

Un enseignant dans une usine d'automobiles.

animé par Rémi Belloeil

Les participants :

Il y avait neuf personnes à cet atelier dont trois enseignaient ou avaient enseigné en lycée professionnel et les autres en lycée d'enseignement général ou technologique. Il y avait aussi une collègue qui avait fait le même type de stage mais dans un autre service (qualité peinture).

Le problème à étudier

Chaque jour, l'usine reçoit entre 200 et 1 400 « ordres de fabrication » (OF) de véhicules pour chacune des trois lignes de montage. Ceux-ci détaillent les caractéristiques de chaque véhicule selon plus de 200 critères qui vont de la silhouette (Break, Berline, Coupé) à la couleur en passant par toutes les options (le type de moteur, de carburant, de boîte de vitesse, de jantes, de pneus, le niveau de finition, la position du volant à droite ou à gauche, la présence de toit ouvrant, de lecteur CD, ...). On constate ainsi une très grande diversité des véhicules.

Prenons l'exemple d'une ligne de montage où les véhicules passent environ 2 minutes devant chaque opérateur⁽¹⁾. La diversité fait varier le temps de travail de 1,6 à 1,9 minutes ou de 1,6 à 2,1 ou de 1,6 à 3,5 ou encore de 0 à 5,5 minutes. Différents dispositifs permettent de gérer cette fluctuation : les zones tampons, l'aide d'un moniteur, ou un cadencement qui permettra de n'intervenir que sur un véhicule sur trois.

Dans tous les cas, il est important de répartir les véhicules qui présentent des caractéristiques plus longues à traiter. Pour une dizaine de caractéristiques prioritaires cela se traduit par des cadences décrites par une phrase comme « il doit y avoir au maximum : 1 break sur 3, 2 boîtes de vitesse automatiques sur 3, 1 coupé sur 5, ... ». Ces contraintes sont hiérarchisées selon leur impact au montage. Le rôle du service du Flux Véhicules (FLV) est de préparer la liste ordonnée des véhicules à fabriquer en respectant au mieux ces contraintes.

Compte tenu du nombre de véhicules et du nombre de contraintes, les personnes chargées de l'ordonnancement ne manipulent pas les OF un par un mais seulement par l'intermédiaire des paramètres du logiciel qui réalise la liste ordonnée et ils contrôlent les indicateurs des résultats.

Chaque contrainte est affectée d'un poids variant de 10 à 10 000. Le logiciel

(1) Fichier disponible sur la version en ligne de ce compte rendu :
http://www.apmep.asso.fr/article.php3?id_article=925

calcule d'abord une répartition théorique régulière des véhicules comportant chaque caractéristique étudiée en fonction de sa fréquence dans le lot à ordonnancer. Ensuite, il place les véhicules un par un en calculant au rang p quel serait le coût (la gêne) occasionnée en plaçant chacun des véhicules restants à ce rang p , parce que certaines caractéristiques arrivent trop tôt ou trop tard ; il prend ensuite un des véhicules pour lequel ce coût est le plus faible. Une feuille de calcul à compléter⁽²⁾ a été proposée aux participants. Le coût dépend évidemment du poids attribué à chaque contrainte. Ma mission a consisté, entre autres, à étudier une meilleure façon de procéder pour déterminer ces poids et la méthode que j'ai mise en place a été présentée.

On a pu voir aussi comment diminuer les fluctuations d'un jour à l'autre en exploitant mieux le fonds de roulement.

La discussion avec les participants.

Une question a porté sur l'accueil des nouveaux dans l'entreprise et tout le monde a remarqué qu'il pouvait être plus chaleureux qu'il ne l'est dans nos établissements scolaires. Dans le même ordre d'idées, on peut noter la qualité des négociations entre services où chacun vient avec ses propres contraintes et responsabilités et où le but est d'arriver à une situation satisfaisante pour tous ; les discussions sont très rationnelles et on y trouve rarement des arguments d'autorité.

D'autres questions concernaient le fonctionnement de l'entreprise en trois équipes notamment sur les 3×8 qui sont remplacés par les 3×7 , et le temps d'arrêt du montage peut être mis à profit pour la maintenance.

