

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS EN ENSEIGNEMENT TECHNIQUE ET PROFESSIONNEL

Résumé : On s'intéresse à quelques modalités de représentation de l'information en tableau. On pointe des processus de lecture de ces représentations en tableau au travers de quelques exemples pris dans l'enseignement technique (technologique) et professionnel.

Mots clés : Représentation de l'information – Enseignement – Technologie.

L'organisation de l'information en tableau est décrite dans la littérature scolaire comme un des processus de production d'un document. Ce document peut (doit aussi) satisfaire à un ensemble de caractéristiques : il est clair, concis, facile à vérifier, très soigné et agréable à l'œil (Papillard & Pelosse, 1996). Ce processus de production intervient avec d'autres processus, notamment ceux de conversion d'une modalité de représentation à une autre. Souvent c'est au travers de ces multiples conversions qu'une information est produite. La construction d'habiletés à organiser ces conversions peut être un des enjeux majeurs d'une formation à un métier comme l'attestent les épreuves décrites par ces auteurs.

A l'école c'est aussi le cas, par exemple, lorsqu'on aborde l'étude des fonctions en mathématiques (Janvier, 1993), ou de certaines lois de la physique (Lefèvre, 1998) ou tout simplement lors de l'organisation de la production d'un produit (un bien, un service). Le domaine de la production est parmi ceux où une bonne maîtrise de la multiplicité des conversions de l'information est essentielle. Ces conversions peuvent porter aussi bien sur des représentations conceptuelles que matérielles des objets que l'on manipule.

La multiplicité des conversions entre plusieurs modalités de représentation de l'information échappe à une définition unique des processus cognitifs liés à ces conversions. Par exemple, un même tableau peut être le produit de processus cognitifs très variés, dans des contextes aussi divers qu'éloignés les uns des autres. De ce fait, la lecture, la compréhension d'une information organisée en tableau, son exploitation ou encore la production d'une telle organisation en tableau ne sont pas données, allant de soi. Elles doivent être construites dans une culture. Et c'est relativement à une culture qu'une telle organisation en tableau peut avoir du sens et des usages. Nous tenterons de l'illustrer au travers de quelques exemples sans rechercher une quelconque exhaustivité.

1. EXEMPLES DE CONCEPTION FORMELLE/NON FORMELLE D'UNE INFORMATION EN TABLEAU

Prenons l'exemple des deux tableaux suivants :

HEURE	DESTINATION	VOIE
7	Dijon	5
8	Paris	1
11	Lyon	3

Figure 1

VOIE	DESTINATION	HEURE
5	Dijon	7
1	Paris	8
3	Lyon	11

Figure 2

Une première différence apparaît dans la représentation de l'information. Dans l'un des tableaux les cellules sont matérialisées par des traits visibles contrairement à l'autre tableau. Une deuxième différence résulte de la permutation des première et troisième colonnes. Cependant l'information reste la même : chacun des deux tableaux donne la même information sur les trains au départ.

Le voyageur intéressé par l'une de ces destinations peut satisfaire sa demande indifféremment par la consultation de l'un ou l'autre tableau. Cependant, pour le mathématicien ou l'informaticien, concepteurs des systèmes qui organisent les informations et les produisent ainsi pour notre voyageur, cette conservation de l'information dans le passage de l'une à l'autre modalité de représentation n'est pas une donnée naturelle. Chacun de ces tableaux peut être vu comme une instance d'un concept plus abstrait et plus général, celui de relation n-aire.

En effet, le premier tableau (figure 1), si on néglige la première ligne, peut être lu comme une représentation d'une relation 3-aire dont la séquence des domaines est, par exemple, la donnée des trois ensembles : $A = [0 ; 24]$, $B = \{\text{Dijon, Lille, Paris, Lyon, Grenoble, Avignon}\}$, $C = \{1, 2, 3, \dots, 11\}$. Cette relation 3-aire est une partie de l'ensemble produit cartésien : $A \times B \times C$. Par contre, et dans les mêmes conditions, le deuxième tableau (figure IV.2) peut être lu comme une représentation d'une relation 3-aire qui, elle, est une partie de $C \times B \times A$. Et, bien entendu, $A \times B \times C$ n'est pas $C \times B \times A$. Les deux relations sont donc différentes du strict point de vue des relations mathématiques qui, elles, ici, ne concernent que les 3-uplets.

Deux nécessités apparaissent, pour le moment, pour lever l'ambiguïté qui semble aller à l'encontre de la lecture de notre voyageur, pourtant également informé par l'un ou l'autre tableau. La première nécessité se traduit par l'attribution d'un « nom » à chacun des domaines, A, B, C. Un « attribut », ici HEURE, DESTINATION, VOIE, est donné à chacun des domaines, c'est-à-dire ici à chacune des colonnes du tableau. Une première ligne, la ligne des attributs, est donc intro-

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS

duite. C'est cette ligne qui permet de lever déjà une ambiguïté dans la lecture des deux tableaux.

L'autre nécessité, pour le concepteur (mathématicien ou informaticien), est l'existence d'une permutation au sens mathématique, ici :

$$(A, B, C) \longrightarrow (C, B, A)$$

Une permutation qui permet d'obtenir la deuxième relation 3-aire à partir de la première relation 3-aire, avec les mêmes attributs et la même séquence de domaines, après permutation. La donnée d'une permutation, pour le concepteur, est donnée ici comme équivalente à la donnée d'une orientation. Et dans notre cas les deux relations, une fois orientées, sont dites *égales*.

