

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

DIEGO ANDREONI

Un plan d'enquête statistique des accidents du travail

Revue de statistique appliquée, tome 8, n° 3 (1960), p. 37-51

[<http://www.numdam.org/item?id=RSA_1960__8_3_37_0>](http://www.numdam.org/item?id=RSA_1960__8_3_37_0)

© Société française de statistique, 1960, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Revue de statistique appliquée » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

UN PLAN D'ENQUETE STATISTIQUE DES ACCIDENTS DU TRAVAIL

par M. Diego ANDREONI

Étude présentée au II^e Congrès mondial

de la Prévention des Accidents du Travail à Bruxelles, en mai 1958

Après des considérations préliminaires sur l'infinie variété des indices utilisés pour l'établissement des statistiques d'accidents, on fait remarquer que le dynamisme actuel caractérisant le domaine du travail, oblige à intégrer certaines notions et à rectifier certaines appréciations résultant du calcul de l'indice relatif aux heures de travail (1), par l'adoption d'autres indices.

On en signale quelques-uns qui peuvent être tirés des éléments relatifs à la main-d'œuvre, aux machines et à la production, indices déjà relevés dans les entreprises, ce qui n'oblige pas, en conséquence, à de nouvelles notations statistiques.

On donne un plan systématique pour l'exploration complète du champ de l'enquête, en signalant divers procédés à employer pour la simplifier au maximum, sans pour cela nuire à l'exactitude et à l'intégrité des résultats.

INTRODUCTION

Indices des accidents.

L'attention toujours croissante qu'on porte au phénomène accidents fait augmenter de façon constante le nombre des études statistiques correspondantes qui sont, aujourd'hui, de la plus grande actualité.

Le point de départ est constitué par le relevé du nombre des accidents pour des périodes de temps successives ; on en tire un diagramme dans lequel les temps sont en abscisses et le nombre d'accidents en ordonnées, et on obtient ainsi la courbe de base.

Mais l'examen du diagramme ne dit rien à celui qui a le souci de connaître les raisons de l'allure de cette courbe. De même que les facteurs susceptibles d'intervenir pour provoquer un accident sont innombrables, de même sont innombrables les rapports : $\frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{facteur choisi}}$ qui peuvent être étudiés pour la recherche de corrélations plus ou moins fécondes en faits significatifs. Le choix du facteur dépend de chaque chercheur ; à côté de certains facteurs qui sont inutiles

(1) Taux de fréquence utilisé en France.

ou erronés, les spécialistes, de temps en temps, en ajoutent un nouveau qui éclaire, comme d'un rayon de lumière, quelque côté obscur de ce phénomène rendu complexe par l'enchevêtrement des éléments humains et matériels qui le composent.

Les accidents en général.

Par exemple, l'enquête sur la relation entre les accidents et certains phénomènes cosmiques semble d'une certaine importance. Il paraît résulter de cette recherche que l'évolution des accidents par rapport à l'activité des taches solaires présente de grandes analogies avec l'évolution parallèle des altérations psychiques, de la criminalité, etc. Il est certain que les habitants de cette terre lancée dans l'espace ressentent les influences des événements qui s'y manifestent ; pour appuyer et confirmer l'intuition des penseurs anciens, la physique moderne et la biologie apportent des chiffres et des données expérimentales démontrant que l'organisme humain est soumis au bombardement continu de radiations cosmiques capables de provoquer des variations dans l'évolution des phénomènes biologiques. Il est clair que l'analogie relevée grâce à l'étude statistique n'est pas purement fortuite, mais correspond à une signification précise qui peut s'exprimer ainsi : "l'étude de l'évolution des accidents dans le temps fait apparaître l'existence d'une variabilité de la prédisposition à l'accident, correspondant à une variabilité semblable de l'état général - mental et physique - déterminé chez l'homme par les événements cosmiques".

Du reste, déjà bien avant que l'on parle de radiations cosmiques, on connaissait l'influence de certains phénomènes plus simples et d'une perception immédiate : l'accroissement des accidents dans les mois les plus froids et dans les mois les plus chauds (les pointes de février et juillet, dans nos climats).

Les accidents du travail.

Le fait ci-dessus vaut en général pour tout accident pouvant frapper l'homme ; s'il n'est pas spécifique du domaine du travail, il peut cependant être utilisé pour lui et par conséquent il doit être retenu.

Ainsi, de même que le préventionniste prévenu intensifie maintenant son action à l'approche des mois de février et de juillet, pour essayer "d'émousser les pointes" susdites, de même, il tentera de combattre l'influence d'autres phénomènes de caractère général qui peuvent augmenter la prédisposition aux accidents parmi les travailleurs dont il a la charge. Naturellement, les moyens seront en partie psychologiques, et en partie matériels. Nous ne voulons pas en traiter ici, mais seulement souligner le fait que la statistique utilisée "cum grano salis" peut amener parfois à instituer une espèce de "service prévisions", lequel, partant de faits étrangers à l'entreprise, peut arriver à prévoir certaines accentuations ou fléchissements du phénomène accident dans l'entreprise même !

