

PHYSIOLOGIE DU TRAVAIL ET ERGONOMIE

« Analyse de la situation de travail – Méthodes et techniques »

Cours A3

Leçon 12

(Dispensée en 1985 par Alain Wisner)

L'ANALYSE DE L'ACTIVITE¹ : LES SOURCES D'INFORMATION ET LEUR USAGE. LES
DIVERS

TYPES DE SIGNAUX. ETUDE DES MOUVEMENTS DE LA TETE ET DES YEUX.

La prise d'informations de l'opérateur et l'analyse du travail

Dans son livre "L'analyse du travail préalable à la formation" M. de MONTMOLLIN fait à propos de la place des signaux dans l'analyse du travail, trois remarques fondamentales :

- "Les méthodes du temps et mouvements ne donnent des indications que sur les seules réponses de l'opérateur, mais sont muettes sur ce qui déclenche les réponses, c'est-à-dire sur les signaux. On ne peut pas expliquer le travail en le décomposant en gestes élémentaires, on ne peut que le décrire. Quant au modèle verbal (le modèle psychologique classique) il ne prend pas en compte l'échange d'informations entre l'homme et la machine, ce dialogue qui se déroule dans le temps, mais cherche ambitieusement à décrire les caractéristiques psychologiques ou cognitives de l'homme considéré isolément de sa machine. Là non plus, on n'explique rien"

- "Comment identifier les signaux du travail ? Le principe général est, paradoxalement, qu'un signal se définit d'abord par la réponse qu'il permet ou provoque. Cela peut s'exprimer par un jeu de mots : en analyse du travail, il faut entrer par la sortie. "

- "Il arrive fréquemment, dans les tâches tant soit peu complexes, que les réponses soient provoquées par plusieurs signaux, qui se combinent et qui peuvent s'échelonner dans le temps. La réponse peut alors ne survenir que longtemps après le premier signal d'une série".

On verra toutefois dans cette leçon que les mouvements de la tête et des yeux liés à la prise d'information pourraient faire partie d'une étude de temps et mouvements.

¹ « Tâche » sur le document original. Alain Wisner nous a demandé en séance, de corriger par «Activité ».

La nécessité de considérer le bon "coup d'œil" comme une condition au bon "coup de main" commence à apparaître dans les travaux d'étude du travail en 1969 (HANLOCK et FOULKE) où l'on note "qu'en laboratoire comme en atelier la courbe d'apprentissage d'éléments complexes est fonction du nombre de fixations oculaires nécessaires. Quand la vitesse d'exécution s'accroît, l'opérateur modifie le codage des informations, utilise moins le canal visuel. Quand on dessine les nouvelles courbes en tenant compte de la réduction du nombre des fixations visuelles avec l'apprentissage, on obtient de meilleures prédictions". Ce texte est très limité dans sa portée théorique mais il montre que certains spécialistes de l'étude du travail se rendent compte eux-mêmes de l'importance de la prise des informations dans le travail.

Les sources d'information et leur usage

La multiplicité des sources d'information sur le travail est considérable. On peut essayer une classification en fonction des possibilités d'évocation de ces informations au niveau de la conscience et donc d'une éventuelle didactique : on parlera de façon approximative d'informations conscientes et inconscientes.

Les informations conscientes sont d'abord visuelles. Qu'il s'agisse de signaux naturels (informels) ou préparés (formels) la description de la tâche se fait en termes de vision. Il en est de même en ce qui concerne les consignes et le suivi de l'apprentissage. On verra plus loin que l'observation des mouvements de la tête et des yeux est un outil fondamental de l'analyse du travail.

L'analyse du travail de l'aveugle met en évidence d'autres sources d'informations conscientes qui existent d'ailleurs dans le travail des voyants mais sont assez négligées.

D. WEYGAND a pu construire dans le laboratoire du Professeur AVAN un laboratoire complet d'électronique où les valeurs discrètes qui pourraient être lues sont entendues, chaque note correspondant à un chiffre.