Mais cette égalité assurant une conservation de l'information d'un tableau à l'autre (pour notre voyageur) n'a été possible à dire par le concepteur qu'après une construction, une explicitation et une formulation de relations et de relations sur ces relations, à propos desquelles d'autres objets sont construits, explicités et formulés : les notions d'orientation, d'objet orienté et d'objet non orienté, etc.. La modalité tableau va ainsi acquérir un statut fort de représentation opératoire dans la construction du concepteur :



Opérer sur une relation c'est opérer sur un tableau comme l'illustre cet exemple (figure 3) :

Soit **R** la relation :

MAGASIN	ARTICLE	PRIX AU KG
Carrefour	pomme	8
Record	pomme	9
Carrefour	pêche	9

Figure 3 Xuong, 1988, p. 77

Le concepteur construit des opérations (somme, produit, etc.) qui permettent une décomposition et une recombinaison des tableaux selon des règles précises. Il construit des relations avec lesquelles il opère et transforme des relations-tableaux.

2. TABLEAU, RELATION ET GRAPHE

La progression dans la construction abstraite des relations produit des *égalités* entre *objets* et finit par créer des conversions spécifiques fortes. Par exemple, un tableau peut être lu comme une modalité de représentation du graphe d'une rela-

tion. Cet extrait (figure 4), pris d'un contexte particulier, souligne la proximité des diverses modalités de représentation de l'information :

La représentation tabulaire consiste à utiliser un tableau PERE [1... n] où PERE [i] est le nom (c'est obligatoirement un entier compris entre 0 et n) du père de i. Bien entendu, PERE [4] = 0.

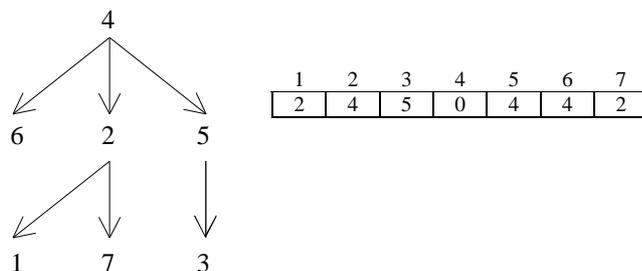


Figure 4 Xuong, 1988, p. 101

Si la mobilité entre les diverses modalités de représentation d'un objet reste essentielle dans cet effort de construction abstraite, en revanche il ne semble pas exister de modalité ne présentant pas à la fois des avantages et des inconvénients. Et c'est pour un problème spécifique donné qu'il peut exister des modalités de représentation des objets du problème mieux adaptées que d'autres. Les dimensions sémiotiques (l'analyse, la description, l'anticipation, etc.) et instrumentale (le geste dans la construction, dans la production des objets, etc.) développées par l'usage chez le voyageur et le concepteur (mathématicien ou informaticien) ne seront pas identiques.

3. EXEMPLES DE TABLEAUX ET DE DEFINITIONS

Revenons à présent sur la forme organisée de l'information produite en tableau et sur la nature des éléments distribués dans cette forme. Un parcours rapide et relativement large d'un ensemble de documents papier (manuels scolaires, traités spécialisés, revues, journaux, pochettes publicitaires, etc.) donne à voir déjà une multiplicité dans les formes adoptées pour représenter une information en tableau ainsi que dans la nature des éléments portés par ces formes.

Ainsi le tableau suivant (figure 5), extrait d'une recherche pédagogique réalisée par Eschenauer (1999), montre une distribution d'heures d'enseignement par semaine, par niveau et par matière dans une Section Internationale germanophone dans l'enseignement secondaire :

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS

	Deutsch	Geschichte (Histoire en All.)	Histoire/Géo.
6e	5	1	3
5e	5	1	3
4e	4	2	3,5
3e	4	2	3,5
2e	4	2	3
1e	4	2	3
Terminale	4	2	3

Figure 5 Eschenauer, 1999, p. 100

Dans ce cas de figure, les cellules du tableau ne sont nullement matérialisées par des traits visibles. Cependant, pour bien indiquer le terrain de sa recherche dans cette section germanophone, cet auteur rend visibles certains traits pour signifier que c'est les classes de la 6^e à la 3^e qui sont concernées, en Allemand et en Histoire. Les éléments du contexte permettent à un lecteur également informé une lecture aisée, rapide et sans ambiguïté, des lignes, des colonnes, et de leur croisement. Un tel lecteur a déjà capitalisé de nombreuses expériences de lecture d'information en tableau. Ce tableau est pour lui une occurrence d'un type de représentation de l'information déjà intégré dans sa culture.

Si la visualisation de tous les contours des cellules du tableau n'est pas indispensable ici, c'est à dire son omission ne perturbe pas une lecture correcte, en revanche les éléments du contexte sont essentiels. Extrait de son contexte, ce tableau ne suffit pas pour induire, par exemple, la lecture et l'usage construits par cet auteur dans sa recherche.

Dans cet autre exemple (figure 6), extrait de Gauthier et Richer (1977), quelques traits sont matérialisés :

	VERBALE	NON VERBALE	
Groupe F			
Année 1969	119	118	1
Année 1970	121	120	1
	2	2	

DIFFERENCES DANS LES RESULTATS (EN TERME DE MOYENNES) OBTENUS AUX ECHELLES VERBALE ET NON VERBALE DU WPPSI (1969-1970) PAR LES ENFANTS DU GROUPE F.

Figure 6 Gauthier & Richer, 1977, p. 148

Les traits matérialisés sont là pour séparer une ligne des titres, un intérieur du tableau et une ligne des différences (entre moyennes). Les traits séparant les colonnes ne sont pas indispensables, y compris pour la dernière colonne qui indique aussi des différences. L'information produite en dessous contextualise le tableau et en permet une lecture.

B. KESKESSA

Comme pour le tableau de la figure 5, les cellules sont occupées par des mots de la langue écrite, des nombres et des symboles. Les mots semblent suggérer ici une lecture plus aisée du même tableau lorsque les traits sont supprimés sauf peut être celui séparant l'intérieur du tableau de sa dernière ligne. On obtiendrait ainsi le tableau suivant (figure 7) :

Groupe F	VERBALE	NON VERBALE	
Année 1969	119	118	1
Année 1970	121	120	1
	2	2	

DIFFERENCES DANS LES RESULTATS (EN TERME DE MOYENNES) OBTENUS AUX ECHELLES VERBALE ET NON VERBALE DU WPPSI (1969-1970) PAR LES ENFANTS DU GROUPE F.