Ceci est vrai car la main-d'œuvre, ou mieux l'homme n'est pas seulement un "élément d'entreprise", mais il existe en dehors d'elle.

Au contraire, le travail est un élément particulier de l'entreprise ; il accomplit en elle son cycle, il commence là, se déroule là et cesse là, au son de la dernière sirène.

Tout ceci donne importance et valeur aux statistiques des accidents du travail, qui tiennent compte, logiquement, des éléments spéciaux connexes au travail lui-même.

Il convient à ce sujet de rappeler que l'indice pris le premier en considération a été celui qui exprime directement le rapport entre le nombre des accidents

et le nombre des travailleurs : $I_0 = N/L$ (1). Celui-ci est simple, suggestif, naturel et "humain".

Toutefois, peu à peu, le nombre des travailleurs se trouva presque toujours remplacé par d'autres unités fictives, constituées par les divers nombres d'heures de travail de la main-d'œuvre entière fixés soit à 100 000 ou à 1 000 000, soit à 2 200 ou à 2 400 selon les différentes façons d'évaluer les "ouvriers-année" dans les différentes statistiques. L'indice de fréquence $I_f = N/H$ ainsi défini, fut l'objet de nombreuses études, polarisant sur lui l'attention exclusive d'une grande partie des chercheurs, auxquels il rendit d'utiles services.

Cependant, on a aujourd'hui de plus en plus l'impression que cette valeur n'est plus apte à représenter, de façon très significative, l'évolution du phénomène des accidents. Aussi semble-t-il nécessaire de réexaminer la situation avec une attention nouvelle.

Il apparaît alors évident que l'évolution actuelle du travail rend impossible la comparaison des "heures travaillées" d'aujourd'hui avec celles du passé. Il suffit de rappeler que, à nombre égal d'heures, le risque change considérablement - surtout pour certains types d'accidents - quand on passe d'une activité peu ou pas mécanisée à une autre fortement mécanisée ; ceci oblige à introduire la notion de "mécanisation" et le "degré de mécanisation" mesuré par le rapport : $\frac{\text{travail mécanique}}{\text{travail humain}}$.

Il faut aussi considérer que les techniques destinées à l'accroissement de la productivité amènent une variation du "rendement humain", c'est-à-dire du rapport $\frac{\text{production}}{\text{travail humain}}$, ainsi que du "rendement mécanique", c'est-à-dire du rapport homologue $\frac{\text{production}}{\text{travail mécanique}}$. Une autre conséquence de l'augmentation de la mécanisation et de la productivité est la diminution de l'"horaire de travail", c'est-à-dire du rapport $\frac{\text{heures de travail}}{\text{nombre de travailleurs}}$, soit par rapport aux horaires anormaux de l'après-guerre, soit à ceux normaux d'avant-guerre ; ainsi, à un nombre égal d'heures de travail, correspond un plus grand nombre de travailleurs.

L'existence, dans un nombre égal d'heures calculées dans l'entreprise d'aujourd'hui et dans celle du passé, des causes indiquées comme influant sur le risque :

- transformation du travail manuel en travail mécanique ;
- augmentation du rendement horaire (2) ;
- augmentation du nombre des travailleurs,

est suffisante pour qu'on hésite à se fier à l'indice de fréquence par heures de travail ; celui-ci, nous le répétons, ayant eu cependant une grande valeur au temps où les heures comportaient un risque comparable dans des périodes successives.

(1) N. d. Trad. : $L = \text{lavoratori} = \text{travailleurs}$.

(2) Il est nécessaire de considérer le "rendement par heure" parce que le rendement "par travailleur" peut être invariable quand l'augmentation du rendement horaire est jointe à une diminution de l'horaire de travail.

Référence à un cadre général.

On n'insistera pas sur ce point parce que cette étude veut être constructive, ou tout au moins parce qu'elle veut apporter une contribution à la clarification des idées sur le thème : Analyse de la situation des accidents dans l'entreprise, basée sur l'utilisation des statistiques. Cette étude suggère, avant tout, de considérer le cadre général.

Voici pourquoi : s'il est vrai que du cadre général peuvent être tirées des déductions particulières, il est encore plus vrai que les déductions particulières tirées sans tenir compte du cadre général se révèlent absolument faussées, et conduisent à des conclusions erronées. Compte tenu de ce qui précède, on considérera le cadre le plus général possible compatible avec les relevés statistiques déjà effectués dans les entreprises, sans introduire de relevés nouveaux.

Sans écarter l'indice de fréquence relatif aux heures de travail, on signalera les autres indices à prendre en considération. On donnera un canevas pour l'exécution de leur étude systématique.

PREPARATION DES DONNEES

Les cinq éléments de base relevés.

