il s'agit d'interpréter un dessin de définition d'une pièce, un autre d'un concept de pièce jamais usinée et enfin de faire le récit d'un usinage récent.

De l'analyse des données, il apparaît que "la pratique de "modélisation/programmation" développe de manière évidente les conduites de formalisation de l'usinage sur MOCN".

BOLLON et CHANNOUF (1993), font également l'hypothèse "d'une relation entre programmation informatique et activité de planification, la première induisant la seconde".

Deux groupes de sujets (novices/expérimentés) sont placés dans différentes situations expérimentales de travail sur machines (commande manuelle/commande numérique). Les résultats indiquent que "la différence entre novices et expérimentés se trouve dans la capacité à mettre en oeuvre des schémas. Le type de machine modifie également l'activité des opérateurs : les sujets sur tour à commande numérique ayant une fonction davantage focalisée sur un niveau de comportement fondé sur des règles".

Les travaux de DUVENCI-LANGUA (1994), examinent aussi des situations d'usinage sur les deux types de machines outils mais dans des conditions réelles de travail.

Dans le cadre du suivi d'un projet d'automatisation, l'auteur réalise une analyse du travail auprès d'opérateurs expérimentés lors des trois situations suivantes :

- sur machine-outil manuelle,
- en phase de démarrage de machine-outil à commande numérique,
- en fonctionnement stabilisé de la machine-outil à commande numérique.

De l'analyse de ces situations, il ressort que la connaissance des machines traditionnelles semble indispensable à maîtriser pour accéder au transfert de technologie. L'évolution des compétences semble ainsi se répartir en quatre catégories, à savoir les compétences : transférées, transformées, émergées, perdues.

Dans une démarche pragmatique de formation d'un employé à la conduite d'une machine-outil à commande numérique, TANGUY et al., (1993), rappellent que les compétences de base sont en premier lieu la nécessité de maîtriser les problèmes de formation de copeaux (rapports outil-matière) et les modes de génération de formes à l'outil coupant. De même, une bonne connaissance de la préparation des opérations d'usinage est indispensable : établissement d'une gamme, principes de montage des pièces et de réglage des outils. Enfin, il est également nécessaire de savoir contrôler le résultat d'un usinage et d'analyser les causes des défauts éventuels. Toujours d'après ces auteurs, ces connaissances de base sont en grande partie déjà acquises par les opérateurs d'usinage qualifiés sur machine manuelle. Mais à ce domaine, commun aux différentes machines d'usinage, il faut ajouter les connaissances de programmation d'une commande numérique et celles particulières de pilotage qui lui sont liées telles que le chargement des outils, l'introduction des jauges d'outils, la prise d'origine machine, les procédures d'arrêt et de reprise d'usinage...

S'agissant de la population concernée par l'étude, nous considérons qu'elle a acquis les compétences de base d'usinage compte tenu de la formation sur machine manuelle dispensée en BEP. Cependant, il est apparu regrettable de ne pas pouvoir disposer d'un bilan de ces compétences qui aurait permis de mieux identifier la nature des erreurs relevées lors de l'analyse des programmes écrits par les élèves.

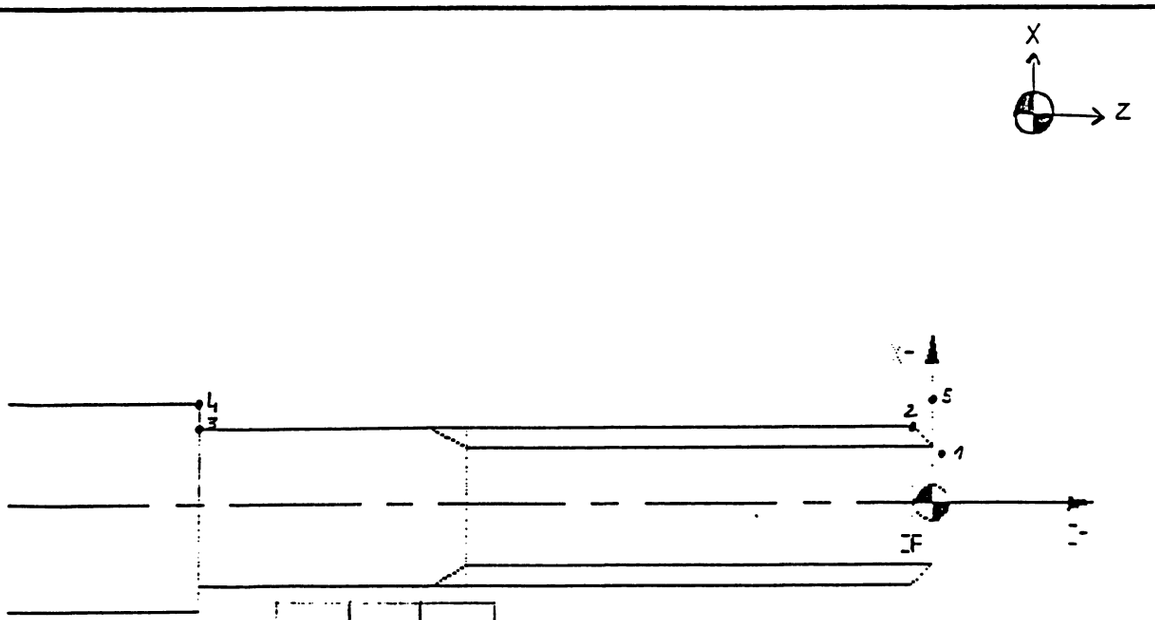
Écriture de la programmation d'usinage

A l'aide des documents techniques indiqués plus haut, les élèves établissent les "contrats de phase" sur lesquels sont définis, phase par phase (ici deux) l'ordre des opérations et les différents outils correspondants avec leurs paramètres de coupe. Un tableau de points est aussi construit, qui va donner les repères aux outils pour l'usinage de la pièce attendue. Des connaissances trigonométriques sont ici nécessaires.

Ci-dessous, un exemple de contrat de phases réalisé par un élève en première année.

Contrat de phases effectué par un élève de 1ère année

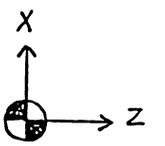
PHASE N° 1



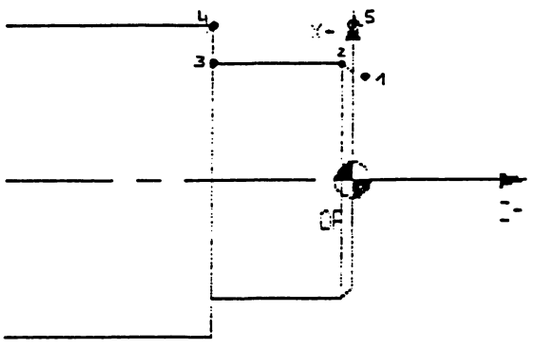
Pts	Z	X
1	1,5	3
2	-1,5	12
3	- 55	12
4	- 55	18
5	1,5	18

DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	Vc m/mn	n tr/mn	f/Tz mm/tr/dent	Vf mm/mn	t mn	ti mn
1) Ebauche ⌀ 12 f8 L 55	Outil à charioter	180			0,1		
2) Finition ⌀ 12 f8 L 55	" "	200			0,05		
3) Filetage M 12	Outil à fileter	100					

PHASE N° 2



Pts	Z	X
1	1,5	10
2	-0,5	12
3	-7	12
4	-7	18
5	1,5	18



DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	Vc m/min	n tr/min	f/fz mm/tr-dent	Vf mm/min	t min	ti mn
1) Ebauche ⌀ 12 F8 L 7	Outil à charioter.	180			0,1		
2) Finition ⌀ 12 F8 L7	Outil à charioter	200			0,05		

Le programme, ensuite écrit, décrit et relie les cycles et les changements d'outils.

Le programme écrit par le professeur

PROGRAMME INFORMATIQUE D'USINAGE (Le corrigé)
1ère Productique Mécanique

%400 (*Axe S Ph A et B*)
N10 GO G52 XO ZO G95
N20 T6 D6 M6 (*Butée*)
N30 XO ZO (*Pt O*)
N40 **MO** (*Amener la pièce en contact*)
N50 GO G52 XO ZO
N60 T2 D2 M6
N70 MO (*Amener la contre pointe*)
N80 M3 M41 S600
N90 X18 Z1 (*B*)
N100 **G92 S2500**
N110 G96 S100
N120 G79 N170 M8
N130 G01 X9 Z1(*C*)
N140 X12 Z-0.5 (*1*)
N150 Z-7 (*2*)
N160 X18 (A)
N170 G64 N160 N130 P1 I.5 K.05 F.15
N180 X18 Z-7 (*A*)
N190 Z1 (*B*)
N200 X9 (*C*)
N210 G80
N220 G77 N130 N160 F.05
N230 G97 S1000
N240 GO G52 XO ZO M9
N250 **MO** (*Reculer la contre pointe et retourner la pièce*)
N260 T6 D6 M6 (*Butée*)
N270 XO ZO
N280 **MO** (*Amener la pièce en butée*)
N290 GO G52 XO ZO
N300 T2 D2 M6 (*Outil couteau*)
N310 **MO** (*Amener la contre pointe*)

N320 M3 M41 S800

N330 X18 Z1 (*E*)