Figure 7

La nécessité de matérialiser les contours de certaines des cellules apparaît plus nettement dans l'exemple du tableau de la figure 5 ou celui de la figure 13 de l'article de Poisson qui précède, ou encore de toutes les cellules dans un exemple de tableaux donné par Masson (1993, p. 171). Dans ce dernier cas, les cellules contiennent des ensembles de points et de lignes orientées ou non orientées, fermées ou non fermées et qui constituent des modalités de représentation d'objets de l'espace en géographie (point, ligne, surface, réseau). La proximité des cellules entraînerait des difficultés certaines de lecture si leurs contours n'étaient pas matérialisés et ces ensembles de points et de lignes non isolés les uns des autres. Ces ensembles constituent encore un exemple d'objets d'un autre type que peuvent recevoir les cellules d'un tableau. La nécessité de matérialiser les contours peut aussi prendre une importance telle jusqu'à constituer un élément clé dans l'apprentissage d'un métier comme nous allons le voir. Elle peut aussi s'estomper dans un autre contexte comme l'illustre le cas de la figure 5 donné plus haut. Cela est perceptible dès les premières définitions que l'on produit lors de la formalisation d'une activité de représentation d'objets en tableau.

La normalisation des objets qui accompagne la formalisation des systèmes d'échanges dans l'activité humaine de production est un moment particulièrement significatif des choix qui sont retenus et qui façonnent ensuite les conversions entre diverses modalités de représentation de l'information. Par exemple, on définit, dans un souci de normalisation, les termes « table/tableau » et « tableau » dans le dictionnaire de l'informatique des éditions ISO/AFNOR (1997) comme suit :

Table/tableau : Ensemble de données organisé dont chaque élément est identifiable au moyen d'arguments ou de clés.

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS

Tableau : Agrégat qui est une instance d'un type tableau et dont chaque élément ou groupe approprié d'éléments peut être référencé de façon indépendante des autres.

(Iso/Afnor, 1997, pp. FR510-FR511)

Les notions d'*organisation* et d'*agrégation* renvoient à la notion de *structure* laquelle est fondée, ici, sur l'existence de *lien logique* ou *matériel* entre les *données*. La question des contours, de la forme du tableau ou de celle de la nature des objets que doivent recevoir les cellules sont fortement implicites ici. Cela permet une ouverture vers des applications matérielles dans de multiples domaines de l'activité humaine (représentation numérique ou non de l'information en tableau).

En revanche, dans un souci de contextualisation plus fort du terme « tableau », une instanciation peut ne retenir que des aspects encore plus particuliers mais pertinents pour le domaine d'activité ciblé. La production de tableaux dits « numériques », proposés par Papillard et Pelosse (1996) pour la formation de cadres administratifs de catégorie C, réfère à une notion de « tableau » qui semble spécifique à cette formation. En effet, si le terme « tableau » met en avant une notion d'organisation, il est aussi lié explicitement à la nature des objets que doivent recevoir les cellules (données numériques et/ou littérales), à un contour le délimitant et à un titre dont la position est prédéterminée.

QU'EST-CE QU'UN TABLEAU NUMERIQUE ?

Un tableau numérique est un ensemble de *données numériques et littérales*, enfermées dans un *cadre* surmonté d'un *titre*.

Il est le résultat de la transformation d'une quantité d'informations contenant des éléments numériques non ordonnés, en un *document exploitable par simple lecture*, donnant immédiatement à l'utilisateur un renseignement précis.

Il présente, de manière accessible à tous :

- une récapitulation,
- un *bilan*.

Très souvent, il met en valeur des éléments comparatifs.

(Papillard & Pelosse, 1996, p. 77)

De plus ce titre doit référer à un ensemble précis de demandes dans la représentation de l'information (où ? quoi ? quand ? de quelle unité s'agit-il ?). La caractérisation de ce que doit être un tableau ici induit fortement des éléments relevant des dimensions sémiotique et instrumentale de la conversion des représentations de l'information.

Ces éléments, mis en gras dans le texte proposé par les auteurs, sont autant d'indicateurs devant être intégrés à plus ou moins longue échéance dans la culture du personnel administratif au terme d'un apprentissage. Cet apprentissage est orienté vers la problématique des conversions des représentations de l'information. Il est souligné par exemple qu'à l'issue de la conversion, ici exprimée en terme opératoire

(transformation), l'information doit être rendue accessible à tous. Elle doit aussi résulter de manière quasi immédiate d'une lecture des données une fois converties. Cette lecture est elle même orientée ici vers des aspects repérés, opératoires, donc exploitables de l'information : récapitulation, bilan, comparaison. Les habiletés à développer chez le formé sont ainsi fortement marquées par le contexte.

Le développement de telles habiletés chez le formé est fondé ici par ces auteurs sur un apprentissage qui combine une double activité, la lecture de tableaux et la production de tableaux. La lecture sans la production ne serait qu'un aspect limité des habiletés à développer chez le formé. La production implique la construction matérielle des étapes du processus de conversion de l'information : mise en ordre des opérations intermédiaires et leur réalisation (tri des données, recherche des variables pertinentes, calculs, choix des formes lignes et colonnes, etc.).

Une histoire du tableau est ainsi construite en même temps que le tableau produit. La construction d'une telle histoire va contribuer au développement d'un questionnement sur les multiples événements qui ne manqueront pas de se produire et que le formé doit gérer : comment et pourquoi adopter telle présentation du tableau ? Comment et pourquoi tracer telle ligne de séparation ? Quelle approximation adopter pour les données numériques, et pourquoi ? Quelles informations retenir ? Quelles informations sont perdues ? etc.