Nous avons parlé aussi de l'intérêt de ce stage pour l'entreprise et pour l'Éducation Nationale. L'entreprise a payé environ 7 000 euros prélevés en partie sur des fonds du service concerné. L'intérêt est de disposer d'un observateur ou d'un acteur extérieur qui permettra d'analyser les pratiques et pourra suggérer des évolutions sans être soupçonné d'avoir d'arrière-pensées ou d'idées préconçues. Pour les personnes du service c'est souvent l'occasion d'une modification de l'image de l'enseignant. Pour l'Éducation Nationale, c'est la possibilité de faire évoluer l'image de l'entreprise chez les enseignants et susciter une ouverture vers la vie professionnelle. On notera aussi l'excellent travail réalisé par mes collègues pour présenter des parcours professionnels à partir d'interviews (voir le site :

<http://atv2.ac-rennes.fr/ecolentr/promoenspro/45met/menu.html>

et aussi le site www.nadoz.org)

Les mathématiques utilisées dans la pratique quotidienne du service FLV ne paraissent pas très importantes. Pourtant j'y ai vu utiliser la proportionnalité et l'interpolation linéaire. Ces notions qui sont en général maîtrisées – après un rappel d'un collègue si nécessaire – ne suffisent pas⁽³⁾. Il faut savoir que tout ne se ramène pas à la proportionnalité. Notamment les formules qui permettent de fixer les quantités maximales à partir des quantités moyennes prévues, sont plus compliquées et renvoient à la notion de fluctuation d'échantillonnage étudiée actuellement en seconde.

(2) Fichier disponible sur la version en ligne.

(3) D'après mon tuteur, certains calculs de flux lui rappellent les problèmes de robinets.

Enfin d'autres questions concernaient le cadre qui a permis de faire ce stage, certains semblaient intéressés pour faire ce type de stage. Hélas, cela n'existe que dans l'académie de Rennes et, pour des raisons budgétaires, il n'y a aucun stagiaire cette année.

Un fichier informatique a été distribué contenant la liste des ordres de fabrication d'une vraie journée de travail (500 O.F.). Les options ont été masquées pour des raisons de confidentialité. Plusieurs activités sont possibles à différents niveaux : du simple graphique en secteur, à une analyse de données plus fouillée et jusqu'à étudier les questions d'ordre. Pour les spécialistes des bases de données, l'ordre retenu lors de la préparation est fourni, il faut cependant établir une jonction entre les deux tables pour voir le résultat et éventuellement compter le nombre de fois où les contraintes ne sont pas respectées.

Comment est évaluée la valeur de placer tel véhicule à la place p ?

Les véhicules sont regroupés par « goulotte » comportant les mêmes caractéristiques.

Le coût de positionner telle goulotte à telle place est calculé pour chaque ressource avec la formule :

$$\text{coût} = \text{poids} \times n^{\text{Exposant}}$$

n est la valeur absolue de l'écart du prochain véhicule comportant la ressource E_n par rapport à la place théorique qu'il devrait occuper. L'exposant est 3, 2 ou 1 selon que la contrainte est Super Majeure, Majeure, ou mineure.

Le poids est un paramètre attribué à chaque ressource dans un intervalle respectivement : au dessus de 5 000, entre 1 000 et 5 000, en dessous de 1 000, selon que la contrainte est Super Majeure, Majeure, ou mineure.

Supposons que, au rang actuellement étudié, E1 soit « à l'heure », E2 soit en avance d'une place, E3 en retard d'une place, E4 en retard de 2 places, E5 en retard de 5 places.

