

Chapter 4

Annexes.

4.1 Le modèle "Future Electronics".

(Exercice N°13 in Michael R. GOODMAN, **Study notes in System Dynamics**, Wright-Allen Press, MIT Press, Cambridge, Mass 1974, pp. 349-364.)

Cet exercice contient une brève description des politiques de management d'une entreprise et de son problème de contrôle de qualité. On demande au lecteur de construire un modèle de simulation afin d'analyser l'état de l'entreprise décrite ci-après et de trouver des politiques visant à améliorer ses performances. Cette exercice donne une expérience de conceptualisation de modèle et montre comment de modèles simples peuvent faciliter une évaluation de politique.

Description de l'entreprise Future Electronics.

La compagnie Future Electronics (FE) est une entreprise de taille moyenne qui produit des circuits intégrés. Ceux-ci sont constitués par des semi-conducteurs qui réalisent les fonctions de circuits électroniques complexes (amplificateurs, oscillateurs, etc.) Compte tenu du fait que ces circuits sont obtenus au terme d'un délicat processus de production, seulement 30 à 50% des pièces produites se révèlent utilisables. Par conséquent toutes les unités produites doivent subir des tests avant d'être vendues.

Depuis quelques temps la direction de FE s'inquiète pour son image de marque. De temps en temps elle a eu vent de remarques de la clientèle du type : " Nous sommes, en général, pleinement satisfaits de la qualité de vos produits et nous vous considérons comme un de nos meilleurs fournisseurs. mais nous sommes embarrassés par les variations de qualité qui se produisent à certains moments. Nous recevons assez fréquemment des séries de produits médiocres, ce qui entraîne des interruptions de notre production et nous amène à chercher un fournisseur dont la qualité est plus sûre, même si le meilleur de sa production est moins bon que le vôtre. ".

Bien que les acheteurs ne soient pas toujours aussi explicites, la Sté FE a noté qu'à certains moments ceux-ci lui retournent de nombreuses pièces défectueuses, alors qu'à d'autres les retours sont peu importants.

La direction est très sensible à cette situation et, ayant noté un accroissement des réclamations et des retours, elle décide d'embaucher plus de personnes pour améliorer sa procédure de tests. Elle fonde sa politique d'embauche sur le nombre de testeurs employés actuellement et sur la fréquence des réclamations.

La procédure de tests étant très compliquée, la formation du personnel nécessite plusieurs mois, bien que certaines personnes apprennent plus vite que d'autres. Les testeurs en formation n'effectuent aucun contrôle des pièces qui sont vendues, la direction de Fe ne voulant pas prendre le risque que des testeurs inexpérimentés laissent passer des pièces défectueuses. Les testeurs en formation sont entraînés par des employés expérimentés. Pendant toute la durée de la formation des personnes embauchées, un testeur expérimenté passe la moitié de son temps à cette tâche de formation, ce qui représente du temps perdu pour la procédure de tests réelle.

La Sté FE pratique une politique visant à restreindre les départs de testeurs, mais elle laisse s'exercer une attrition ¹ naturelle qui réduit un excédent apparent de personnel. Un testeur expérimenté reste en moyenne trois ans au sein de l'entreprise.

Dans l'état actuel des choses la demande pousse les testeurs à essayer de maintenir la production. Ainsi le temps passé à tester une unité dépend du volume de production. La Sté FE ne sait pas grand chose sur les politiques suivies par les acheteurs, mais elle pressent que ceux-ci passent une part non négligeable de leur temps à vérifier la qualité des pièces qu'ils reçoivent.

Questions.

E13.1 Etudiez la situation décrite ci-dessus et faites un exposé concis du problème de comportement que votre modèle devrait expliquer.. identifiez les facteurs tels que les délais et les politiques de management qui à votre avis, pourraient expliquer ce comportement.

E13.2 Tracez un diagramme de structure causale fondé sur votre analyse..

E13.3 A partir de votre diagramme de structure causale construisez un diagramme de flux.

E13.4 Ecrivez les équations DYNAMO correspondantes. Trouvez les paramètres qui correspondent aux données fournies dans le descriptif ou qui représentent, selon vous, des valeurs raisonnables. esquissez toutes les fonctions tabulées.

¹ Usure des effectifs d'une entreprise. L'attrition s'exprime par le pourcentage du nombre des départs annuels par rapport à l'effectif moyen annuel.