On peut commencer l'examen en observant que, puisque l'accident se produit pendant le travail, il apparaît opportun et nécessaire de tenir compte, en même temps que des données relatives aux accidents, des autres données relatives au travail lui-même.

Si on pose que "les accidents arrivent aux travailleurs pendant que, par leur propre travail et avec le concours du travail des moyens mécaniques, ils accomplissent une production donnée"⁽¹⁾, les 5 éléments suivants sont à relever :

N = nombre d'accidents (1)

L = nombre de travailleurs (2)

H = quantité de travail humain, exprimée en heures de travail ... (3)

M = quantité de travail mécanique, mesurée au moyen de la consommation d'énergie exprimée en H P ou K W (4)

P = production, exprimée en unité de poids ou de nombre de pièces (5)

On a donc à considérer 5 éléments de base : N, L, H, M, P. C'est-à-dire quelques-uns de plus que ceux habituellement considérés qui sont : N, L, H, ou, encore plus fréquemment, N et H seulement.

Avec ces 5 éléments de base à sa disposition, on peut former 5 expressions qui expriment chacun d'entre eux en fonction des 4 autres. Ce sont :

$N = f(L, H, M, P)$ (6)

$L = f(N, H, M, P)$ (7)

(1) Il y a des entreprises dans lesquelles le travail ne réalise pas une production (exemple : entreprises distributrices d'énergie électrique, etc.) ; toutefois, la généralité des postes peut rester. On introduira seulement dans les conclusions les variations correspondantes à la disparition du facteur "production". Dans l'exemple des sociétés distributrices d'énergie électrique, on note actuellement une augmentation des accidents, due à l'élément mécanique et aux moyens de transport à moteur dont elles ont doté leur personnel.

$$H = f(N L M P) \dots\dots\dots (8)$$

$$M = f(N L H P) \dots\dots\dots (9)$$

$$P = f(N L H M) \dots\dots\dots (10)$$

Les accidents, fonction de 4 variables.

Abandonnant les expressions (7) (8) (9) (10) à ceux qui s'intéressent à d'autres recherches, pour celles qui se rapportent aux accidents, on peut choisir (6), expression reprise ci-dessous :

$N = f(L H M P)$ qui se lit : "le nombre des accidents est fonction du nombre des travailleurs, du nombre des heures de travail, de la quantité de travail fournie par les moyens mécaniques, de la totalité de la production réalisée". On ignore la loi qui régit la fonction et on veut donc la rechercher.

Quatre indices, fonction de 3 variables.

L'expression (6) est une expression à 4 variables ; selon le système habituel, on la scinde en 4 expressions à 3 variables obtenues en supposant constante, à tour de rôle, chacune des 4 variables de l'expression (6) elle-même.

On obtient :

$$\frac{N}{L} = f(H M P) = I_o \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{N}{H} = f(L M P) = I_f \dots\dots\dots (12)$$

$$\frac{N}{M} = f(L H P) = I_m \dots\dots\dots (13)$$

$$\frac{N}{P} = f(L H M) = I_p \dots\dots\dots (14)$$

L'étude complète du phénomène exprimé par l'expression (6) ramène à l'étude simultanée des 4 autres (11) (12) (13) (14).

Quelques-unes de ces expressions ont déjà été étudiées depuis longtemps et ont une dénomination connue, ce sont :

$$\frac{N}{L} = I_o, \text{ indice par travailleur } \dots\dots\dots (11 \text{ bis})$$

$$\frac{N}{H} = I_f (1), \text{ indice par unité de travail humain exprimé en heures de travail } \dots\dots\dots (12 \text{ bis})$$

$$\frac{N}{P} = I_p, \text{ indice par unité de production exprimé en poids ou en nombre de pièces } \dots\dots\dots (14 \text{ bis})$$

au contraire, l'expression (13) a été moins étudiée jusqu'à présent, elle pourrait s'appeler par analogie avec $\frac{N}{H}$

$$\frac{N}{M} = I_m, \text{ indice par unité de travail mécanique exprimé en HP K W } \dots\dots\dots (13 \text{ bis})$$

(1) Le taux de fréquence habituellement calculé en France n'est autre que I_f rapporté à 100 000 heures-ouvriers.

Il convient de souligner, comme premier résultat de l'examen, que si l'on veut avoir un tableau complet de phénomène des accidents, il est indispensable - en plus des indices par travailleur, par heure de travail, par unité de production - d'étudier également l'indice par rapport au travail mécanique.

Il est intéressant de noter que :

$$\frac{N}{M} = \frac{\frac{N}{L}}{\frac{M}{L}} = \frac{\text{nombre d'accidents par ouvrier}}{\text{degré de mécanisation}} \dots\dots\dots (13 \text{ ter})$$

ce qui donne une signification "humaine" à cet indice en apparence seulement "mécanique".

Dans la "note 1a" à la fin de cette étude, on signale quelques relations utiles entre les indices, soit pour en approfondir la signification, soit pour effectuer les calculs numériques d'application.