En pratique

Dans la phase d'apprentissage, il est conseillé afin d'acquérir la plus grande dextérité possible, de donner :

- une taille maximum aux dimensions du cadre,
- une même largeur à toutes les colonnes, excepté la colonne titre.

Une fois la technique du tracé maîtrisée, il est tout à fait possible, et même judicieux, d'adapter les dimensions du tableau (dimensions du cadre et largeur des colonnes) au contenu.

(Ibid., p. 81)

Ainsi, en retour, la dextérité et la réussite avec lesquelles le formé pourra lire, produire et adapter des tableaux numériques dans des contextes variés de résolution de problèmes (ici administratifs) attesteront du développement chez le formé des habiletés cognitives souhaitées.

4. AUTRES EXEMPLES D'APPLICATIONS DANS L'ENSEIGNEMENT EN TECHNOLOGIE

Dans l'une ou l'autre caractérisation d'un tableau donnée plus haut, il n'est pas toujours évident de lire la grande variété des tableaux, des modalités de représentation de ces tableaux et des usages qui leur sont associés. Un des domaines de

l'activité humaine où une telle variété apparaît de manière fonctionnelle est celui de l'enseignement technique et professionnel. Prenons quelques exemples.

4.1 Logique de fonctionnement d'une machine

Bien que souvent la référence au travail de la matière sert, dans le sens commun, à distinguer le manuel de l'intellectuel, le premier exemple auquel on peut penser est celui de la logique présente dans le pilotage de certaines machines. En effet, qu'y a-t-il de plus simple aujourd'hui que de pousser un ou quelques boutons sur une machine, dans la rue, pour obtenir un bien ou un service ?

Cet exemple, inspiré de Fanchon (1994, p. 510), illustre diverses modalités de représentation et de conversion intervenant dans une *modélisation* du traitement et de la communication de l'information liée à la logique de fonctionnement d'une machine. Les tableaux ne figurent pas seuls dans cette écriture (figure 8). Leur combinaison avec des schémas, flèches, équations, attributs (des noms), permet plusieurs lectures possibles. Par exemple, on peut relever que les tableaux ne contiennent, ici, que des 0 ou des 1, ou encore que telle ligne ou telle colonne est composée de telle liste de 0 ou de 1, etc. Mais, à moins d'être un lecteur ayant déjà intégré, culturellement, ces conversions dans la représentation de l'information pour son traitement et sa communication, il reste que ces lectures ne sont pas suffisantes.

L'essentiel ici n'est pas là. En effet, de nombreux éléments d'information sont encore implicites pour permettre une lecture correcte. Ce qui est recherché ici, entre autres, est une explicitation des relations existant entre :

- des variables données en entrée : M, A, I_m ;
- une variable donnée en sortie : F_m ;
- des équations dont la « simplicité » est accrue par une transformation ;
- cet état de « simplicité » est obtenu à partir de la transformation du premier tableau (table de vérité) en un second appelé « tableau de Karnaugh ».

Un chemin est fléché pour aider un lecteur plus ou moins bien informé, mais intéressé, à une lecture correcte des étapes de cette transformation.

Les variables d'entrée correspondent ici à :

- M , bouton de mise en marche de la machine, avec la convention ($M = 1$, bouton enfoncé) et ($M = 0$, bouton relâché) ;
- A , bouton d'arrêt de la machine, avec ($A = 1$, bouton enfoncé) et ($A = 0$, bouton relâché) ;
- I_m , état initial de la machine, avec ($I_m = 1$, machine en marche) et ($I_m = 0$, machine à l'arrêt).

La variable de sortie correspond à l'état final de la machine. Cet état est donné par F_m , avec ($F_m = 1$, machine en marche) et ($F_m = 0$, machine à l'arrêt).

On notera qu'ici, l'état final peut se convertir en état initial pour une nouvelle commande. De multiples lectures peuvent être faites sur les états de la machine à partir du tableau de vérité. Par exemple, seul le bouton arrêt peut arrêter la machine,

c'est ce que traduit la deuxième ligne du tableau de vérité ($M = 0, A = 0, I_m = 1, F_m = 1$).

Une information « simplifiée » est ici l'équation : $F_m = M \cdot A' + I_m \cdot A'$.

Une autre simplification est utilisée pour les équations dans les notations des variables. Par exemple, on note A quand la valeur de A est 1, sinon A' (sa négation).

Pour obtenir le second tableau (Karnaugh) à partir du premier (tableau de vérité), une organisation spatiale particulière des trois variables d'entrée, M, A, I_m , et de leurs négations respectives, est adoptée. Chaque case du tableau de Karnaugh correspond à une ligne des variables d'entrée du tableau de vérité. On a ainsi huit lignes dans le tableau de vérité et huit cases correspondantes dans le tableau de Karnaugh. Par ailleurs, si la sortie donnée par une ligne du tableau de vérité est 1, la case qui lui est associée du tableau de Karnaugh est à 1 aussi.

Des règles de simplification interviennent alors pour exploiter le tableau de Karnaugh. Par exemple ici la dernière ligne du tableau de Karnaugh ne contenant que des 1 permet l'élimination de la variable d'état I_m , comme l'indiquent les flèches, et l'on obtient seulement $M \cdot A'$ (voir figure 8 ci-après).

L'information « simplifiée » sur l'état final, F_m , de la machine est obtenue et formulée suite à ces multiples modalités de représentations et de conversions. Le développement d'une habileté à rechercher une « simplicité » dans la représentation de l'information en vue de son traitement et de sa communication, dans des contextes techniques précis, met souvent en œuvre non seulement des processus de lecture mais aussi des processus de production de telles représentations et conversions.