N340 **G92 S2500**

N350 G96 S100

N360 G79 N410 M8

N370 X7 Z1 (*F*)

N380 X12 Z-1.5 (*4*)

N390 Z-55 (*6*)

N400 X18 (*D*)

N410 G64 N400 N370 P1 1.5 K.05 F.15

N420 X18 Z-55 (*D*)

N430 X18 Z1 (*E*)

N440 XÈ Z1 (*F*)

N450 G80

N460 G77 N370 N400 F.05

N470 G97S800

N480 GO G52 XO ZO

N490 T8 D8 M6 (*Outil à Fileter*)

N500 GO X14 Z2 M8 (*7*)

N510 G33 X12 Z-35 K1.75 Q.05 P.613 S10 (*5*)

N520 GO G52 XO ZO

N530 M5 M9

N540 **M 2**

Transcription en langage naturel

STRUCTURE PROGRAME (ISO) D'USINAGE SUR TOUR REALMECA (NUM 750)
1ère Productique Mécanique

RÉGLAGES
Mise en position haute de la tourelle (origine machine)
Appel du 1er outil (butée)
Descente de la tourelle
Arrêt machine (amener pièce en contact)
Mise en position haute de la tourelle
Appel machine (amener la contre pointe)
Mise en marche de la broche
Données en X et Z du point d'approche
Limite vitesse maximum de la broche
Indique vitesse de coupe constante

USINAGE DU 1er COTÉ DE LA PIECE
Saut de bloc au cycle d'ébauche et mise en marche du lubrifiant
Description des points du profil fini
Cycle d'ébauche
Description des points du profil brut
Annule cycle d'usinage
Appel du profil fini (finition)

RÉGLAGES
Annule vitesse de coupe, donne vitesse constante de broche
Mise en position haute de la tourelle (O.M.) et arrêt lubrifiant
Arrêt machine (reculer contre pointe et retourner pièce)
Appel du 1er outil (butée)
Descente de la tourelle
Arrêt machine (amener pièce en butée)
Mise en position haute de la tourelle
Appel du 2ème outil (couteau)
Arrêt machine (amener la contre pointe)
Mise en marche de la broche
Données en X et Z du point d'approche
Limite vitesse maximum de la broche
Indique vitesse de coupe constante

USINAGE DU 2ème COTÉ

Saut de bloc au cycle d'ébauche et mise en marche du lubrifiant
Description des points du profil fini
Cycle d'ébauche
Description des points du profil brut
Annule cycle d'usinage
Appel du profil fini (finition)

RÉGLAGES

Annule vitesse de coupe, donne vitesse constante de broche
Mise en position haute de la tourelle (O.M.)
Appel du 3ème outil (à fileter)

USINAGE

Cycle de filetage à pas constant

RÉGLAGES

Mise en position haute de la tourelle (O.M.), arrêt broche et lubrifiant
Fin de programme pièce.

Analyse de la programmation d'usinage

Cette analyse est réalisée grâce à l'utilisation d'un logiciel d'analyse statistique de données textuelles, SPAD-T. Ce logiciel permet d'évaluer la proximité des programmations "inter-élèves", de comparer les programmations individuelles avec celle effectuée par le professeur d'atelier et dénommée le "corrigé".

L'unité d'analyse retenue est la ligne de programmation ; par exemple : N10 GO G52 XO ZO G95. Cette ligne peut être considérée équivalente à une phrase d'un texte. L'objet de l'analyse va donc porter sur l'ordre dans lequel les fonctions d'une ligne (instructions d'usinage sous forme codée) sont écrites. Par exemple G52 avant GO, et non pas sur l'écriture d'une fonction précise correspondant dans notre analogie à un mot isolé de tout contexte. La combinaison caractéristique de lignes est également analysée car la répartition des codes ne correspond pas uniquement à l'ordre chronologique des opérations ; elle doit aussi respecter un certain nombre de règles (syntaxe) spécifiques à la programmation.

L'objectif de l'analyse est essentiellement de dégager les types d'erreurs présentes dans les programmations. Ces erreurs identifiées, nous inférons la nature de leur origine ainsi que leur incidence possible sur le niveau de risque d'accident lors de l'usinage.

Les résultats de l'analyse montrent que les programmes se différencient le plus quant à leur achèvement c'est-à-dire d'après la caractéristique "terminé/non terminé" qui représente 49 % des différences. 18 % des différences sont liées à la nature des erreurs.

Trois catégories de programmes se dégagent :

1 - Les programmes les plus proches du corrigé, avec quelques erreurs concernant :

- les valeurs de l'amplitude du déplacement et le sens du déplacement de l'outil : l'outil pouvant se déplacer "trop" ou pas assez et dans le sens opposé à la pièce à usiner.
  Ces difficultés sont liées au calcul des coordonnées des différents points que va suivre la trajectoire de l'outil,
- l'ordonnancement des fonctions, sachant que des règles de syntaxe sont à respecter pour que l'ordinateur puisse les interpréter.

2 - Moins proches du corrigé, se situent des programmes également complets avec des erreurs de nature "informatique", identiques à celles que nous venons d'évoquer, et des erreurs liées à la représentation de l'usinage comme par exemple :

- la coordination erronée des phases d'usinage.

Cela peut être, par exemple, une mise en rotation inutile de la broche puis un arrêt pour retourner la pièce alors que la procédure à suivre est un arrêt pour retourner la pièce et ensuite une mise en rotation,

- le choix erroné des vitesses de coupe.

3 - Enfin, **les programmes erronés et incomplets** "présentent" l'ensemble de ces erreurs mais en nombre plus important rendant souvent impossible l'écriture d'un programme complet.

Dans un contexte d'apprentissage, il est assez normal d'obtenir une telle panoplie des difficultés rencontrées par les élèves. L'intérêt est ici d'examiner dans quelle mesure ces difficultés "naturelles" peuvent être reprises dans l'enseignement à des fins de prévention des accidents du travail. Ainsi l'analyse de ces erreurs en termes de facteurs d'accidents permet de dégager les risques qu'elles peuvent induire (tableau 10).

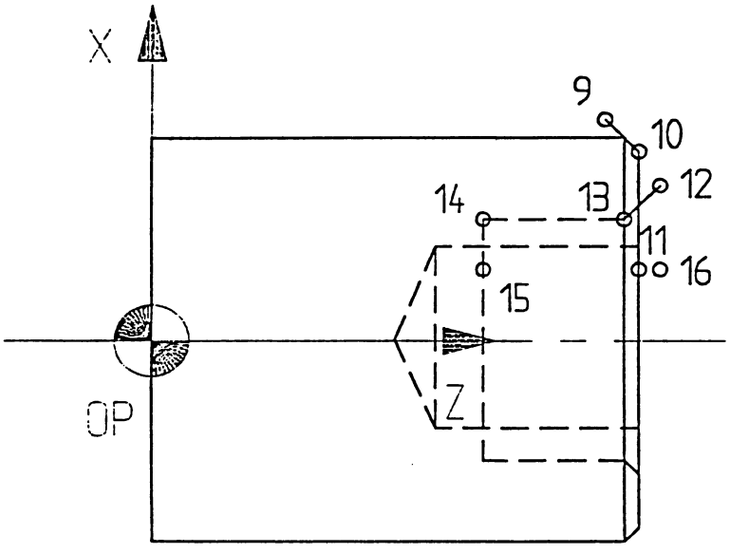
DES ERREURS CONSTITUTIVES DE FACTEURS D'ACCIDENTS	RISQUES D'ACCIDENTS
- Sens et amplitude du déplacement de l'outil - Trajectoire de l'outil - Choix des vitesses de coupe	Collision outil/pièce, en vitesse de déplacement, ou encore outil/mandrin, en vitesse de travail.
ARRET IMPRÉVU DE L'USINAGE : - Syntaxe informatique - Erreur dans la coordination des phases d'usinage	Lors de ces arrêts, il peut y avoir intervention inappropriée dans l'espace machine, constituant alors au minimum un risque de coupure ou de choc et au pire un risque de lésion de doigt en cas de redémarrage intempestif de la machine provoquée par la défaillance de l'automate programmable du système.

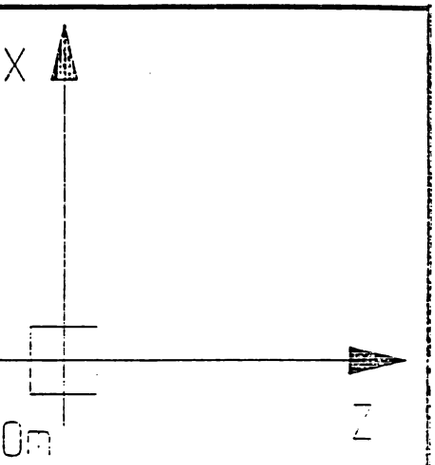
Tableau n° 10
Analyse des erreurs en termes de facteurs d'accidents

Afin d'évaluer une évolution dans la maîtrise de la programmation et indirectement des facteurs d'accidents, les mêmes élèves sont sollicités au cours de la terminale pour réaliser la programmation d'usinage d'une pièce dont la difficulté est équivalente à la première selon le professeur d'atelier.