Douze fonctions à 2 variables pour les 4 indices.

L'analyse des 4 indices à 3 variables se présente de façon encore complexe et il faut la simplifier.

Un moyen pour passer d'une expression à 3 variables à une autre à 2 variables seulement, sans en éliminer aucune, consiste à remplacer les 3 variables initiales par les rapports de 2 d'entre elles avec la troisième, celle-ci disparaissant alors comme variable isolée. Chaque fonction à 3 variables peut être remplacée par 3 expressions à 2 variables.

Il est important de noter que chacune des 3 expressions est parfaitement conforme aux besoins d'exactitude de l'enquête puisque - contrairement au système précédemment adopté pour passer des 4 variables aux 3 variables - on n'en a éliminé aucune, la supposant constante, mais on les a toutes maintenues.

En résumé, pour les 4 indices,

de l'expression (11) $\frac{N}{L} = f(H, M, P)$, on a tiré : $\frac{N}{L} = f(M/H, P/H) \dots\dots\dots (15)$

$$= f(H/M, P/M) \dots\dots\dots (16)$$

$$= f(H/P, M/P) \dots\dots\dots (17)$$

de l'expression (12) $\frac{N}{H} = f(L, M, P)$, on a tiré : $\frac{N}{H} = f(M/L, P/L) \dots\dots\dots (18)$

$$= f(L/M, P/M) \dots\dots\dots (19)$$

$$= f(L/P, M/P) \dots\dots\dots (20)$$

de l'expression (13) $\frac{N}{M} = f(L, H, P)$, on a tiré : $\frac{N}{M} = f(H/L, P/L) \dots\dots\dots (21)$

$$= f(L/H, P/H) \dots\dots\dots (22)$$

$$= f(L/P, H/P) \dots\dots\dots (23)$$

de l'expression (14) $\frac{N}{P} = f(L, H, M)$, on a tiré : $\frac{N}{P} = f(H/L, M/L) \dots\dots\dots (24)$

$$= f(L/H, M/H) \dots\dots\dots (25)$$

$$= f(L/M, H/M) \dots\dots\dots (26)$$

Il y a $4 \times 3 = 12$ expressions à 2 variables. Cependant, les variables ne sont pas au nombre de $12 \times 2 = 24$, mais seulement de 12, c'est-à-dire, en les classant selon le numérateur :

$$\frac{L}{H} \frac{L}{M} \frac{L}{P} \quad \frac{H}{L} \frac{H}{M} \frac{H}{P} \quad \frac{M}{L} \frac{M}{H} \frac{M}{P} \quad \frac{P}{L} \frac{P}{H} \frac{P}{M} \dots\dots\dots (27)$$

Quand on trace leurs courbes sur un seul diagramme ayant pour abscisse commune les temps, on peut dire que ce diagramme réunit tous les éléments nécessaires au calcul des 4 indices, qui s'effectue en considérant les courbes 2 par 2, dans les diverses combinaisons correspondant aux expressions de (15) à (26).

Six rapports variables indépendants.

L'examen des 12 variables révèle qu'elles sont inverses deux à deux.

Le nombre des variables principales est donc réduit à 6.

De chacune des 6 couples de variables :

$$\frac{L}{H} \frac{H}{L}, \quad \frac{L}{M} \frac{M}{L}, \quad \frac{L}{P} \frac{P}{L}, \quad \frac{H}{M} \frac{M}{H}, \quad \frac{H}{P} \frac{P}{H}, \quad \frac{M}{P} \frac{P}{M},$$

on peut choisir librement les 6 variables principales, les inverses restant automatiquement déterminées :

- entre L/H et H/L on choisira H/L qui signifie "horaire de travail" et pour la commodité de la notation on posera $H/L = a$ (29)

- entre L/M et M/L on choisira M/L qui signifie "degré de mécanisation" et pour la brièveté de la notation on posera $M/L = b$... (30)

- entre L/P et P/L on choisira P/L qui signifie "production par travailleur" ou "rendement par tête" d'où : $P/L = c$ (31)

- entre H/M et M/H on choisira M/H qui signifie "rapport entre travail mécanique et travail humain" d'où : $M/H = d$ (32)

- entre H/P et P/H on choisira P/H qui signifie "production ou rendement horaire des travailleurs" d'où : $P/H = e$ (33)

- entre M/P et P/M on choisira P/M qui signifie "production ou rendement par moyens mécaniques" d'où : $P/M = f$ (34)

Signification des 6 variables principales.

De l'expression (27) il résulte immédiatement que :

- les 6 variables principales, avec leurs valeurs inverses (exclues par la suite parce que privées de signification propre différente) représentent tous les rapports possibles entre deux des quatre éléments de base L H M P.

De la note 1 a à la fin de cette étude, il ressort en outre que :

- les 6 variables principales avec leurs valeurs inverses représentent aussi tous les rapports entre 2 des 4 indices I_o, I_f, I_m, I_p .