Tout conducteur de voiture connaît la valeur des signaux extéroceptifs non visuels perçus par les organes des sens ou la sensibilité externe. Il s'agit des informations tactiles, acoustiques, odorantes, provenant de son véhicule. Un rythme à trois temps annonce une panne de bougie, le pleurage des pneus indique un cisaillement des enveloppes lié à un virage trop rapide, une odeur de brûlé est toujours une alerte. Des vibrations importantes du volant indiquent un déséquilibre entre les deux côtés du train avant.

On pourra noter toutefois que les manuels d'emploi et de conduite sont habituellement muets sur les sources d'information auditives, odorantes ou vibratoires. Tout se passe comme si le caractère empirique de l'apprentissage décourageait la pédagogie. Une source d'information de

description difficile peut cependant être d'une importance vitale comme dans le cas de la voiture et de bien d'autres machines.

Les informations inconscientes souvent très importantes sont encore plus négligées, mais il existe dans ce cas une raison très forte : la grande difficulté de faire apparaître à la conscience et donc d'exprimer les sensations proprioceptives (c'est-à-dire relatives au corps lui-même). Quand un virage trop rapide est pris en voiture, le conducteur expérimenté perçoit une variation des pressions de son corps sur le siège et un décalage entre l'image projetée du mouvement du corps et le mouvement réalisé, il peut alors décélérer et reprendre son véhicule en mains. Le conducteur inexpérimenté "ne sait pas ce qui lui est arrivé" et perd le contrôle de son véhicule.

Il en est de même pour la conduite d'une bicyclette, le déplacement à skis, l'usage de la voile d'un bateau ou dans le domaine du travail, pour le lancement d'un filin, le travail de nettoyage dans une nacelle suspendue ou la "simple" marche du couvreur sur un toit quand il doit porter une charge.

On remarquera que pour exprimer cet aspect de la signalisation, on est amené à employer des exemples plutôt que des catégories abstraites.

Toutefois, on peut, à propos de tous les signaux conscients, distinguer les étapes classiques de la perception : détecter (il existe un signal), discriminer (il s'agit de ce signal et non pas d'un autre), interpréter (ce signal donne telle information).

Les caractéristiques des signaux

Etant donné leur importance, les signaux ont été très étudiés par les spécialistes de l'analyse du travail. M. de MONTMOLLIN, dans le livre cité plus haut, donne une bonne classification de leurs caractéristiques.

- Signaux formels et informels. Un signal formel est donné par un dispositif construit à cet effet : compteur, thermomètre. Un signal informel est fourni par le fonctionnement même du dispositif : bruit du moteur, flamme du gaz, bouillonnement du liquide chaud. Les dispositifs modernes comportent surtout des signaux formels, plus faciles à apprendre.

- Signaux officiels et officieux. Les signaux officiels figurent dans les consignes et font partie du travail prescrit. Les signaux officieux font partie de l'image opératoire du travailleur et du travail réel. Il arrive qu'il existe un accord entre maîtrise et opérateur pour considérer essentiellement ou exclusivement les signaux officieux, permettant souvent un travail moins dur et pourtant efficace. On connaît toutefois les limites de cette façon de procéder dans le cas des situations inhabituelles (voir leçon 10).

- Signaux explicites et implicites. Les signaux explicites sont ceux qu'il est aisé de décrire et d'interpréter et dont on parle aisément

quand on relate un évènement. Les signaux implicites sont officieux par définition et presque toujours informels ; quand les ouvriers de plancher qui vissent un tube à l'autre au puits de pétrole, se relèvent et déposant leurs pinces, l'accrocheur situé 30 mètres plus haut, considère qu'il peut procéder à l'étape suivante.