Contrat de phases effectué par un élève de terminale

PHASE N° 1

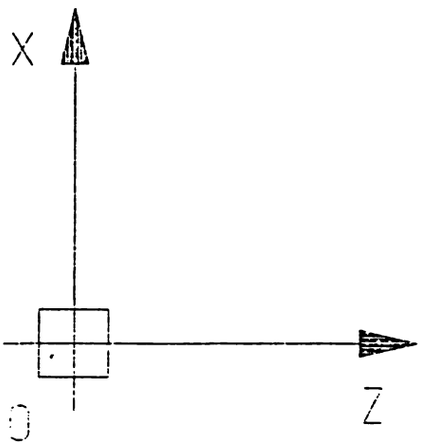


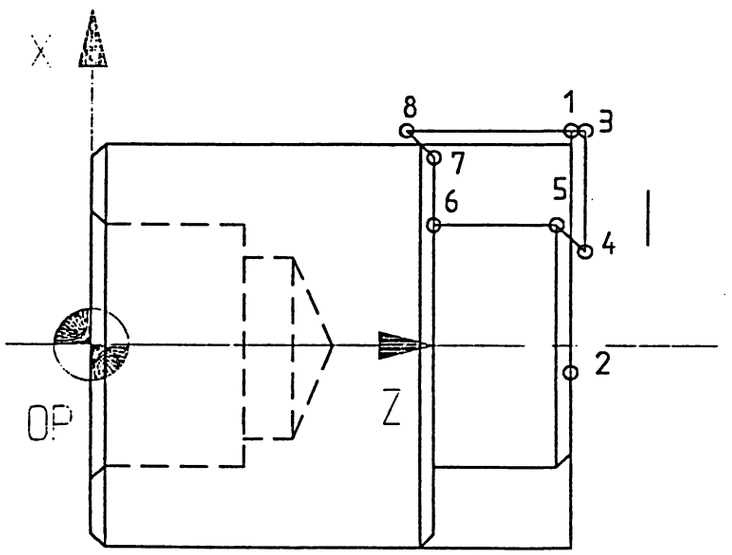


Pts	X	Z
9	32	17.5
10	28	19.5
11	14	19.5
12	24	20.5
13	20.01	18.5
14	20.01	13.35
15	14	13.35
16	14	20.5

DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	Vc m/min	n tr/mn	f/fz mm/tr-dent	Vf mm/min	t min	tt min
a) Chanfreiner - Dresser Cote 19.5±0.2	OUTIL A CHARIOTER-DRESSER ARS NFE 66 364 T1 D1	80	1273	0.10	127		
b) Alèser-Dresser	OUTIL A ALESER ET DRESSER ARS NFE 66 371 T2 D2	50	1061	0.10	106		

PHASE N° 2





Pts	X	Z
1	32	19
2	- 1	19
3	34	20
4	16	20
5	19.995	18
6	19.995	13.35
7	28	13.35
8	32	11.15

DESIGNATION DES OPERATIONS	OUTILS	Vc m/min	n tr/mn	f/fz mm/tr-dent	Vf mm/min	t min	ti mn
c) Dresser cote L9 finie	OUTIL A CHARIOTER-DRESSER ARS NFE 66 364 T1 D1	50	796	0.10	80		
d) Contourner Ebaucher	OUTIL A CHARIOTER-DRESSER ARS NFE 66 364 T3 D3	50	796	0.10	80		
e) Contourner Finir	OUTIL A CHARIOTER-DRESSER ARS NFE 66 364 T3 D3	80	1273	0.10	127		

Le programme écrit par le professeur

PROGRAMME INFORMATIQUE D'USINAGE
Terminale Productique Mécanique

% 1902
N10 GO G52 XOZO
N20 T1 D1 M6 (outil à charioter)
N30 M3 M41 S1273 M8
N40 G92 S2500
N50 X32 Z17.5 (PT9)
N60 G96 S80
N70 G1 X28 Z19.5 F.1 (Pt 10) (Dresage cote 19.5)
N80 X14 Z19.5 (Pt 11)
N90 G97 S1061
N100 GO G52 XO ZO
N110 T6 D6 M6 (outil à aléser et dresser)
N120 X14 Z20.5 (Pt 16)
N130 G96 S50
N140 G79 N190
N150 G1 X24 Z20.5 (Pt 12)
N160 X20.01 Z18.5 (Pt 13) N170 X20.01 Z13.35 (Pt 14)
N180 X14 Z13.35 (Pt 15)
N190 G64 N180 N150 I-.2 K.03 P1 F.2 (Ebauche intérieure)
N200 GO X14 Z13.35 (Pt 15)
N210 X14 Z20.5 (Pt 16)
N220 X24 Z20.5 (Pt 12)
N230 G80
N240 G41 X24 Z20.5 (Pt 12)
N250 G77 N150 N180 F.1 (Finition intérieure)
N260 GO X14 Z20.5 (Pt 16)
N270 G97 S1000
N280 G40
N290 GO G52 XOZO
N300 MO (Retourner pièce)
N310 T1 D1 M6 (outil à charioter)
N320 M3 341 S796
N340 X32 Z19 (Pt 1)
N350 G96 S80

N360 G1 X-1 Z19 F.1 (pt 2) (Dressage cote 19)
N361 G97 S1000
N362 GO G52 XO ZO
N363 T3 D3 M6
N380 X34 Z20 (Pt 3)
N385 G96 S80
N390 G79 N450
N400 G1 X16 Z20 (Pt 4)
N410 X19.9995 Z18 (Pt 5)
N420 X19.995 Z13.35 (Pt 6)
N430 X28 Z13.35 (Pt 7)
N440 X32 Z11.15 (Pt 8)
N450 G64 N440 N400 I.2 K.05 P1 F.2 (Ebauche extérieure)
N460 GO X34 Z11.15 (Pt 8)
N470 X34 Z20 (Pt 3)
N480 X16 Z20 (Pt 4)
N490 G80
N500 GO X34 Z20 (Pt 3)
N510 G42 X16 Z20 (Pt 4)
N530 G77 N400 F.1 (Finition extérieure)
N 540 G97 S1000
N550 G40
N560 GO G52 XOZO
N570 M2

Transcription de ce programme en langage naturel

STRUCTURE D'UN PROGRAMME (ISO) D'USINAGE SUR TOUR REALMECA (NUM 750)
Terminale Baccalauréat Productique Mécanique

RÉGLAGES
Mise en position haute de la tourelle (origine machine)
Appel du 1er outil (à charioter-dresser)
Mise en marche de la broche et arrossage du lubrifiant
Limite vitesse maximum de la broche
Données en X et Z du point d'approche
Indique vitesse de coupe constante

USINAGE DU 1er COTÉ DE LA PIECE
du chanfrain en indiquant les points en X et Z

RÉGLAGES
Annule vitesse de coupe, donne vitesse constante de broche
Mise en position haute de la tourelle (origine machine)
Appel du 2ème outil (à aléser et dresser)
Donne vitesse de coupe constante

USINAGE
Saut de bloc au cycle d'ébauche
Description des points du profil fini
Cycle d'ébauche (ébauche intérieure)
Description des points du profil brut
Annule cycle d'usinage
Appel du profil fini (finition intérieure)
Dégage outil

RÉGLAGES
Annule vitesse de coupe, donne vitesse constante de broche
Mise en position haute de la tourelle
Arrêt machine (retourne pièce)
Appel du 1er outil (à charioter)
Remise en route de la broche
Données en X et Z du point d'approche
Donne vitesse de coupe constante

USINAGE DU 2ème COTÉ

Données en X et Z d'un point (dressage)

RÉGLAGES

Annule vitesse de coupe, donne vitesse constante de broche

Mise en position haute de la tourelle (O.M.)

Appel outil couteau

Données en X et Z du point d'approche

Indique vitesse de coupe constante

USINAGE

Saut de bloc au cycle d'ébauche

Description des points du profil fini

Cycle d'ébauche (ébauche extérieure)

Description des points du profil brut

Annule cycle d'usinage

Appel du profil fini (finition extérieure)

RÉGLAGES

Annule vitesse de coupe, donne vitesse constante de broche

Mise en position haute de la tourelle (O.M.)

Fin de programme pièce.

Concernant les programmes de terminale, 17 % des différences se retrouvent dans la caractéristique "programme correct ou incorrect".

Le style de l'écriture, économique ou redondante, représente 13 % des différences.

Quatre catégories de programmes se dégagent, qui sont :

1 - Les programmes corrects (proches du corrigé)

2 - Les programmes corrects mais dont l'écriture est redondante.

Ici, l'emploi de lignes superflues gagnerait à être remplacé par des boucles informatiques.

3 - Les programmes incorrects avec des erreurs de type informatique :

- de syntaxe,
- de sens et d'amplitude de déplacement des outils.

4 - Les programmes incorrects avec des erreurs liées à la représentation codifiée de l'usinage :

- de coordination des phases d'usinage,
- de choix de vitesse de coupe.

On peut constater une meilleure maîtrise de l'activité de programmation avec toutefois des erreurs persistantes qui sont aussi des facteurs d'accidents. Concernant le questionnement sur une relation entre l'activité de programmation et une représentation anticipée des phases d'usinage, le dispositif adopté ne permet pas d'y répondre. Pour ce faire, une comparaison de la conduite sur une machine manuelle avec celle sur une machine à commande numérique aurait été nécessaire.