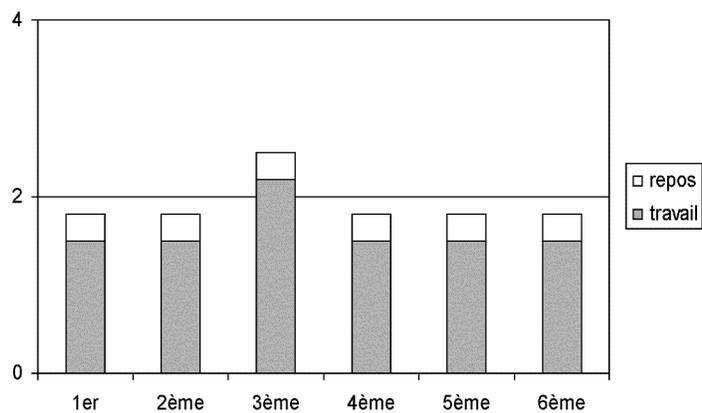
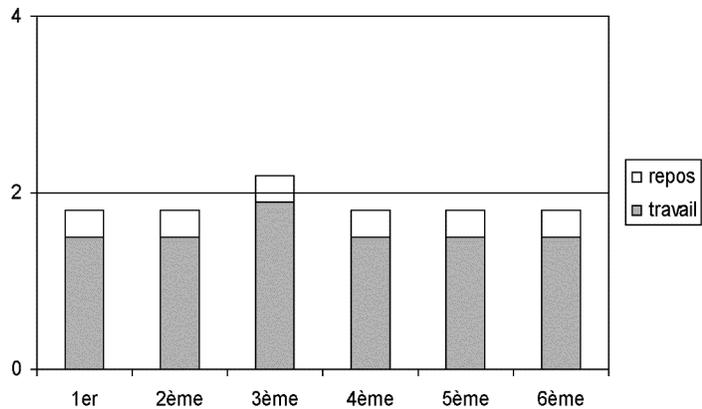
La valeur 1 signifie que la ressource est nécessaire pour la goulotte, la valeur 0 qu'elle est absente.

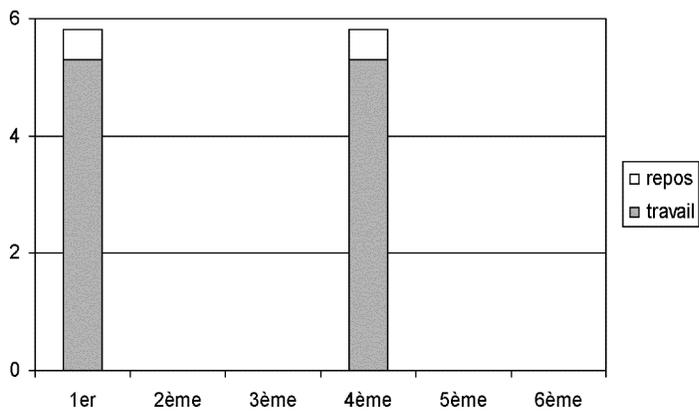
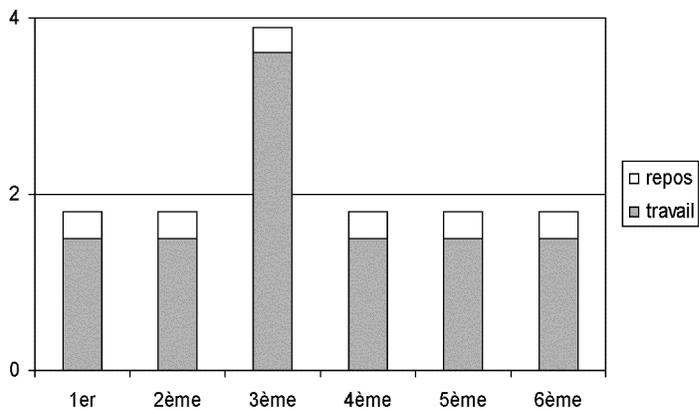
Contrainte	E1	E2	E3	E4	E5
Type	Super Majeure	Super Majeure	Majeure	Majeure	Mineure
Poids	9 000	6 000	3 000	2 000	200
Valeur goulotte	1	1	1	1	1
Écart si présent	0	-1	1	2	5
Coeff.	0	1	1	4	5
Écart pondéré					
Valeur goulotte	0	0	0	0	0
Écart si absent	1	0	2	3	6
Coeff.	1	0	4	9	6
Écart pondéré					

	E1	E2	E3	E4	E5	Coût total
Goulotte 1	0	1	0	0	0	
Coût	9 000	6 000	12 000	18 000	1 200	
Goulotte 2	0	1	1	1	1	
Coût	9 000	6 000	3 000	8 000	1 000	
Goulotte 3	1	0	1	1	1	
Coût	0	0	3 000	8 000	1 000	
Goulotte 4	0	0	0	1	1	
Coût	9 000	0	12 000	8 000	1 000	

La Goulotte retenue est celle qui a le plus faible coût (à condition que tous les véhicules correspondants n'aient pas été déjà ordonnancés).

Que se passe-t-il ici si la première goulotte est vide ?





Non Break

1 Break



2 Non Break

3 Non Break

4 Break

5 Non Break

6 Non Break