- Signaux pertinents et non pertinents. Un signal pertinent est ou sera utile dans le processus de travail. Un signal non pertinent est non seulement inutile, mais habituellement gêne la perception des signaux utiles. Parfois, il s'agit d'un simple bruit, au sens de la théorie de l'information, comme dans le cas des enseignes lumineuses qui gênent pour détecter et distinguer les feux tricolores de croisement. Souvent, il s'agit de signaux formels inutiles qui compliquent fâcheusement un tableau d'indicateurs. Le cas le plus redoutable est constitué par des indicateurs que les consignes considèrent formellement comme utiles et qui sont en panne depuis longtemps. La réparation a été considérée comme superflue puisque leurs signaux ne sont pas pertinents. Le travailleur néophyte risque toutefois d'en tenir compte et de déclencher des incidents.

- Signaux concrets et abstraits. Les signaux concrets sont en relation étroite avec les phénomènes qu'ils indiquent. Les signaux abstraits passent par des symboles, un "langage". La flamme de la cuisinière à gaz est un signal concret. La lumière rouge qui indique qu'une plaque de la cuisinière électrique chauffe, est un signal abstrait.

Les signaux concrets sont prélevés habituellement sur le champ de travail et sont simples et d'interprétation directe. Toutefois, l'aspect du ciel peut indiquer à l'agriculteur qu'il gèlera la nuit prochaine. Dans ce cas, le signal concret est d'interprétation difficile pour celui qui ne connaît pas la région alors que la lecture du baromètre ou l'audition du bulletin météorologique à la radio apportent des signaux abstraits de compréhension facile pour tous.

Certains signaux abstraits sont conçus pour apparaître de façon concrète. Ainsi, certains tableaux de contrôle de raffinerie représentent le système de traitement de façon "concrète". Par exemple, une panne se traduit par l'arrêt d'une partie du circuit lumineux. En réalité, il s'agit d'une représentation conventionnelle qui peut être abstraite pour les personnes qui utilisent un autre type de modèle, de représentation du circuit.

L'accroissement du caractère symbolique de la signalisation est lié à l'industrialisation, à l'automatisme, à l'informatique. Il est rendu possible par l'élévation du niveau de l'instruction. Les personnes moins instruites du fait de leur milieu social, de leur âge, de leur sexe souffrent d'un handicap dans les situations très abstraites.

Pour tous, la croissance de l'abstraction demande un effort de manière accrue : expression numérique de l'appel téléphonique, du code postal, de la plaque minéralogique, du code d'ouverture des portes de

maison. Les difficultés deviennent considérables dans certaines situations : textes de journaux entrecoupés de nombreux codes et dont la correction exige une représentation abstraite, dépouillement et codage de documents d'assurances, de banque, etc ...

La tendance à l'abstraction s'exprime clairement dans la floraison des nombreux "langages" de l'informatique : fortran, basique, etc ...

Systemes de signalisation simples, redondants ou complexes

La signalisation simple est celle du feu rouge à l'entrée d'un bâtiment. Ce feu interdit l'entrée sans ambiguïté. C'est un signal simple durable.

Les faits importants sont signalés souvent par des signaux redondants. Les chances de prendre le fait en considération sont accrues. La lumière du feu clignotant à l'extérieur du véhicule est répétée au tableau de bord et s'accompagne d'un bruit rythmé. Les signaux persistent jusqu'à l'arrêt du clignotement extérieur. La redondance peut être simultanée comme plus haut ou échelonnée dans le temps "Dans deux secondes, il sera exactement ..." ou dans l'espace : "Stop dans 100 m", "Stop dans 20 m", "Stop".

Les signaux complexes sont constitués par plusieurs phénomènes qui ne sont parfois significatifs que s'ils sont organisés selon une certaine combinaison temporo-spatiale. Le meilleur exemple en est la musique. On peut évoquer également l'éclair suivi du tonnerre, la durée entre les deux donnant la distance à laquelle la foudre est tombée du point d'observation.