Dans la formation professionnelle de l'usinage, l'activité de programmation apparaît en définitive comme étape en amont particulièrement propice à une action de sensibilisation aux risques d'accidents sur les machines-outils. La relation entre erreurs de programmation et facteurs d'accidents pourrait à ce titre faire l'objet de cet enseignement.

6.4.2. Les conduites durant l'usinage

Selon DE KEYSER et coll., (1986), le passage du tour à commande manuelle au tour à commande numérique se caractérise notamment par :

- une diminution du nombre des interventions de l'opérateur du fait de l'automatisation de la conduite et de l'asservissement en boucle fermée de la machine. Ce changement est

aussi qualitatif : l'activité de l'opérateur devient essentiellement une alimentation du tour et une surveillance de sa marche avec détection éventuelle de l'alarme,

- un codage et une centralisation des informations sur un écran de visualisation,
- une mise à distance entre l'opérateur et la pièce, se matérialisant par une porte de protection qui constitue une barrière contre les risques classiques du tournage : risques de projection de copeaux, de coupure, de brûlure, de happage...,
- une attention permanente et très soutenue de la part de l'opérateur, due à la vitesse d'usinage.

Nos observations concernant l'usinage par les élèves de 1ère année confirment l'apparition de ces nouvelles conditions de travail.

D'un point de vue méthodologique, l'analyse de l'activité d'usinage devait être réalisée avec comme supports les enregistrements vidéo de chaque élève usinant à partir de sa programmation. L'intérêt étant alors de suivre le parcours des erreurs de programmation jusqu'au moment de l'usinage. Toutefois, cette situation s'est révélée difficile à systématiser pour deux raisons : d'une part, la programmation et l'usinage sont enseignés de façon distincte dans la mesure où les élèves usinent toujours à partir de programme stabilisé, c'est-à-dire corrigé par le professeur et prêt à fonctionner. D'autre part, dans le cadre de notre étude, les programmes trop incomplets et/ou trop erronés n'ont pu être utilisés. Dans les faits se présentaient des usinages dont la programmation était réalisée par l'élève ou encore une programmation "prête à l'emploi" utilisée pour l'usinage.

Enfin, les données observables directes (comportementales et/ou verbales) lors de l'usinage sont rares. A ce sujet, il eût été préférable de conserver les conditions d'usinage habituelles de cet atelier, à savoir l'usinage par 2 ou 3 élèves sur une même machine. Les verbalisations entre élèves auraient pu également constituer des matériaux pertinents susceptibles d'éclairer les éventuelles difficultés rencontrées.

Photo du tour Realmeca



Les analyses présentées ci-dessous sont faites à partir de l'enregistrement de 28 situations d'usinage dont la durée moyenne est de 2 heures chacune.

A l'examen, on distingue les trois catégories de risques d'accidents suivantes :

- les risques d'accidents en "temps réel",
- les situations de récupération d'incidents,
- les risques d'accidents différés.

1 - Les risques d'accidents en "temps réel"

On identifie des risques de coupure et de contusion lors du réglage et l'usinage, phases pendant lesquelles l'élève intervient dans l'espace machine, c'est-à-dire sur les mors, la contre-pointe, les outils et la pièce.

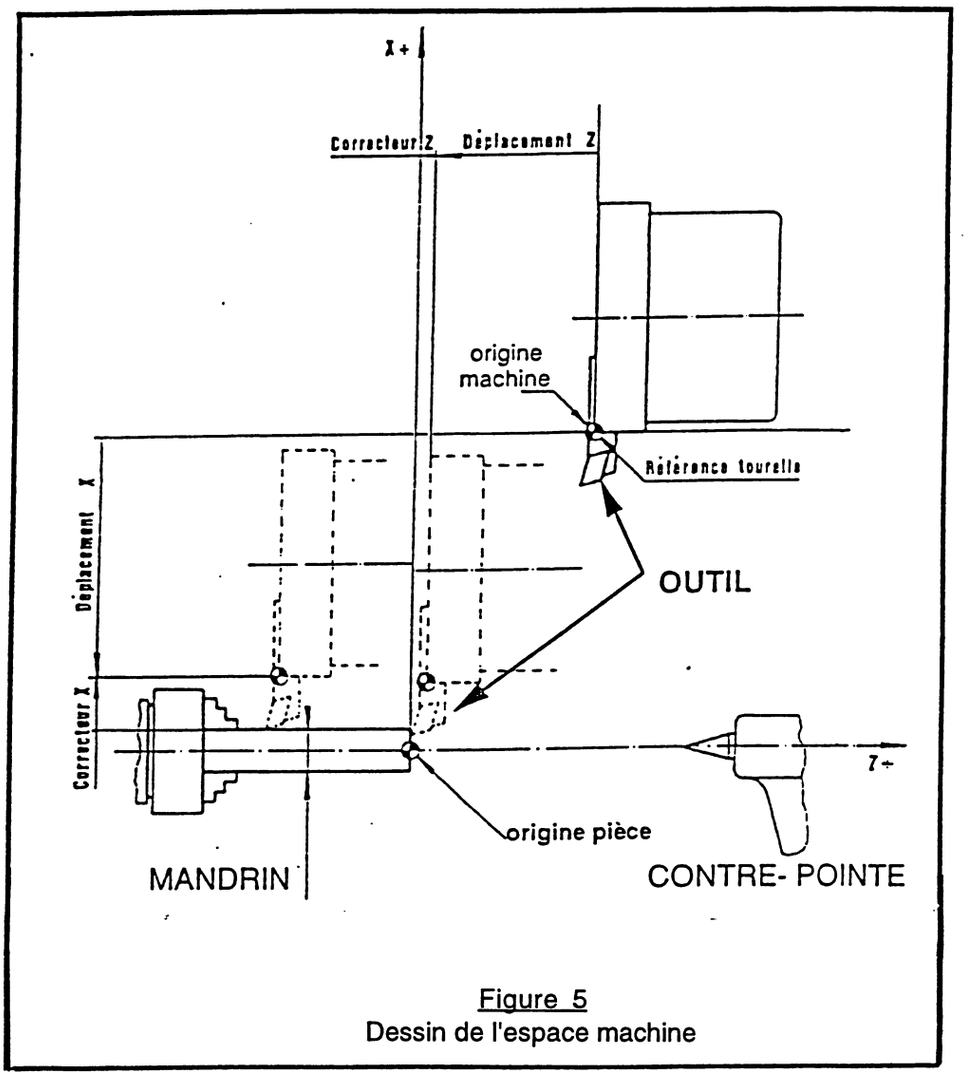


Figure 5
Dessin de l'espace machine

2 - Les situations de récupération d'incidents

Les situations de récupération d'incidents comportent des facteurs d'accidents spécifiques (FAVERGE, 1967) tels que l'imprévu, le non-savoir "traiter l'inhabituel", la précipitation... Dans un contexte d'apprentissage, les procédures de récupération ne sont généralement pas données et les comportements de récupération relèvent alors de l'essai-erreur avec les risques associés.

C'est pourquoi le recueil de ces incidents et leur traitement renseignent sur la gestion des risques par les élèves.

Lors des observations d'usinage, on relève quatre situations de ce type, qui sont :

Changement d'un outil usé : la plaquette

L'élève commence à usiner quand il se rend compte, par le travail de l'outil sur la pièce, qu'il doit changer la plaquette. Arrêt de l'usinage, ouverture du carter pour l'intervention dans l'espace machine afin de changer l'outil (action de desserrage-serrage). Les risques ici sont des risques de coupure et de contusion.

Mors insuffisamment serrés

Même scénario que précédemment, arrêt d'usinage en cours, suite à des bruits anormaux. Le diagnostic de l'incident n'a pu être fait par l'élève. Les bruits se produisent, en fait, lors du contact outils/pièce qui ne tourne pas dans l'axe, les mors n'étant pas assez serrés. Mêmes risques que précédemment.

Absence de pression sur la contre-pointe

Dans cette situation également, le diagnostic est fait par le professeur. Dans ces conditions d'usinage, le risque est le bris d'outils et de la pièce.

Tuyau de lubrification mal positionné

Ce tuyau est fixé sur la tourelle, pièce sur laquelle sont positionnés les outils et qui se déplace dans l'espace (horizontalement et verticalement). L'insuffisance d'anticipation de ces mouvements peut faire que le tuyau, mal positionné au départ, se coince entre la tourelle et la contre-pointe.

L'intervention dans l'espace machine et alors nécessaire avec les risques habituels et celui de brûlure compte tenu de la surchauffe de la pièce.

De la même façon que nous notons une réelle difficulté des élèves à récupérer les erreurs de programmation, ces quelques exemples illustrent à chaque fois des comportements de résolution de problèmes en temps réel, "au coup par coup". Cette gestion traduit un niveau assez faible d'anticipation d'incidents qui, on le sait, va à l'encontre d'une stratégie de prévention. Celle-ci est précisément inférée lorsqu'on observe l'absence d'incidents. Il est question ici de la catégorie des incidents prévisibles par anticipation des opérations à venir. Les incidents rapportés ci-dessus correspondent à cette catégorie.