E13.5 Faites passer votre modèle à l'ordinateur. Comparez son comportement à celui auquel vous vous attendiez compte tenu de votre analyse (Cf. E13.1 supra).

E13.6 Essayez les modifications structurelles et/ou paramétriques qui pourraient soulager le problème de comportement de FE. Quelles sont les modifications de la politique de management de l'entreprise qui pourraient entraîner un fonctionnement avantageux du système ?

Solutions

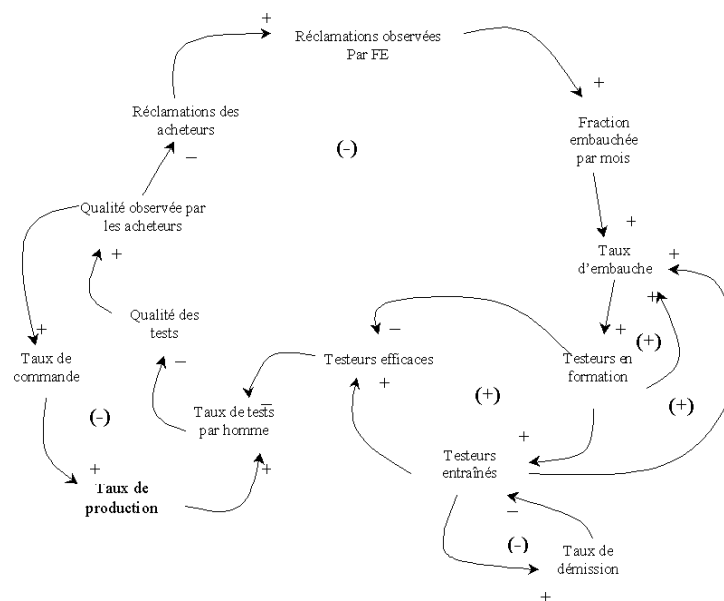
S13.1 Exposé du problème et hypothèses.

Les acheteurs semblent éprouver des sentiments mitigés vis à vis de la qualité des produits de FE. A certaines périodes ils renvoient peu de pièces défectueuses, alors qu'à d'autres ils en retournent beaucoup..

Ces remarques impliquent qu'un bon modèle devrait faire montre d'une tendance à des fluctuations de la qualité des produits . lorsque le taux de test par homme (*testing rate per man*) croît du fait de la croissance des commandes, la qualité observée (*observed quality*) baisse. Après un certain délai, des testeurs additionnels sont embauchés. Cependant l'accroissement des personnes en formation réduit initialement le nombre de testeurs efficaces (*effective testers*) puisque les testeurs expérimentés doivent aider à l'entraînement. Cet effort accru de formation induit une baisse ultérieure de la qualité observée. cependant une fois que la formation est achevée, le taux de test par homme décroît et la qualité observée croît.

NB le taux de test par homme (*testing rate per man*) est mesuré en unités / homme / mois.

S13.2 Diagramme de structure causale.



FEM Fraction embauchée par mois (FHM Fraction hired per month)
 [fraction par mois]
 QR Qualité réelle (AQ Actual quality) [unités de qualité]
 R Réclamation (CO Complaints)) [réclamations / mois]
 RQA Rapport de la qualité à la qualité acceptable (RQA Ratio of quality
 to acceptable) [sans dimension]
 TC Taux de commande (OR Order rate) [unités / mois]
 TEFI Testeurs efficaces (Effective testers) [hommes]
 TTPH Taux de tests par homme (TRM Testing rate per man) [unités /
 homme /mois]

Constantes.

DDF Délai de formation (TD Training delay) [mois]
 DDP Délai de production (DPR Delay for production) [mois]
 DMS Durée moyenne de service (ALS Average length of service) [mois]
 DOQ Délai d'observation de la qualité (DOQ Delay in observing quality)
 [mois]
 DOR Délai d'observation des réclamations (DOC Delay in observing
 complaints) [mois]
 QA Qualité acceptable (QA Quality acceptable) [unités de qualité]

S13.4 Equation DYNAMO.