4.2 Organisation et gestion d'équipes de production

Prenons maintenant l'exemple d'un enseignant qui met en place un processus de production dans un atelier de production. Il est appelé à élaborer une distribution de tâches sur des équipes d'élèves. Souvent de telles tâches doivent être poursuivies sur plusieurs séances. Cela implique un certain nombre de contraintes. Par exemple, il arrive souvent que certaines de ces tâches peuvent ou ne peuvent pas être réalisées par une même équipe lors d'une même séance. De même, une tâche, une fois entièrement réalisée, ne peut plus être relancée, etc. Il est souvent utile et simple de produire un tableau pour représenter une telle distribution. Cependant deux impératifs au moins sont à l'œuvre : la gestion de la complexité des tâches, la gestion des élèves dans leurs apprentissages.

Supposons à titre d'exemple que cinq tâches, T1, T2, T3, T4, T5, doivent être distribuées sur quatre équipes d'élèves, E1, E2, E3, E4. Dans l'exemple du tableau ci-dessous (figure IV.9) admettons qu'une croix indique que la tâche (en ligne) peut être attribuée à l'équipe indiquée en colonne lors d'une séance entière. Par exemple, l'équipe E1 passera, d'une séance à l'autre, de la tâche T1 à T3 puis à T5. Elle ne réalisera donc pas les tâches T2 et T4. La tâche T1 ne sera abordée que par les équipes E1 et E4 lors d'une même séance. On conçoit alors l'intérêt que peut présenter l'étude d'une telle distribution de tâches afin de conserver une pertinence aux apprentissages souhaités et attendus par l'enseignant et ses élèves.

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS

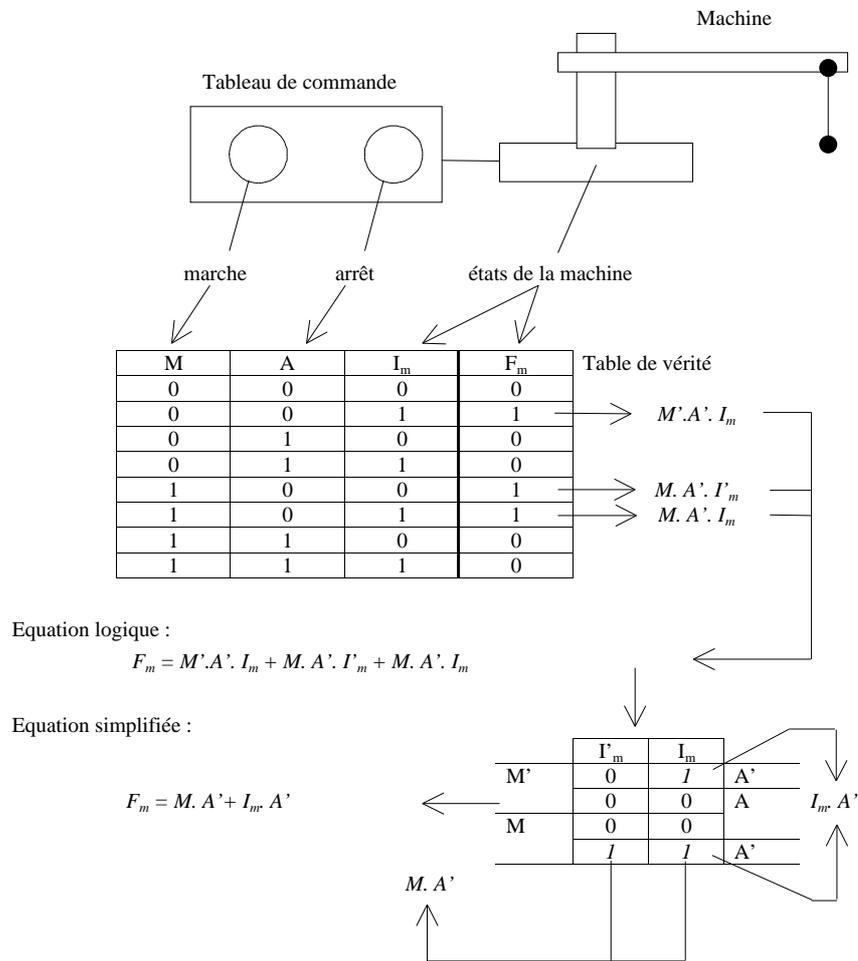


Figure 8 Inspiré de Fanchon, 1994, p. 510

Une telle information représentée en tableau peut aussi être traduite dans une autre modalité de représentation. Il est possible d'utiliser des notions relevant de la théorie des graphes pour obtenir une autre visualisation de cette information.

	E1	E2	E3	E4
T1	x			x
T2		x	x	
T3	x		x	x
T4		x	x	x
T5	x		x	

Figure 9

B. KESKESSA

Commençons par associer à chaque tâche l'ensemble des équipes concernées par cette tâche. Par exemple la tâche T1 est associée à l'ensemble dont les éléments sont : E1, E4. On obtient :

$T1 : \{ E1, E4 \}$	$T3 : \{ E1, E3, E4 \}$	$T5 : \{ E1, E3 \}$
$T2 : \{ E2, E3 \}$	$T4 : \{ E2, E3, E4 \}$	

Deux tâches sont compatibles lorsqu'elles n'ont en commun aucune des quatre équipes, autrement dit les deux tâches peuvent être réalisées en parallèle lors d'une même séance. Dans le cas contraire, on dira que les deux tâches sont incompatibles. On peut alors représenter une tâche par un point (un sommet) et une incompatibilité entre deux tâches par un trait (un arc). On obtient un graphe (figure IV.10) :

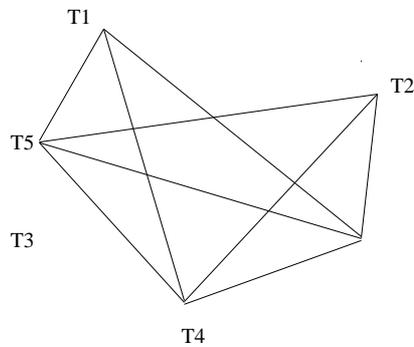


Figure 10

C'est une visualisation différente de celle donnée plus haut par un tableau ou une liste. On peut lire sur ce graphe par exemple que les tâches T1 et T2 sont compatibles, et que ce sont les seules.