Une recherche réalisée par RABARDEL et coll. (1988) sur l'apprentissage de MOCN fait également le constat de l'insuffisance d'anticipation des actions à accomplir. Elle se traduit notamment par des conduites de tâtonnement, d'approximations successives dans la gestion de problèmes à forte composante spatiale.

Dans une étude, déjà citée, DE KEYSER compare l'exécution d'un usinage sur commande numérique effectuée par des stagiaires ayant une formation en tournage à commande manuelle à celle de stagiaires techniciens n'ayant pas cette formation. Elle constate qu'en mode automatique (les actions programmées dans la commande numérique s'enchaînent automatiquement sans intervention de l'opérateur) ; la surveillance des stagiaires techniciens se fonde exclusivement sur l'écran. Ils semblent accorder un crédit absolu aux alarmes, alors que les autres stagiaires élargissent leurs prises d'informations aux indices

prélevés sur la pièce ou sur la machine. De plus, ils détectent plus souvent des incidents non prévisibles par le calculateur : casses d'outils, collisions, bourrages... Enfin ils ont la faculté d'arrêter précocement le tour pour éviter ces incidents". Dans ce cas, l'anticipation ne fait aucun doute.

Les risques d'accidents différés

L'interdépendance des phases de programmation, de réglage et d'usinage dans la conduite d'un tour à commande numérique amène à proposer une modélisation de l'évolution des erreurs "produites" en amont de l'usinage jusqu'au moment de l'usinage effectif.

La représentation graphique suivante indique ainsi des erreurs observées lors des différentes phases de conduite d'un tour. Cependant, leur cheminement temporel (lecture verticale) reste une construction théorique puisque en effet, les élèves n'usinent pas systématiquement à partir de leur programme et que le caractère d'apprentissage de la situation amène le professeur d'atelier à intervenir assez fréquemment, interrompant ainsi l'évolution indésirable d'une erreur.

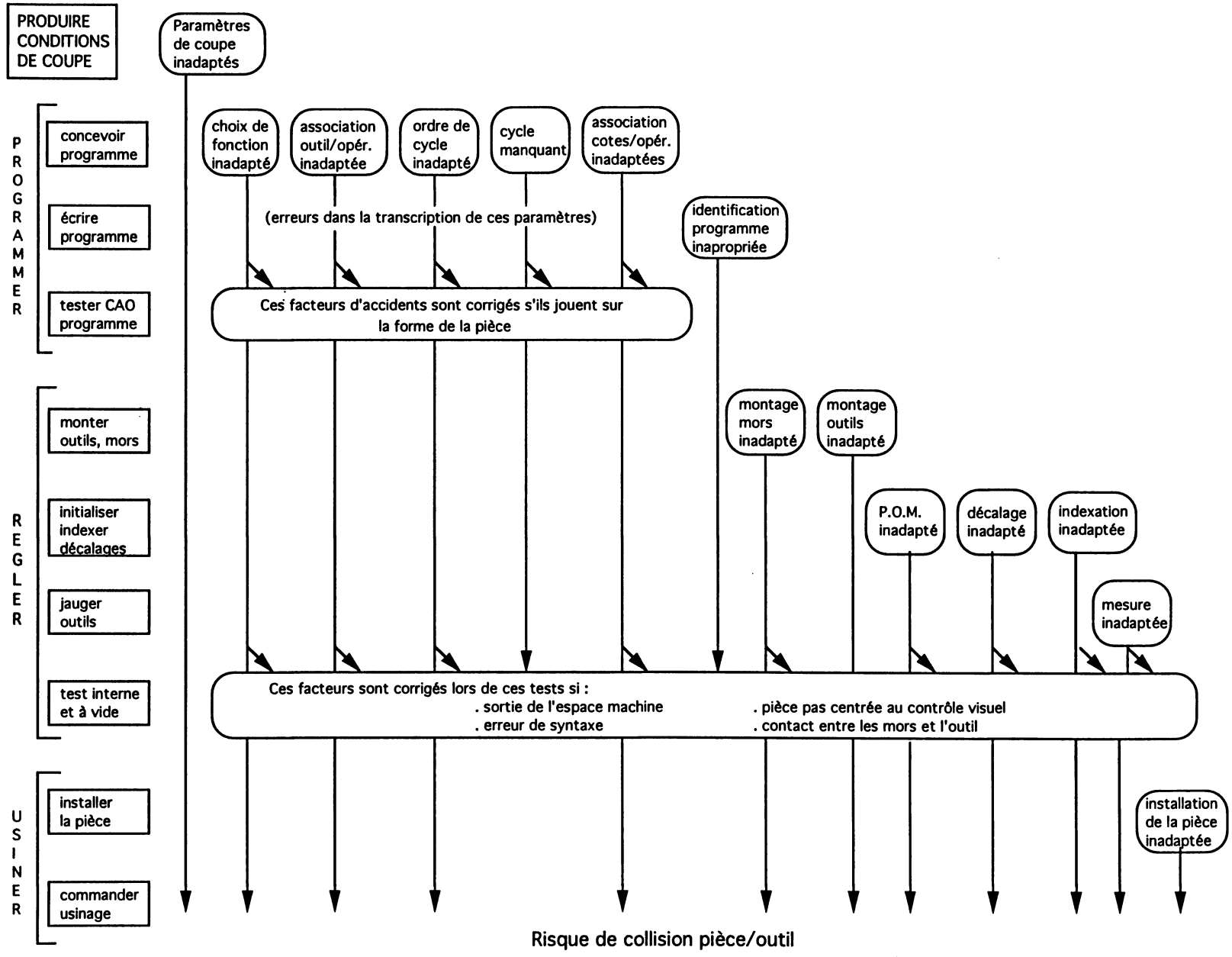


Figure n° 6

Modélisation de l'évolution des erreurs au cours des différentes séquences de conduite d'un tour à commande numérique

Malgré l'existence de contrôle comme le test CAO ou le test interne et à certaines conditions, des erreurs peuvent "traverser" ces filtres, la conjonction de plusieurs d'entre elles pouvant conduire, au moment de l'usinage, à un risque de collision pièce/outil. Dans ce scénario, la gestion de l'erreur par l'opérateur est absente.

Ainsi, il apparaît que malgré l'automatisation du tour, l'action de régulation des incidents par l'opérateur reste nécessaire et que l'interdépendance de la programmation, du réglage et de l'usinage est à prendre en compte dans la recherche d'un niveau de sécurité optimal pendant l'usinage.

Selon une étude sur les PME et la commande numérique (citée par CAVESTRO), la séparation entre préparation/programmation et exécution/usinage tend à se développer dans certaines PME. Dans ces conditions, l'opérateur se trouvant confiné dans des tâches de surveillance ne disposera plus des informations lui permettant de se construire une représentation structurée du processus de travail et sera par là même handicapé pour anticiper et gérer les incidents lors de l'usinage.

CONCLUSIONS

DE LA PRISE EN CHARGE DES RISQUES D'ACCIDENTS PAR L'ÉTABLISSEMENT À LA SENSIBILISATION DES FUTURS PROFESSIONNELS À LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS

Dans les lycées d'enseignement professionnel, l'amorce d'une gestion de la sécurité s'exprime à travers des instances réglementaires, comme la Commission d'Hygiène et de Sécurité, et se trouve renforcée par une volonté institutionnelle de partenariat entre l'Éducation Nationale et la CNAM. Toutefois, le diagnostic de sécurité présenté ici montre aussi qu'il est souhaitable de développer la dimension "culture sécuritaire" afin de pérenniser et d'amplifier cette dynamique de prise en charge par les établissements. Dans les faits, cela peut se traduire notamment par une analyse, des accidents et incidents, finalisée par la détection de facteurs accidentogènes communs à plusieurs situations de travail en atelier. Cette démarche d'analyse préventive pouvant être, à son tour, exposée en CHS et susciter de cette façon des réactions, des discussions de plusieurs interlocuteurs sur les risques d'accidents. De notre point de vue, l'implication des personnes, tant le proviseur que les professeurs et les élèves, doit être soutenue par le travail d'un tiers dont le rôle sera essentiellement centré sur la sécurité (suivi des décisions, formation et coordination). Par ailleurs, les stages en entreprises représentent aussi un des "piliers" potentiels de la prise en charge de la sécurité. En effet, les stages sont des moments particulièrement sensibles puisque les lycéens sont confrontés aux risques d'accidents de leur futur milieu professionnel. Comme nous l'avons constaté lors de visites d'entreprises ayant accepté des stagiaires, les élèves "héritent" directement de l'état de la sécurité de l'entreprise. L'importance du choix d'un tuteur sensibilisé aux risques d'accidents fait toujours l'unanimité dans les discours sur le sujet mais les pratiques dans le domaine évoluent peu. D'une façon générale, le problème de l'encadrement du stagiaire en entreprise reste entier compte tenu, la plupart du temps, du manque de disponibilité des équipes en place. Enfin, quelques professeurs ont exprimé un lien de dépendance de l'enseignement professionnel au milieu industriel. Ce sentiment d'être dans un rapport de force inégale, explique probablement des positions assez passives à l'égard des entreprises sur des exigences "sécuritaires".