Récapitulation.

A ce moment, il apparaît clairement que, partis d'une situation initiale complexe, nous sommes arrivés à démontrer la possibilité de trouver un fil conducteur assez simple. En effet, de l'étude de $N =$ fonction des 4 éléments de base on a tiré l'étude simultanée de :

- 4 indices, chacun étant fonction des 3 éléments de base,

- puis on a défini 6 "variables principales" constituées par des rapports entre 2 des 4 éléments de base.

On montrera alors la façon dont ces dernières :

- 1/ peuvent servir à l'étude complète des 4 indices,
- 2/ définir parmi les 3 expressions possibles pour chacun des 4 indices, les plus adéquates pour effectuer l'étude elle-même.

APPLICATION

Utilisation des variables à évolution particulière.

Il n'apparaît pas possible de simplifier davantage l'enquête, c'est-à-dire d'amener les expressions à 2 variables à une seule, sans sacrifier l'exactitude. En théorie, il est alors nécessaire de recourir au système général qui étudie séparément l'influence de chacune en supposant l'autre constante, en construisant ainsi $12 \times 2 = 24$ courbes. On se trouve alors en face d'une augmentation dans la masse du travail et d'un renoncement à l'exactitude, qui sont à déplorer. Mais, dans la pratique, une considération finale vient à notre secours heureusement ; elle indique que le moyen de concilier toutes les exigences avec d'excellents résultats, consiste à effectuer l'étude préliminaire des variables principales. En effet, il est très possible que l'une d'elles présente une allure particulière et alors, telle caractéristique la signale comme la plus indiquée comme base de recherches.

Par exemple, il peut se faire que, pour une période donnée, l'horaire de travail soit constant ; la variable H/L et l'inverse L/H cessent d'être variables pour devenir constantes : les expressions des indices N/M et N/P, dans lesquelles elles apparaissent, cessent d'être à 2 variables pour devenir à une seule. Le calcul des 2 indices deviendra plus facile et exact si on le fait en utilisant respectivement les expressions (21) ou (22) et (24) ou (25), au lieu de recourir respectivement aux expressions (23) et (26) dans lesquelles elles n'apparaissent pas (voir note 3 a, à la fin).

Une fois définie une variable particulière, on peut dire qu'on a trouvé la nature de la fonction qui relie 2 indices à 4 autres variables.

En effet, en revenant à l'exemple H/L = constant, avec les données formées par les éléments de base, on pourra tracer séparément les 3 courbes de $I_m = \frac{N}{M}$ et de $\frac{P}{L}$, $\frac{P}{H}$; de la confrontation on tirera directement les lois des variations de I_m , par rapport à P/L et à P/H ; de même pour I_p et M/L, M/H.

Tableau d'orientation.

Ce raisonnement vaut pour une variable quelconque et il est bon de le généraliser pour en tirer une méthode de travail.

Dans ce but, on écrit les 12 expressions données par les relations de (15) à (26) en employant les notations abrégées de l'expression (11) à l'expression (14) et de l'expression (29) à l'expression (34). On a :

$$I_o = f(d, e) \dots\dots\dots (35)$$

$$= f(l/d, f) \dots\dots\dots (36)$$

$$= f(l/e, 1/f) \dots\dots\dots (37)$$

$$I_f = f(b, c) \dots\dots\dots (38)$$

$$= f(1/b, f) \dots\dots\dots (39)$$

$$= f(1/c, 1/f) \dots\dots\dots (40)$$

$$I_m = f(a, c) \dots\dots\dots (41)$$

$$= f(1/a, e) \dots\dots\dots (42)$$

$$= f(1/c, 1/e) \dots\dots\dots (43)$$

$$I_p = f(a, b) \dots\dots\dots (44)$$

$$= f(1/a, d) \dots\dots\dots (45)$$

$$= f(1/b, 1/d) \dots\dots\dots (46)$$

On voit que :

- chaque indice est intéressé par 3 variables, combinées de 3 manières diverses ;
- chaque variable apparaît dans 2 expressions différentes de 2 indices.

Ceci peut se représenter complètement et rapidement par le tableau suivant : (47)

	a	b	c	d	e	f
I_o	-	-	-	(35) (36)	(35) (37)	(36) (37)
I_f	-	(38) (39)	(38) (40)	-	-	(39) (40)
I_m	(41) (42)	-	(41) (43)	-	(42) (43)	-
I_p	(44) (45)	(44) (46)	-	(45) (46)	-	-

Le tableau est effectivement utile parce que :

1/ à peine a-t-on défini une variable particulière, que, grâce au tableau, on voit immédiatement les indices correspondants à étudier ;

2/ puisque chaque variable apparaît, directement ou avec sa valeur inverse, en 2 expressions différentes pour le même indice et qu'en chacune de celles-ci apparaît aussi une seconde variable qui n'est pas la même pour les 2 expressions, il en découle qu'on peut choisir l'une ou l'autre expression, selon que l'une ou l'autre des 2 secondes variables intéresse davantage.