Il reste possible de représenter autrement ce graphe en modifiant des informations portées sur les sommets. Il nous semble aujourd'hui naturel dans la vie de tous les jours d'utiliser un codage facile à lire et à comprendre par une personne pour l'amener à retrouver rapidement son chemin, par exemple adresser un client (notre voyageur par exemple) à sa chambre d'hôtel. Si l'on admet que cet hôtel comprend huit étages avec dix chambres par étage (soit un total de 80 chambres), un numéro de chambre tel que 709 ne signifie en aucun cas qu'il y a sept cent neuf chambres au moins dans cet hôtel. On peut proposer au client, dès son arrivée, l'information suivante : le premier chiffre, le 7, indique le numéro de l'étage, et les deux derniers celui de la chambre. Autrement dit ici, 709 désigne la chambre 9 du 7^e étage.

Procédons de même pour notre graphe : 3 134 désignera la tâche numéro 3 et portera en mémoire que cette tâche est attribuée aux équipes numéros une, trois, et

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS

quatre. Nous pouvions utiliser indifféremment l'une ou l'autre de ces autres modalités de représentation : T3 (1 ; 3 ; 4) ou encore T3 (134) etc. ; mais elles semblent moins « simples », c'est à dire plus composées que 3 134 qui ne fait état ni du T ni de parenthèses, etc. Notre nouveau graphe est alors (figure IV.11) :

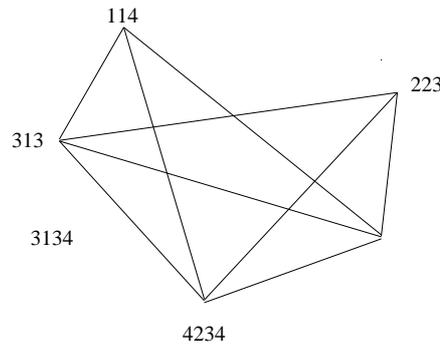


Figure 11

De telles conversions entre les modalités tableaux et graphes dans la représentation d'une information peuvent aider à solutionner des problèmes tels que, par exemple, la recherche du nombre minimum de séances pour réaliser un ensemble de tâches sous certaines contraintes. Le mathématicien utilisera des notions de la théorie des graphes pour calculer ce nombre minimum de séances, y compris dans des cas plus complexes. Cependant il n'est pas toujours simple de représenter un graphe sur une feuille de papier lorsque les nombres de sommets et d'arcs deviennent assez grands. D'autres modalités de représentation sont aussi utilisées, par exemple des représentations matricielles.

La réalité peut être encore plus complexe que ce que peut montrer l'exemple des cinq tâches et des quatre équipes qui vient d'être évoqué. Un processus de production en électronique en classe de troisième du collège peut générer un ensemble d'étapes. Chacune d'elles peut être associée à un ensemble de tâches réalisables partiellement ou entièrement par les élèves, individuellement ou en équipe, en parallèle ou non. Le tableau ci-après (figure 12) est un exemple extrait d'un document d'un élève de troisième. On recense 16 étapes, chacune pouvant correspondre à un ensemble de tâches. Ces tâches ne sont pas réalisables dans n'importe quel ordre de priorité. L'ensemble de ces tâches concerne ici 5 séries de 10 exemplaires d'un même objet matériel à fabriquer en atelier (fabrication par petites séries).

Electronique Dossier personnel 3e			Différentes étapes de la fabrication		
N°	Rep.	étapes	Anté.	Outil spécifique	Nb. de séries
1	cdem	coupe, dénudage, étamage des fils micro		pincés, fer à souder	5 x 10
2	pm	préparation du micro : montage	cdm	fer à souder, montage	5 x 10

B. KESKESSA

		des fils			
3	dpe	débit des plaques d'époxy		cisaille	5 x 10
4	gc	gravure du circuit	dpe	machine à graver	5 x 10
5	cc	contrôle du circuit	gc	testeur circuit	5 x 10
6	p1	perçage du circuit perçage Ø = 0,8 mm	cc	perceuse	5 x 10
7	p2	Perçage du circuit perçage Ø = 1 mm	p1	perceuse	5 x 10
8	p3	perçage du circuit perçage Ø = 1,5 mm	p1.2	perceuse	5 x 10
9	cp	Contrôle perçage	p3		5 x 10
10	m1	montage composants : strap, R3, R4, R5, C4, C3	cp	fer à souder	5 x 10
11	m2	montage composants : R6, R7, C7, C2, T1	m1	fer à souder	5 x 10
12	m3	montage composants : R8, R9, C5, C6, T2, 1 TRIAC	m2	fer à souder	5 x 10
13	m4	montage composants : R1, R2, 1 diode D1, 1 porte-fusible	m3	fer à souder	5 x 10
14	m5	montage composants : poten- tiomètre, fils micro, fils lampe, fils secteur	m4	fer à souder	5 x 10
15	cm	contrôle montage (soudure, pistes)	m5	loupe	5 x 10
16	es	essais	cm	banc de montage	5 x 10

Figure 12

4.3 Contrôle et production

Il peut être important aussi de mettre sous contrôle la production des pièces de l'objet à fabriquer bien que cette production soit automatisée. On rencontre l'intérêt d'une telle mise sous contrôle dans certains enseignements à partir de la Seconde. Un certain nombre de caractéristiques sont alors retenues et des relevés de mesures sont effectués. Le modèle de référence pour interpréter les faits relevés est, dans de nombreux cas, le modèle probabiliste. Un des moyens utilisés dans cette mise sous contrôle du processus de production est la *carte de contrôle*. Elle est fondée sur un certain nombre d'hypothèses acceptées sur le processus de production à mettre sous contrôle. Parmi les éléments d'une carte de contrôle on peut en indiquer trois importants. Ils correspondent, pour une caractéristique retenue, à des données relatives à des valeurs statistiques :

- Une valeur centrale (comme la moyenne) autour de laquelle les données vont se disperser. Elle est matérialisée par une ligne centrale.
- Une valeur supérieure qui définit une limite supérieure de dispersion des données, et une autre qui définit une limite inférieure de cette dispersion des données.