Concernant les élèves, l'étude montre qu'en l'absence de formation à la gestion des risques, les "apprenants" ont une perception individuelle des risques. On relève également que ce contexte confère une place de première importance au professeur d'atelier. Celui-ci

est le référent professionnel "naturel" et son attitude comme ses pratiques à l'égard des risques constituent le "modèle" que les élèves côtoient au quotidien. Pour ces raisons, le professeur d'atelier est sans aucun doute une personne-pivot, incontournable dans la mise en place du dispositif de formation à la maîtrise des risques.

Par ailleurs, l'analyse de l'activité d'usinage sur une machine-outil permet d'identifier les difficultés rencontrées par ces futurs professionnels dans l'apprentissage de la conduite de MOCN et de la maîtrise des risques d'accidents associés. Comme nous l'avons vu au cours de l'examen de résultats d'études (DUVENCI-LANGA ; DE KEYSER) ainsi que lors des entretiens avec les élèves, la conduite des MOCN mobilise des savoirs acquis sur des machines-outils manuelles. Ces savoirs spécifiques de la mécanique concernent notamment la connaissance de la matière à usiner, le rapport outil/matière, la vitesse d'usinage dont dépendra par exemple l'état des copeaux et leur caractère plus ou moins dangereux. C'est probablement dans ces savoirs opérationnels que prennent ancrage des conduites sécuritaires dont la caractéristique est de prendre en compte le(s) risque(s).

Au-delà de ces savoirs acquis en BEP., la conduite des machines-outils à commande numérique nécessite de nouvelles compétences, en particulier la programmation de l'usinage. Dans une perspective de formation à la prévention des risques, l'apprentissage de la programmation pourrait faire l'objet d'un enseignement intégrant naturellement la dimension sécurité au travail. En effet, sa place en amont des opérations indique d'emblée les incidences qu'elle a sur la sécurité de l'usinage. A cet égard, il paraît intéressant de "travailler" les erreurs de la programmation à la lumière des facteurs d'accidents qu'ils peuvent constituer. La vertu de traiter certains incidents est largement développée par AMALBERTI, 1995, considérant qu'elle a une utilité évidente dans les processus d'apprentissage et d'adaptation. Selon cet auteur, "chaque fois que l'on réduit artificiellement le nombre d'erreurs que le sujet commet, on augmente à la fois mécaniquement sa performance et on appauvrit le reflet que le sujet développe sur lui-même ; il en résulte un compromis cognitif artificiel nouveau, finalement nettement plus fragile, en tout cas beaucoup moins auto-défendu". Mais se pose alors la question de la limite, à savoir : jusqu'où le professeur doit-il laisser traiter l'incident à des fins d'apprentissage sans qu'il y ait danger physique pour l'élève et mise en cause de la responsabilité du professeur lors d'un accident ?

Enfin, dans le cadre de la Directive Européenne de mise en conformité des machines, les lycées professionnels renouvellent en partie leur parc machines-outils. La tendance dans le choix de ces machines semble être des machines de type "Realmeca", donc plus petites et moins puissantes que les machines industrielles. Financièrement, elles offrent l'avantage de pouvoir utiliser un matériau recyclable, de la cire, pour les pièces à usiner. Du point de vue de la prévention des risques, de telles conditions réduisent les facteurs d'accidents, notamment les bris d'outils et de pièces, et réduisent aussi les coûts en matière première et en outils. En principe, ce contexte pourra permettre aux élèves de programmer et d'usiner

plus souvent, favorisant ainsi une meilleure maîtrise de l'ensemble des opérations et des risques. Toutefois, une telle évolution du parc machines peut aussi laisser entrevoir des effets secondaires indésirables notamment que cette réduction des risques induise ou simplement renforce une attitude de "laisser-aller" à l'égard de la formation sécurité dans les lycées professionnels.

L'économie d'une telle formation intégrée à l'enseignement professionnel, poserait une nouvelle fois une question centrale, à savoir de qui relève la responsabilité et/ou la compétence d'une formation à la sécurité : l'école ou l'entreprise ?

BIBLIOGRAPHIE

AMALBERTI R. (1995) - Paradoxes de la sécurité des grands systèmes à risques - le cas de l'aéronautique, in : Performances humaines et techniques, n° 78, Sept-oct., pp. 45-55.

BOLLON T., CHANNOUF A. (1993) - Travail sur machines-outils et activité de planification, in : les actes du colloques de prospective "Recherches pour l'ergonomie". Université de Toulouse-le-Mirail. 18/19 nov.

CAVESTRO W. (1988) - Automatisation, organisation du travail et qualification des PME : le cas des machines-outils à commande numérique, in : Informatique et Société, Grenoble, PUG.

CECCALDI D. (1990) - L'enseignement de la prévention des risques professionnels dans les formations techniques. Rapport du groupe de travail.

COLLOMB J.L. (1991) - Évaluation économique des risques d'accidents du travail. Le cas des tours à commande numérique. Caisse Régionale d'Assurance Maladie Rhône-Alpes.

DE KEYSER V., VAN DAELE A. (1986) - Fiabilité humaine, sécurité, automatisation. Le cas de conducteurs de tours à commande manuelle ou numérique, in : Le Travail Humain, tome 49, n° 2, pp. 117-135.

DE MONTMOLLIN M. (1996) - Savoir travailler. Le point de vue de l'ergonome, in : Savoirs théoriques et savoirs d'action, PUF, pp. 189-199.

DEJOURS C. (1995) - Le facteur humain. Que sais-je ? n° 2996, PUF.

DUMAINE J. (1985) - La modélisation du phénomène accident. Sécurité et Médecine du travail, n° 71, pp. 11-22.

DUVENCI-LANGA S. (1994) - La contribution de l'analyse des compétences à la conception des systèmes de travail : étude d'une situation d'automatisation, in : les actes du congrès SELF, Septembre.

EIMERL K. (1993) - L'informatique éducative. Cheminements dans l'apprentissage. Armand Colin.

FAVERGE J.M. (1967) - Psychosociologie des accidents du travail, Paris, PUF.

KRAWSKY G., DAVILLERD C. (1997) - Conditions d'acceptation des équipements de protection individuelle : étude bibliographique et position du problème. Notes Scientifiques et Techniques, INRS, n° 152.

LEBAHAR J.C. (1987) - L'influence de l'apprentissage des machines-outils à commande numérique sur la représentations de l'usinage et ses niveaux de formalisation, in : Le Travail Humain, tome 50, n° 3, pp. 237-249.

LEPLAT J. (1995) - Cause et risque dans l'analyse des accidents, in : revue roumaine de psychologie, 39, 1, pp. 9-24, Bucuresti.

Les accidents du travail en 92. Résultats de l'observatoire des risques professionnels (1994), in : les premières synthèses, DARES, 94.03, n° 38.

MAUGE M. (1988) - Centres d'usinage. Guide Technique de sécurité, in : Cahiers de Notes Documentaires, n° 130, 1er trimestre, pp. 77-86.

MINISTERE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS. Direction des lycées et collèges (1989) - Guide de la formation en entreprise. Baccalauréat professionnel, productique mécanique.

MONTEAU M., FAVARO M. (1990) - Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques. 1-Des contrôles à l'ergonomie des systèmes. Cahiers de Notes Documentaires INRS, n° 138, 1er trimestre, pp. 91-122.

PARANT C. (1991) - Danger ou risque ? La notion de risque professionnel, in : Préventique, n° 42, pp. 56-60.

PEISSEL-COTTENAZ G. (1994) - Sécurité et prévention : l'approche des enseignants de lycées professionnels et techniques. Rapport interne. Service Formation INRS.

RABARDEL P., RAK I., VERILLON P. (1988) - Machines-outils à commande numérique. Approches didactiques. INRP Département des Etudes et Recherches sur les enseignements technologiques.

ROUSSEAU C., MONTEAU M. (1991) - La fonction de prévention chez l'opérateur. Notes Scientifiques et Techniques, INRS, n° 88.

TANGUY J.C. et coll. (1993) - Comment former le personnel des PME, in : CETIM-Informations, n° 132, pp. 43-45.