En d'autres termes : puisque chaque indice a 3 expressions différentes, dans chacune desquelles apparaissent 2 des 3 variables fondamentales, on a la possibilité de choisir l'expression dans laquelle, non pas une seule, mais les 2 variables présentent des valeurs particulières, pour en tirer des déductions intéressantes et exactes, avec une méthode simple et rigoureuse. Ceci ressort à première vue du tableau : par exemple, un "a" particulier étant trouvé, si on veut l'utiliser pour calculer I_m , on choisira l'expression (41) ou l'expression (42), selon que "c" ou "e" seront particuliers.

La méthode d'analyse des indices.

La meilleure marche à suivre, pour conduire une enquête complète, apparaît désormais définie comme suit :

I - Relever les données pour les 5 phénomènes ou éléments de base des expressions (1), (2), (3), (4), (5).

- II - Préparer les rapports de premier rang entre N et les 4 autres éléments de base, c'est-à-dire les 4 indices des expressions (11), (12), (13), (14).

Quand on veut trouver des explications aux variations des valeurs des 4 indices, il faut procéder selon les phases successives.

- III - Préparer 6 rapports entre les 4 éléments de base différents de N, c'est-à-dire : L H M P comme dans les expressions (29), (30), (31), (32), (33), (34) pour les prendre comme variables principales.

- IV - Examiner séparément le développement des variables principales afin de définir celles qui présentent des particularités telles que : constance, allure pratiquement linéaire, etc.

- V - Suivant les indications résultant du point (IV) et, guidés par le tableau (47), choisir entre les 3 expressions de chacun des 4 indices, celles qui se réduisent à une seule variable ou permettent de déterminer avec exactitude la loi de variation de l'indice avec la variable.

N. - B. - Dans certains cas, il peut arriver qu'on ait défini plus d'une variable particulière et qu'il soit ensuite possible de déterminer plusieurs lois de variation des indices par rapport aux variables.

Dans d'autres cas moins heureux, au contraire, il pourra se faire qu'on ne puisse trouver aucune particularité d'aucune variable ; il ne restera alors qu'à procéder à l'étude des 12 expressions des 4 indices avec le système de l'étude des variations séparées, obtenues en considérant alternativement constante l'une puis l'autre des 2 variables qui y apparaissent, arrivant ainsi à 6 expressions pour chaque indice et à 24 au total pour représenter tout le phénomène-accidents, examiné suivant la solution la plus générale.

Indices ultérieurs de second rang.

Ce qui précède est valable pour le calcul des 4 indices I_o , I_f , I_m , I_p qui sont des "indices de 1^{er} rang" parce que N figure au numérateur et que les 4 autres éléments de base L H M P sont au dénominateur.

Cependant, pour certaines études spéciales, peuvent être utiles ainsi des "indices de 2^e rang" qui ont toujours N comme numérateur mais qui, au dénominateur, indiquent des rapports entre deux des éléments de base L H M P ou bien les variables principales a b c d e f ; ainsi ils arrivent à contenir N et 2 des 4 autres éléments de base.

Ce sont :

$$\frac{N}{a} = \frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{horaire de travail}} \dots\dots\dots (48)$$

$$\frac{N}{b} = \frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{degré de mécanisation}} \dots\dots\dots (49)$$

$$\frac{N}{c} = \frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{production par travailleur}} \dots\dots\dots (50)$$

$$\frac{N}{d} = \frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{rapport entre travail mécanique et humain}} \dots\dots\dots (51)$$

$$\frac{N}{e} = \frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{rendement horaire par travailleur}} \dots\dots\dots (52)$$

$$\frac{N}{f} = \frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{rendement des moyens mécaniques}} \dots\dots\dots (53)$$

De même que pour les indices de 1^{er} rang, pour ceux du 2^e rang, des raisons de précision et d'objectivité imposent de les calculer tous, au lieu de se limiter à en calculer un seul !

SCHEMA DU RAPPORT GENERAL D'ANALYSE

Pour résumer et clarifier ce qui précède, il apparaît opportun de donner le schéma général du rapport pour l'analyse de la situation des accidents dans une entreprise qui mettrait en relief les éléments de la présente étude.

Ce schéma devrait comprendre au moins les courbes relatives aux :

- 5 éléments de base N L H M P ,
- 4 indices de 1^{er} rang I_o I_f I_m I_p ,
- 6 indices de 2^e rang $\frac{N}{a}$ $\frac{N}{b}$ $\frac{N}{c}$ $\frac{N}{d}$ $\frac{N}{e}$ $\frac{N}{f}$

Quant au texte - à l'exception des cas importants - il devrait se développer comme suit.