Ces deux limites sont matérialisées par deux lignes de part et d'autre de la ligne centrale. Elles déterminent la fluctuation dans laquelle auront lieu les variations du processus. Sans entrer ici dans le détail des calculs nécessaires à la détermination de ces lignes et des points à porter sur la carte de contrôle, on peut retenir que l'on

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS

obtient une modalité de représentation de l'information qui lie un ou plusieurs graphiques à un ou plusieurs tableaux. C'est une modalité qui permet une représentation actualisée de l'information lors du déroulement du processus de production. L'allure d'une telle carte peut se présenter comme suit (figure 13) :

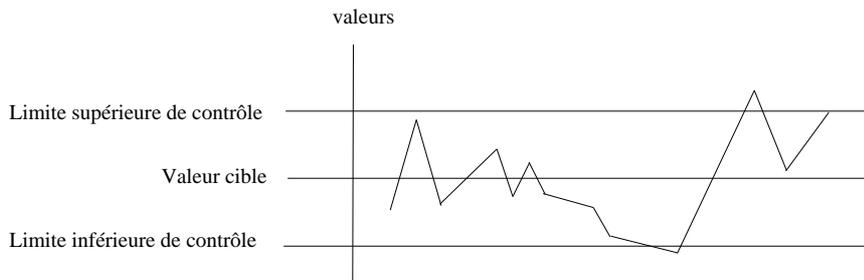


Figure 13

Un tableau de relevés de mesures peut se présenter tel que l'indique cet extrait (figure 14) :

Désignation : Pièce A 028			Fréquence d'échantillonnage : 5 toutes les 2 heures							
Spécification : 2.50 à 2,90 mm			Opération : n° 04							
Caractéristique : Epaisseur			Equipe : C							
N°	Heure	Date	e1	e2	e3	e4	e5	Σe	\bar{e}	R
1	9.00	8/03	.65	.70	.65	.65	.85	3.50	.70	.20
2	11.00		.75	.85	.75	.85	.65	3.85	.77	.20
3	14.30		.75	.80	.80	.70	.75	3.80	.76	.10
4	16.30		.60	.70	.70	.65	.65	3.40	.76	.10
...

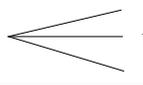
(inspiré de Périgord, 1990, p. 95)

Figure 14

Dans cet extrait, e1, e2, e3, e4, e5, désignent des relevés de mesures ne gardant que la partie décimale, la partie entière, 2, n'est pas répétée. \bar{e} désigne une moyenne de ces valeurs et R leur étendue. Quant à la lecture de la carte de contrôle, qui fait intervenir des propriétés de la loi normale en probabilités, elle peut révéler qu'un processus est maîtrisé ou au contraire mal maîtrisé, instable. Dans ce dernier cas une intervention sur le processus de production devient nécessaire.

4.4 Contrôle et échantillonnage

Généralement de nombreux autres tableaux sont utilisés avec de telles cartes. Par exemple la détermination de la fréquence d'échantillonnage peut dans certains cas se révéler difficile. Une évaluation de cette fréquence peut parfois être facilitée par une lecture sur un tableau qui sert de référence (figure 15) :

1 Cadence de production	2 Importance de la caractéristique	3 Stabilité du procédé	4 Temps de contrôle	Périodicité des événements
				0.15 h
				0.30 h
				1.00 h
				1.30 h
				2.00 h
				2.30 h
				3.00 h
				3.30 h
				4.00 h
Elevée = 600 p/h Normale Faible = 100 p/h	Grande Normale Faible	Instable Correcte Très bonne	< 1 mn 1 à 5 mn > 5 mn	

(Périgord, 1990, p. 225)

Figure 15

Ce tableau permet une lecture de gauche à droite. Cette lecture arborescente autorise diverses combinaisons entre 4 facteurs (notés 1, 2, 3, 4, en première ligne), chacun d’eux ayant 3 modalités (indiquées dans la ligne du bas). La multiplicité des facteurs, des choix, des causes, des effets, reste une constante incontournable dans la gestion d’un processus de production. De nombreux outils (tableaux, graphiques, etc.) sont souvent utilisés de manière agencée pour élaborer une histoire du processus et de ses produits. Cette histoire sert aussi de moyen de validation du processus et du produit. Ainsi une carte de contrôle (graphiques et tableaux) peut devenir une preuve de la bonne qualité d’un produit et du processus qui l’a généré.

4.5 Planification et production

Pour planifier dans le temps un projet de production, qui peut comprendre de nombreuses tâches ou activités à réaliser comme nous venons de le voir, quelque fois des milliers, de nombreux outils sont utilisés. Le graphe PERT (*Program evaluation and review technique*) en est un.