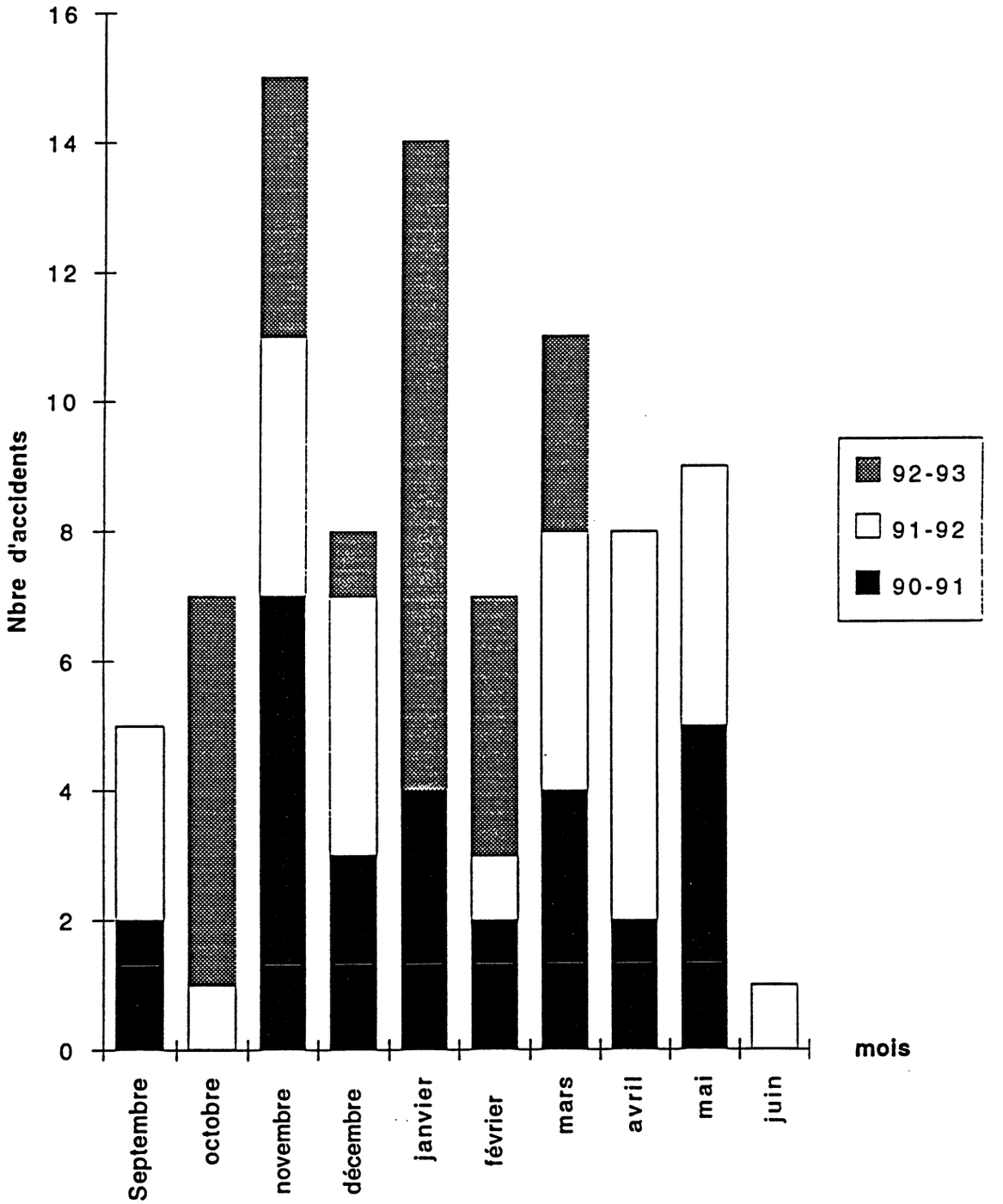
TANGUY L. (1991) - L'enseignement professionnel en France. Des ouvriers aux techniciens, PUF.

TANGUY L. (1991) - Quelle formation pour les ouvriers et les employés en France. Rapport au Secrétaire d'État à l'enseignement technique. Collection des rapports officiels. La documentation française.

THEBAUD-MONY A., CRU D., FRIGUL N., CLAPPIER P. (1995) - La construction sociale de l'accident de travail chez les jeunes. Rapport de recherche CPC.

ANNEXES

CUMUL MENSUEL DES ACCIDENTS, SUR 3 ANS,
POUR LA FILIERE PRODUCTIQUE MÉCANIQUE



Analyse de 45 accidents survenus sur des machines-outils

L'interrogation de la base de données EPICEA selon la variable "élément matériel" permet de disposer de 45 récits d'accidents survenus sur des tours et des fraiseuses pendant la période allant de 1988 à 1995. La gravité élevée de ces accidents va de l'amputation de doigts au décès par écrasement du thorax.

Les accidents sont analysés dans l'esprit de la méthode de l'arbre des causes. Ces analyses présentent ainsi différentes configurations d'accidents qui dépassent, et c'est l'intérêt majeur de cette restitution, l'expérience individuelle du préventeur.

En effet, faut-il le rappeler, il est toujours difficile dans les entreprises d'identifier les facteurs potentiels d'accidents ; ainsi la connaissance rassemblée des circonstances d'accidents survenus dans d'autres entreprises est toujours instructive pour l'ensemble des praticiens.

FRAISEUSES
(nombre d'accidents =14)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
<u>Chargement matières premières</u> Charge l'alimentation en matières premières et retrait des pièces finies	Main happée par la fraiseuse en mouvement	Fracture des doigts	- Manchette du gant repliée - Accès à la zone dangereuse	43 ans
Vient de poser la 9ème pièce (150 kg) sur les supports, à l'aide d'un palan	Pièce se déplace plus que prévu et bascule. Par réflexe, la victime essaye de retenir la pièce	Doigt écrasé	- Vouloir retenir la pièce	33 ans Opérateur machine en poste depuis 3 ans
Discute avec l'opérateur d'une fraiseuse	Mouvement incontrôlé, manche du pull entraînée par fraise	Plaie avant-bras gauche	- Proximité d'une pièce en mouvement	16 ans Elève
<u>Usinage</u> Repositionne la pièce sur la table d'usinage pour finition	Contact outil-main	Lésions main	- Zone d'usinage encombrée - Intervention "outil tournant" - Travail urgent	Fraiseur mouliste, depuis 3 jours dans l'établissement
Opération de lamage et réalisation d'une gorge	Alliance s'accroche à l'obstacle saillant sur porte-outil	Annulaire arraché	- Port d'objet susceptible de s'accrocher dans les organes mobiles	32 ans Fraiseur intérimaire
Opération d'usinage	Utilise une brosse à long manche pour enlever les copeaux, extrémité du gant entraîné par la fraise	Amputation du doigt	- Gants trop grands - Non accessibilité au système de coupure d'arrêt d'urgence - Intervention machine en marche	43 ans Tourneur fraiseur intérimaire
Change la position d'un levier	Allonge le bras par dessus la table de la fraiseuse et met la machine en marche	Fracture des côtes et oedème poumon	- Dispositif de sécurité enlevé - "Mauvais placement" par rapport à l'action à faire	26 ans Tourneur fraiseur

FRAISEUSES (suite 1)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
Réglage Met fraise en rotation pour faire chauffer la broche	En disposant la cale, son bras touche la fraise	Bras arraché	- Protecteur retiré (rupture de la pièce de fixation) - Intervention machine en marche	56 ans Fraiseur
Change mors sur étau de serrage	Actionne par inadvertance la pédale de commande de la fermeture de l'étau	Doigts écrasés	- Pédales de commande non capotées	42 ans Régleur
Met sous pression la bride de serrage, la tige filetée reliant les 2 extrémités se rompt	Le système de serrage se transforme en projectile	Victime heurtée de plein fouet au thorax	?	34 ans Agent de maîtrise
Dépannage Surveille le fonctionnement du desserrage	Constatant que le montage ne s'ouvre pas, la victime appuie sur le bouton stop. Intervient sur le montage et le bras du robot se remet en fonctionnement	Coupure de la joue et hématome à l'épaule	- Confusion entre les boutons - Dysfonctionnement du robot - Tapis sensible débranché	28 ans Fraiseur, en poste depuis 8 ans
Vérifie le fonctionnement du réducteur bloqué	Pose la main sur la poulie au moment où le réducteur se met en marche	Doigt amputé	- Intervention machine sous tension	58 ans Contremaître
Démontage	Pense avoir terminé l'usinage et s'apprête à démonter l'arbre sur lequel les pièces sont fixées	Sectionnement de la main	- Absence de vérifications des dispositifs contribuant à la sécurité des personnes - Absence d'outils adaptés à la production	49 ans Usineur, 14 ans d'expérience et 2 jours au poste

FRAISEUSES (suite 2)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
Nettoyage Démonte l'étau	Lors de la manipulation, l'étau encore gras glisse des mains et tombe sur le pied	Fracture du pied	- Manipulation de pièces lourdes - Absence d'engin de manutention	18 ans Elève

TOURS AUTOMATIQUES ET SEMI-AUTOMATIQUES
(nombre d'accidents = 5)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
<u>Chargement matières premières</u> Charge barres dans la broche d'un tour	Chiffon autour de la main qui s'est enroulé sur la barre suite à la mise en fonctionnement de la machine	Amputations et fractures des doigts	- Coactivité - Démarrage par un tiers - Niveau sonore élevé gênant la communication (+ de 90 dB)	37 ans Opérateur machine, CDD, au poste depuis 2 semaines
Dépose d'une pièce de 13 kg en contre-pointe sur le tour	En voulant commander au pied la pédale de desserrage du mandrin, actionne la pédale de sortie de contre-pointe hydraulique	Main comprimée entre extrémité de la pièce et contre-pointe	- Conception inadaptée des pédales de commande	46 ans Tourneur
<u>Dépannage</u> Pendant l'arrêt de cycle du robot, démonte le panneau grillage, cherche cause de l'arrêt du robot	Actionne le détecteur de proximité qui détecte la présence sur convoyeur, action qui déclenche le redémarrage du robot	Choc au niveau du tronc	- Robot sous tension - Pénètre dans la zone d'évolution du robot : shuntage des dispositifs de sécurité	24 ans
Dépannage d'un tour vertical avec échangeur de palettes	Palette n'est plus verrouillée et libre de toute mobilité sur les rails. Victime a dû trop tirer la palette tout en regardant dessous → palette a basculé dessus	Décès Partie du tronc et tête écrasées	- Déverrouillage de la palette	38 ans Electronicien
?	?	Décès Tête écrasée	?	30 ans Agent de production