- Signaux plus ou moins probables. Dans les tâches de surveillance, le signal rare et aléatoire est le plus difficile à percevoir (radar) alors que le signal régulier et fréquent déclenche une réponse adéquate avec un minimum d'attention (habitué aux systèmes d'alerte "homme mort" chez les conducteurs de train).

Plus la probabilité d'apparition d'un signal est faible, plus ce signal apporte d'information. La théorie mathématique de l'information permet de mesurer cette quantité.

- Signaux séquentiels. Dans de nombreuses situations, la réponse R1, au signal S1 constitue le signal S2 qui déclenche la réponse R2. Dans les processus les plus simples comme ceux de la chaîne de montage de l'industrie automobile, les séquences sont assez courtes. Dans le cas du montage électronique, les séquences sont parfois très complexes. On peut évoquer aussi certains itinéraires de circulation automobile et naturellement l'apprentissage musical. Ces séquences sont des aides à la mémoire, ce qui s'observe aisément quand pour retrouver le "fil" perdu, on recommence plus ou moins fictivement la séquence depuis son début.

Etude des mouvements de la tête et des yeux

Pour employer pratiquement dans l'analyse du travail les données sur les signaux citées plus haut, on peut interroger les opérateurs sur leurs activités et leurs repères mais un tel procédé est insuffisant comme le montrent de nombreuses études. Il est donc nécessaire de disposer aussi de moyens objectifs d'observation : postures et mouvements. Ce que l'on étudie alors, ce sont des gestes d'observation et non des gestes d'action.

L'ensemble de ces gestes constitue une partie de ce que l'on peut appeler l'éthologie de l'homme au travail.

Les gestes d'observation sont liés aux modalités sensorielles utilisées

- palpation d'une surface pour en apprécier le poli, du dessous d'une machine pour libérer le capot de son verrouillage
- orientation et reniflement dans la direction d'une odeur
- mouvements de la tête et du corps pour mieux entendre un ordre ou préciser l'origine d'un sifflement
- approche prudente d'une surface que l'on croit chaude.

Toutefois, on se limitera ici aux postures et mouvements liés à la vision. On sait qu'il existe dans le tronc cérébral une zone spéciale qui gouverne les mouvements de la tête et des yeux, qu'il existe une liaison étroite entre la vision elle-même et la motricité oculaire puisqu'un quart des fibres du nerf optique établissent indirectement des connexions avec les centres de la motricité oculaire. Ainsi, les mouvements d'un objet en vision périphérique entraînent une orientation de l'œil vers cet objet pour discrimination et identification.

L'étude la plus directement utilisable en analyse du travail est celle des fixations oculaires dont la durée et la fréquence sont en rapport avec l'intensité de l'activité exploratoire et dont l'orientation permet de repérer les sources d'information et les séquences d'observation de ces sources.

Techniques d'observation des fixations visuelles

Suivant l'étendue du dispositif à explorer, on utilisera des techniques diverses.

- Observations des mouvements de la tête. Cette technique qui ne nécessite aucun appareil, ne peut être employée que si le dispositif est suffisamment grand (>0,60m de haut et 1m de large) et les objets suffisamment petits (quelques millimètres) pour que l'opérateur ne puisse se contenter de mouvoir ses yeux mais doive aussi changer l'orientation de sa tête et même la position de son corps. F. BUISSET a pu montrer sur une machine semi-automatisée d'emballage de cigarettes que l'opératrice utilise 27 sources pertinentes d'information. Toutes n'ont pas la même

importance. Il faut regarder la trémie par où arrivent les cigarettes avec une très grande fréquence (toutes les 2 ou 3 secondes) pour éviter un incident qui se produit souvent, se déclenche vite et demande un sérieux travail de rétablissement. Au contraire les réserves de papier sont prévues pour une durée de l'ordre de l'heure.