1/ Il y a eu une variation du nombre des travailleurs L $\pm$ %
 mais les heures de travail ont été H $\pm$ %
 par conséquent l'horaire de travail a été a = H/L $\pm$ %

2/ La variation dans la consommation d'énergie a été . . . M $\pm$ %
 le degré de mécanisation a été b = M/L $\pm$ %
 le rapport entre travail mécanique et travail humain . . d = M/H $\pm$ %

3/ Comme résultat du travail mécanique et humain, la
 production a été P $\pm$ %
 et la production ou rendement par travailleur a été . . . c = P/L $\pm$ %
 pendant que la production ou rendement à l'heure a été . e = P/H $\pm$ %
 et la production ou rendement par moyens mécaniques . f = P/M $\pm$ %

4/ La production a été frappée par les accidents N $\pm$ %

5/ Ceci correspond aux "indices" suivants :

- accidents par unité de production $I_p = N/P \pm$ %
- accidents par unité de travail mécanique $I_m = N/M \pm$ %
- accidents par unité de travail humain $I_f = N/H \pm$ %
- accidents par travailleur $I_o = N/L \pm$ %

6/ Ceci correspond aussi aux variations suivantes par rapport à certaines caractéristiques du travail humain et mécanique :

$\frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{horaire de travail}}$ $\pm$ %

$\frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{degré de mécanisation}}$ $\pm$ %

$\frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{production par travailleur}}$ $\pm$ %

$\frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{rapport entre travail mécanique et travail humain}}$ $\pm$ %

$\frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{rendement horaire par travailleur}}$	$\pm \%$
$\frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{rendement des moyens mécaniques}}$	$\pm \%$

De la lecture du schéma il apparaît clairement que :

- le point 1/ se rapporte aux hommes,
- le point 2/ se rapporte aux machines,
- le point 3/ se rapporte à la production,
- le point 4/ se rapporte aux accidents,
- le point 5/ se rapporte aux indices de 1^{er} rang,
- le point 6/ se rapporte aux indices de 2^è rang.

De cette façon le désir d'analyser les accidents le plus complètement possible, sur la base des relevés déjà effectués dans les entreprises, se trouve satisfait.

ANNEXE

1a - Relations entre les 4 indices d'accidents.

2a - Procédés pour l'établissement des diagrammes.

3a - Elimination des constantes dans les expressions.

NOTE 1a - Relations entre les 4 indices d'accidents.

Afin de préciser quelques rapports entre les 4 indices et dans le but pratique de parvenir à une simplification des calculs arithmétiques relatifs, on peut signaler quelques expressions qui permettent de passer de l'un à l'autre.

Relations entre 2 indices.

Les relations significatives entre 2 des 4 indices sont au nombre de 6 et ont les valeurs suivantes :

$$\frac{I_o}{I_f} = \frac{N/L}{N/H} = \frac{H}{L} = a \quad \dots\dots\dots (101)$$

$$\frac{I_o}{I_m} = \frac{N/L}{N/M} = \frac{M}{L} = b \quad \dots\dots\dots (102)$$

$$\frac{I_o}{I_p} = \frac{N/L}{N/P} = \frac{P}{L} = c \quad \dots\dots\dots (103)$$

$$\frac{I_f}{I_m} = \frac{N/H}{N/M} = \frac{M}{H} = d \quad \dots\dots\dots (104)$$

$$\frac{I_f}{I_p} = \frac{N/H}{N/P} = \frac{P}{H} = e \quad \dots\dots\dots (105)$$

$$\frac{I_m}{I_p} = \frac{N/M}{N/P} = \frac{P}{M} = f \quad \dots\dots\dots (106)$$

Avec ces relations, on obtient la valeur de chaque indice en fonction d'un autre connu.

Les expressions du 2^e membre sont les rapports entre les 4 éléments de base L H M P déjà notés comme "variables principales" dans le cours de l'enquête, lesquelles ont aussi également la signification de rapports entre les 4 indices d'accidents.

En exprimant la formule par des mots on a :

- de l'expression (101) : indice par travailleur
= indice par unité de travail humain × horaire de travail;
- de l'expression (102) : indice par travailleur
= indice par unité de travail mécanique × degré de mécanisation ;
- de l'expression (103) : indice par travailleur
= indice par unité de production × par production par travailleur ;
- de l'expression (104) : indice par unité de travail humain
= indice par unité de travail mécanique × rapport entre travail mécanique et travail humain ;
- de l'expression (105) : indice par unité de travail humain
= indice par unité de production × rendement horaire ;
- de l'expression (106) : indice par unité de travail mécanique
= indice par unité de production × rendement par moyens mécaniques.

Relations entre 3 indices.