Cet exemple inspiré de Fanchon (1994, p. 427) illustre bien deux modalités de représentation de l’information sur une planification des étapes d’une production sous certaines contraintes (figure 16). Une antériorité dans la réalisation des étapes est incontournable (une nécessité une fois encore !). Dans cet exemple, les étapes C et D doivent être terminées avant de commencer l’étape F. A représente l’étape de départ, G l’étape finale. Chaque étape dure un certain nombre de jours. Mais deux éléments interviennent pour chaque étape : un nombre minimum de jours nécessaire pour sa réalisation (durée au plus tôt) et un nombre maximum de jours au delà du-

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS

quel l'ensemble du projet de production prendra du retard (durée au plus tard). La différence entre les durées au plus tard et au plus tôt permet d'estimer une marge de tolérance possible. Si cette marge est nulle, aucun délai ou retard ne peut être toléré. L'intérêt ici est la construction du chemin dit « critique » ou « de plus longue durée » pour arriver au terme de la production (cf. flèches en gras du graphe ci-dessous, figure 16).

Etape	Etape précédente	Durée de l'étape (en jours)	Durée au plus tôt de l'étape (en jours)	Durée au plus tard de l'étape (en jours)	Marge (en jours)
B	A	6	6	7	1
C	A	4	4	4	0
D	A	3	3	5	2
E	C	4	8	12	4
F	D	6			
	C	7	11	11	0
G	B	7			
	E	2			
	F	3	14	14	0

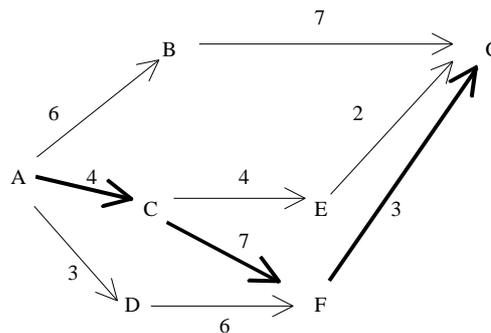


Figure 16

5. DISCUSSION

Dans l'enseignement les domaines d'activité semblent favoriser différemment un développement des usages relatifs aux représentations de l'information en tableaux et aux conversions de ces représentations (tableau/graphe/texte).

L'enseignement technique et professionnel semble être un lieu privilégié pour un développement fonctionnel des conversions entre diverses modalités de représentation de l'information. Bien que le travail porte sur la transformation de la matière, nous relevons au travers des exemples évoqués la place importante des divers processus de lecture, de traitement et de communication de l'information produite en tableaux.

Si le repérage spatial des données pertinentes reste une nécessité fonctionnelle dans ces processus, les démarches fondées sur un traitement conceptuel éla-

B. KESKESSA

boré sont incontournables aussi. Souvent une réorganisation spatiale des données produites en tableau, réorganisation fondée sur des concepts, est essentielle pour permettre la production d'une information (exemples : la carte de contrôle, l'échantillonnage, etc.)

L'importance de l'organisation des données en tableaux dans l'anticipation de la tâche et le raisonnement chez des élèves de l'enseignement secondaire semble attestée aussi (Peterfalvi, 1988). Chez des élèves plus jeunes de l'école (7 à 11 ans), Coulet (1998) relève quant à lui une évolution avec l'âge des élèves des stratégies pour appréhender des données présentées en tableau. Les stratégies fondées sur des aspects spatiaux semblent plus présentes chez les plus jeunes que celles basées sur des aspects conceptuels des tâches. Ces dernières stratégies semblent plus tardives. Des aspects spatiaux aux aspects conceptuels le développement d'un long apprentissage semble s'imposer.

En guise de conclusion, on retiendra que la grande variété de l'activité humaine coexiste avec une grande capacité à la conversion et donc à l'adaptation des moyens pour représenter des objets et opérer sur ces objets. D'où l'intérêt, nous semble-t-il, qu'il y a à développer un questionnement sur une problématique des conversions des représentations d'objets dans les apprentissages en milieux scolaire et extra scolaire.

Bachir KESKESSA
IUFM Nord — Pas de Calais

Abstract : We study some modalities of how information can be represented in charts. We highlight processes of reading these charts through some instances taken from technical and professional teaching.

Key words : Representation of information – Teaching – Technology.

Références

- Coulet, J-C. (1998) « Une approche fonctionnelle de la classification multiple chez des enfants de 7 à 11 ans » — *L'Année psychologique* 98 (9-35).
Dictionnaire de l'informatique. Le vocabulaire normalisé. Genève, Paris : ISO/AFNOR.
- Eschenauer, J. (1999) « Communication sans simulation » — *Nouveaux Cahiers d'Allemand* 17 (99-112).
- Fanchon, J-L. (1994) *Guide des Sciences et Techniques industrielles.* Paris : AFNOR-Nathan.
- Gauthier, Y. et Richer, S. *L'activité symbolique et l'apprentissage scolaire en milieu favorisé et défavorisé.* Montréal : Les Presses de l'Université de Montréal.

TABLEAUX ET LIENS AVEC D'AUTRES REPRESENTATIONS

- Janvier, C. (1993) « Les graphiques cartésiens : des traductions aux chroniques » — *Les Sciences de l'éducation* 1-3 (17-37).
- Lefèvre, R. (1998) « Raisonnements simples d'étudiants et de lycéens à propos du plan incliné » — *Didaskalia* 13 (81-112).
- Masson, M. (1993) « Représentations graphiques et géographie » — *Les Sciences de l'éducation* 1-3 (159-174).
- Papillard, M-C. et Pelosse, M.-J. (1996) *Préparer l'épreuve de Tableau numérique aux concours administratifs catégorie C*. Paris : Foucher.
- Périgord, M. (1990) *Formation à la maîtrise statistique des procédés. Une démarche participative*. Paris : Les Editions d'Organisation.
- Peterfalvi, B. (1988) « Outils graphiques, anticipation de la tâche, raisonnement » — *Aster* 6 (47-90).
- Xuong, N-H. (1988) *Eléments de mathématiques discrètes pour l'informatique*. Cours photocopié de l'INP et l'UJF de Grenoble.
- (a) tome I : structures discrètes.
 - (b) tome II : évaluation..
 - (c) tome III : graphe.