TOURS PARALLELES
(nombre d'accidents = 26)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
<u>Chargement matières premières</u> Met en place une pièce dans mandrin	Clef heurte la main	Lésions des doigts (ligaments sectionnés)	- Coactivité - Serrage du mandrin avec clef - Mise en route de la machine - TP surchargés, 2 élèves par machine	15 ans Élève, 4e CAP
Approvisionne en barre le tour conduit par un collègue	Approche sa main de la barre en rotation et sa main est entraînée	Lésions aux doigts	- Intervention en cours - Coactivité - Zone de dépassement non balisée - Gant inadapté	50 ans Scieur-magasinier
<u>Usinage</u> Repousse flan en aluminium afin d'obtenir des récipients alimentaires	Mandrin en bois se détache et heurte la victime	Fracture du bras	- Rupture de 3 tire-fond assurant la fixation du mandrin sur le plateau fileté. Probablement conception inadaptée du mandrin pour travaux de cisaillement	58 ans Tourneur-repousseur P3, 11 ans dans l'établissement
Met à longueur 36 pièces carrées	Mandrin échappe de la fixation (et, est projeté au menton) au contact outil/pièce 560 tr/mn	Menton	- Montage intermédiaire d'un mandrin	18 ans Mécanicien tourneur P1
Usine une fusée de cylindre de meunerie	Après ébauche, met en place la lunette. Pull-over accroché	Fracture du bras	- Travail de réglage à proximité d'une pièce en mouvement dû à la conception de la lunette - Vêtement inadapté	40 ans Tourneur P3
Usine une barre	Pull entraîné par la tête de la vis de la griffe (55 tr/mn)	Fracture côte, omoplate droite	- Vêtement inadapté - Tête de vis de serrage de la grille dépassant	24 ans Intérimaire, 4 mois sur tour

TOURS PARALLELES (suite 1)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
Usinage (suite) Usine une pièce d'une longueur de 515 mm	Vibration de la pièce (600 tr/mn). Met main sur la pièce pour empêcher la vibration	Lésions aux doigts	- Compte tenu de la longueur de la pièce, aurait dû être maintenue en son milieu	47 ans Intérimaire
Usine un axe	En déplaçant un tuyau d'arrosage de lubrifiant, main glisse entre outil et mandrin	Lésions aux doigts	- Intervention sur la machine en marche (opération garantit la qualité du travail) - Absence de protection du mandrin	37 ans Tourneur chef d'équipe
Usine un tube de diamètre 54 mm et de longueur 2720 mm	Pièce vibre, opérateur se dirige vers le capot. Il est heurté par le tube qui s'est coudé sous effet de force centrifuge	Décès	- Nécessité d'intervenir directement - Absence de protection autour de la zone arrière de la machine - Absence de lunettes réglage pour empêcher fouettement des pièces plus longues	50 ans Agent de maîtrise
Usine une barre	Pour réduire la vibration, place la main derrière la pièce au niveau de l'outil	Lésions des doigts et amputations	- Intervention sur pièce en mouvement - Non utilisation d'une lunette à suivre - Absence de capot protecteur	43 ans
Réglage Etale des écrous pour réglage des électrodes	Contact éléments tournants (écrou-mors), main prise dans la partie tranchante	Lésion des doigts (doigts sectionnés)	- Intervention sur la machine en marche - Activité secondaire (ne correspond pas à sa formation initiale)	48 ans Depuis 1 an formé au tour

TOURS PARALLELES (suite 2)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
Réglage (suite) "Cale" embrayage de tour. En positionnant des bagues avant de les bloquer	Appuie de la main gauche sur les commandes et positionne avec la main droite (1,30 m de distance entre les deux actions)	Arrachement des ongles	- Intervention machine en marche pour aller plus vite. Normalement, la machine à l'arrêt pour première approche. Puis vitesse par a-coups ou vitesse à l'arrêt - Réglage nécessitant d'enlever une protection	45 ans Mécanicien, 4 mois au poste
Tourne 6 arbres inox	Régle la lunette, manche entraînée par la pièce en rotation (400 tr/mn)	Brûlure aux bras	- Machine en marche - Absence de protecteur	34 ans Tourneur
Serre mandrin sur tour	Heurte une pièce posée sur poupée fixe, pièce tombe sur levier commande de la broche → rotation mandrin	Doigts écrasés	- Pièce posée sur poupée fixe - Machine sous tension	26 ans OS
Polissage Polit cordon de soudure d'une boule de lavage	Combinaison happée par la barre de chariotage (rotation 1040 tr/mn)	Déchiquetage de la partie gauche du visage plus traumatisme crânien	- Absence de protecteurs sur la vis mère et la barre de chariotage - Seul	58 ans depuis 4 ans, OS monteur-câbleur
Termine l'état de surface de sa pièce avec une bande de toile abrasive	Bande est entraînée par la pièce en rotation ainsi que le bras	Fracture du bras	- Catachrèse : utilisation d'une bande de toile sans fin autour de son bras - L'applique avec sa main sur la pièce en rotation. Normalement bande utilisée sur touret pour polir des pièces de bronze - Machine en marche	37 ans Tourneur

TOURS PARALLELES (suite 3)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
Polissage (suite) Usine arbre pour métier à tisser	Victime entraînée entre la pièce et le banc du tour	Côtes cassées, contusions au thorax, oreille droite partiellement arrachée	- Supprimer des bavures superficielles avec lime (200 tr/mn)	39 ans Tourneur P3
Passe toile abrasive sur pièce en rotation	Bavure sur pièce → gant et main	Fracture de la main	- Intervention sur pièce en mouvement	21 ans Tourneur
Opération de toilage sur pièce en mouvement (diamètre 15)	Pièce a entraîné la manche de blouse	Hématomes bras + traumatisme crânien	- Absence de carter - Intervention sur pièce en mouvement	47 ans Tourneur
Usine bagues de joints	Toilait la pièce en rotation	Fracture des doigts	- Intervention sur pièces en mouvement	22 ans Tourneur
Afin d'améliorer état de surface usinée, utilise toile abrasive	Contact main/mandrin, main coincée entre les mors du mandrin et le porte outils	Amputation du majeur de l'index et de 2 phalanges à l'auriculaire	- Intervention machine en marche	19 ans Élève
Retire copeaux sur tour en fonctionnement automatique porte ouverte	Contact doigt/mandrin	Tendons doigts main droite sectionnés	- Intervention machine en marche	33 ans Technicien
Indéterminé	Contact avant-bras droit et pièce en rotation	- Amputation du bras au dessus du coude - Fracture avant-bras - Luxation épaule droite - Traumatisme facial	?	55 ans Ouvrier professionnel

TOURS PARALLELES (suite 4)

OBJET DE L'INTERVENTION	CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT	BLESSURE	FACTEURS D'ACCIDENTS	AGE ET QUALIFICATION
<u>Polissage</u> (suite) Polit arbre de pompe avec toile émeri	Contact mains/mandrin	- 1ère phalange droit amputée - Coupure intérieur de la main gauche - A reçu un coup sur avant-bras et cuisse droite	- Intervention machine en marche	45 ans Electromécanicien
Finit de tourner un pied de meuble en "toilant" pièce	Manche du pull happée par les mors est entraînée et passe au dessus du banc de la machine	Décès Cage thoracique écrasée	- Intervention machine en marche	59 ans Tourneur
<u>Dépannage</u> Régle palpeur du gabarit du tour vertical	Pour essayer de débloquer le mécanisme coulissant sur la glissière de guidage, tire le câble qui lui a échappé	Sections des doigts	- Absence de guide-câble	38 ans Technicien d'atelier

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 *Indice de taux d'accident par âge et par secteurs d'activités*

Tableau 2 *Évolution des accidents du travail et des décès*

Tableau 3 *Répartition du taux d'accident selon les branches de formation pour les élèves de C.A.P. et B.E.P.*

Tableau 4 *Dispositif du recueil des données*

Tableau 5 *Nombre d'accidents déclarés sur trois années pour la filière productique mécanique*

Tableau 6 *Récapitulatif des facteurs d'accidents dégagés de 45 accidents sur machines-outils*

Tableau 7 *Classement de trois types de machines-outils selon la caractéristique "danger"*

Tableau 8 *Identification des risques d'accident et des moyens de prévention - Le point de vue du professeur d'atelier et du chef de travaux -*

Tableau 9 *Identification des risques d'accident et des moyens de prévention - Le point de vue d'élèves de 1ère productique mécanique -*

Tableau 10 *Analyse des erreurs en termes de facteurs d'accidents*

Figure 1 *Représentation graphique des facteurs d'accidents*

Figure 2 *Ventilation des accidents selon l'action en cours*

Figure 3 *Répartition des accidents selon l'âge (100 % = 45)*

Figure 4 *Répartition des accidents selon le statut (100 % = 45)*

Figure 5 *Dessin de l'espace machine*

Figure 6 *Modélisation de l'évolution des erreurs au cours des différentes séquences de conduite d'un tour à commande numérique*