Les relations entre 3 des 4 indices sont au nombre de 12 et s'obtiennent ainsi :

$$\text{de } \frac{N}{L} = \frac{N}{L} \frac{H}{H} \frac{N}{N} \frac{M}{M} \text{ on tire } I_o = I_f I_m \frac{HM}{LN} \text{ c'est-à-dire } \frac{I_o}{I_f I_m} = \frac{HM}{LN} \dots\dots (107)$$

$$\text{de } \frac{N}{L} = \frac{N}{L} \frac{H}{H} \frac{N}{N} \frac{P}{P} \text{ on tire } I_o = I_f I_p \frac{HP}{LN} \text{ c'est-à-dire } \frac{I_o}{I_f I_p} = \frac{HP}{LN} \dots\dots (108)$$

$$\text{de } \frac{N}{L} = \frac{N}{L} \frac{M}{M} \frac{N}{N} \frac{P}{P} \text{ on tire } I_o = I_m I_p \frac{MP}{LN} \text{ c'est-à-dire } \frac{I_o}{I_m I_p} = \frac{MP}{LN} \dots\dots (109)$$

et par analogie :

$$\frac{I_f}{I_m I_p} = \frac{MP}{HN} \dots\dots\dots (110)$$

$$\frac{I_f}{I_m I_o} = \frac{ML}{HN} \dots\dots\dots (111)$$

$$\frac{I_f}{I_o I_p} = \frac{LP}{HN} \dots\dots\dots (112)$$

$$\frac{I_m}{I_o I_f} = \frac{LH}{MN} \dots\dots\dots (113)$$

$$\frac{I_m}{I_f I_p} = \frac{HP}{MN} \dots\dots\dots (114)$$

$$\frac{I_m}{I_o I_p} = \frac{LP}{MN} \dots\dots\dots (115)$$

$$\frac{I_p}{I_o I_f} = \frac{LH}{PN} \dots\dots\dots (116)$$

$$\frac{I_p}{I_m I_f} = \frac{MH}{PN} \dots\dots\dots (117)$$

$$\frac{I_p}{I_o I_m} = \frac{ML}{PN} \dots\dots\dots (118)$$

Avec ces relations on trouve la valeur de chaque indice en fonction des 2 autres connus.

Relations entre 4 indices.

Les relations entre 4 indices sont au nombre de 3, c'est-à-dire :

$$\frac{I_o}{I_m} \frac{I_f}{I_p} = \frac{MP}{LH} \dots\dots\dots (119)$$

$$\frac{I_o}{I_f} \frac{I_m}{I_p} = \frac{HP}{LM} \dots\dots\dots (120)$$

$$\frac{I_o}{I_f} \frac{I_p}{I_m} = \frac{HM}{LP} \dots\dots\dots (121)$$

Avec ces relations on trouve la valeur de chaque indice en fonction des 3 indices connus.

NOTE 2a - Procédés pour l'établissement des diagrammes.

Tous les phénomènes sont étudiés comme "variables dans le temps", aussi les abscisses sont-elles toujours des temps.

Sur le même diagramme on reporte les courbes des différents phénomènes et on en étudie l'évolution simultanée (proportionnalité ou divergence). Pour en juger à coup sûr, et facilement, il est bon que toutes les courbes aient le même point de départ

Ceci s'obtient de deux façons :

- ou en accordant les échelles des ordonnées de telle manière que l'origine à gauche soit commune ;
- ou bien de façon moins ingénieuse mais plus convaincante, en portant en ordonnées, non pas les valeurs absolues des phénomènes, mais les valeurs en pourcentages de la valeur initiale ; l'origine de toutes les courbes est unique si la valeur de chaque phénomène se trouve égale à 100.

Dans la seconde manière, les ordonnées ne correspondent plus à des unités de mesure différentes mais sont toutes des nombres sans dimensions, ceci élimine la nécessité de créer de nouvelles échelles et unités de mesure, ce qui est particulièrement compliqué quand on étudie les rapports de second rang, par exemple : $\frac{\text{nombre d'accidents}}{\text{degré de mécanisation}}$ qui correspondrait à :

$$\frac{\text{nombre d'accidents} \times \text{nombre de travailleurs}}{K W \text{ (ou } H P \text{)}}$$

NOTE 3a - Elimination des constantes dans les expressions.

Quand, dans une expression à 2 variables $A = f(m, n)$, l'une d'elle devient constante, l'expression devient $A = mf(n)$ dans laquelle on ne s'est pas encore libéré de m ; cependant, ceci est possible quand - au lieu des valeurs absolues - on considère les rapports entre les valeurs que la fonction représente dans ces périodes successives.

En effet, si on appelle ces deux valeurs A' et A'' , on a :

$$A' = m f' (n)$$

$$A'' = m f'' (n)$$

Leur rapport a la valeur :

$$\frac{A''}{A'} = \frac{f'' (n)}{f' (n)}$$

D'où :

$$A'' f' (n) = A' f'' (n)$$

Ceci est justement le cas des indices (et autres quantités) quand on fait égale à 100 la première valeur calculée et que les valeurs successives s'expriment en pourcentages de la première. Les valeurs en pourcentages sont fonction seulement du facteur variable, et sont indépendantes du facteur constant.