Cette technique permet de noter les séquences caractéristiques dans les périodes de surveillance et dans les périodes de réparation d'incidents. Elle favorise le suivi de l'apprentissage. Elle est l'occasion d'un dialogue fructueux avec les opérateurs qui font alors l'inventaire de nombreuses sources informelles d'information. On peut alors mieux comprendre les raisons de certaines actions sur la machine, qui sont consécutives à des variations de sources jusqu'alors non identifiées.

- Observation directe des mouvements des yeux. Il s'agit là encore d'une technique sans appareillage. On note parfois de petits mouvements associés de la tête. Elle n'est guère utilisable quand le champ d'observation est plus petit qu'un rectangle de 0,40m de haut et 0,60m de large avec des détails de quelques millimètres.

Cette technique a été utilisée avec succès dans l'étude de la conduite de véhicules grâce à la présence aux côtés du pilote d'un observateur qui note les principales zones de fixation du regard : route à 50 m, bords de la route au niveau du sol, à la hauteur du feu de signalisation, dans les deux rétroviseurs intérieur et extérieur.

Une telle technique permet de saisir les comportements et peut servir de base à l'étude et à l'amélioration de l'apprentissage.

- Electro-oculographie. Cette technique utilise un appareillage assez simple et peu coûteux. Des électrodes collées sur la peau autour de l'orbite permettent de noter les variations du champ électrique liées aux mouvements de l'œil.

Cette technique ne permet pas un bon repérage spatial des sources d'information mais est très utile pour l'étude de processus séquentiels (lecture d'un texte, suivi d'un itinéraire, etc ...).

- L'enregistrement du mouvement des yeux ne prend toute son importance que si le champ de vision de l'opérateur est enregistré simultanément et les deux images superposées. Ultérieurement, on peut observer sur magnétoscope à la fois ce que l'opérateur voyait et ce qu'il regardait.

- Il s'agit d'une technique complexe et coûteuse, utilisable seulement par des spécialistes, mais qui permet des observations d'une grande précision sur des champs d'observation de la grandeur d'une page d'écriture ou de l'écran d'un ordinateur.

Dans une étude récente réalisée à propos de la saisie-corrrection des textes présentés sur écrans de visualisation dans l'industrie de la presse, une équipe d'une dizaine de chercheurs du laboratoire de

physiologie du travail et d'ergonomie du C.N.A.M. (en particulier J. DURAFFOURG, F. GUERIN et B.PAVARD) a montré un lien étroit entre fréquence et durée des regards et contenu informationnel des textes apprécié par leur taux de segmentation. Cette équipe a également pu montrer l'influence du contenu informationnel sur la durée moyenne des regards et la durée totale de la sollicitation visuelle vers le texte original, l'écran de visualisation et le clavier de correction.

Conclusion sur l'observation des mouvements de la tête et des yeux

On notera que les quatre techniques décrites sont toutes destinées à étudier un comportement d'observation. Elles constituent un outil remarquable d'approche de l'activité cognitive et possèdent un niveau élevé de précision et d'objectivité.

Utilisées initialement en laboratoire, ces techniques sont toutes susceptibles d'un emploi industriel pendant des périodes longues d'observation et sans modification sensible de l'activité pour peu que le choix précis de la technique employée ait été convenable et accepté des opérateurs.

Les contraintes très fortes de production dans de nombreux dispositifs automatisés ou informatisés rendent de telles techniques indispensables pour explorer la charge perceptive et mentale. Par ailleurs, ces situations du secteur secondaire ou tertiaire permettent par la durée même de leurs contraintes de mettre en évidence des faits d'ordre cognitif que l'expérimentation en laboratoire moins intense et surtout beaucoup plus courte que le travail n'avait pas permis de montrer.

On doit souligner que ces techniques n'ont pas de valeur si elles sont isolées de l'élaboration de modèles interprétatifs, d'observations simultanées des postures et des gestes d'action et des explications verbales des opérateurs.

- :- :- :- :- :- :-