NB. Dans la mesure où toutes les variables ont été explicitées, seule la première équation sera donnée dans le format d'écriture standard sous DYNAMO (avec explicitation des variables) à titre d'exemple.

$$TE.KL = (FEM.K) * (TEFO.K + T.K) \quad (1,R)$$

$$TE = 20/69 \quad (1.1,N)$$

TE : Taux d'Embauche (Hommes/mois)

FEM : Fraction Embauchée par mois (fraction / mois)

TEFO : Testeurs En FOrmation (Hommes)

T : Testeurs (Hommes)

$$TFF.KL = DELAY3P(TE.JK, DDF, TEFO.K) \quad (2,R)$$

$$DDF = 3 \quad (2.1,C)$$

$$TD.KL = DELAY3P(TFF.JK, DMS, T.K) \quad (3,R)$$

$$DMS = 36 \quad (3.1,C)$$

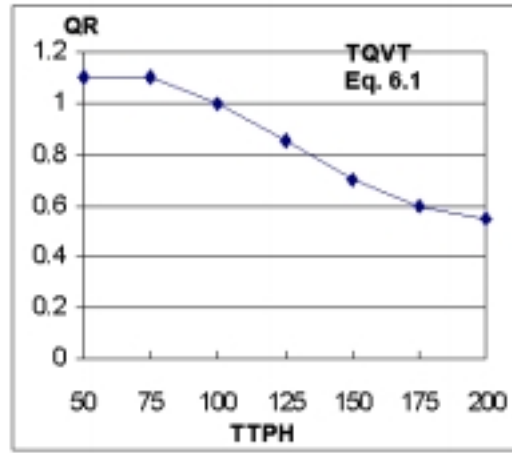
$$TEFI.K = T.K - 0.5 * TEFO.K \quad (4,A)$$

$$TTPH.K = TP.K / TEFI.K \quad (5,A)$$

$$QR.K = TABLE(TQVT, TTPH.K, 50, 200, 25) \quad (6,A)$$

$$TQVT = 1.1/1.1/1/0.85/0.7/0.6/0.55 \quad (6.1,T)$$

TQVT = Table de la Qualité Versus les Tests



$$QO.K = SMOOTH(QR.K, DOQ) \quad (7,A)$$

$$DOQ = 6 \quad (7.1,C)$$

$$QO = 1 \quad (7.2,N)$$

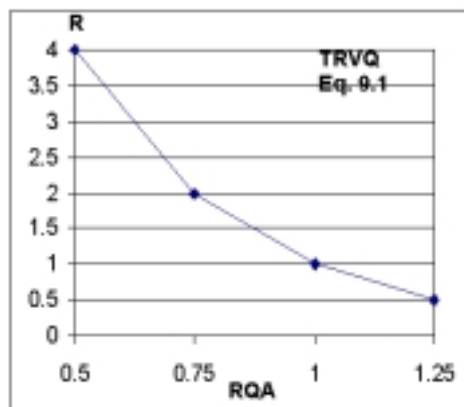
$$RQA.K = QO.K / QA \quad (8,A)$$

$$QA = 1 \quad (8.1,C)$$

$$R.K = TABLE(TRVQ, RQA.K, 0.5, 1.25, 0.25) \quad (9,A)$$

$$TRVQ = 4/2/1/0.5 \quad (9.1,T)$$

TRVQ = Table des réclamation versus la qualité



$$RO.K = SMOOTH(R.K, DOR) \quad (10,A)$$

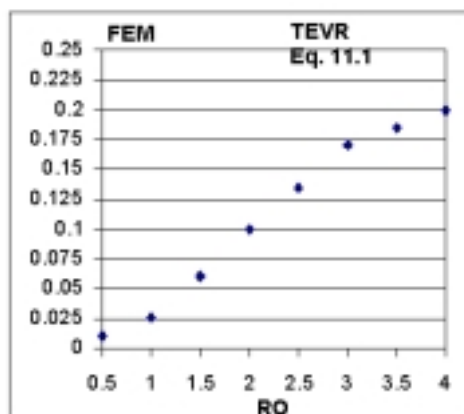
$$DOR = 2 \quad (10.1,C)$$

$$RO = R \quad (10.2,N)$$

$$FEM.K = TABLE(TEVR, RO.K, 0.5, 4, 0.5) \quad (11,A)$$

$$TEVR = 0.01/0.0258/0.06/0.1/0.135/0.17/0.185/0.2 \quad (11.1,T)$$

TEVR = Table des embauches versus les réclamations.



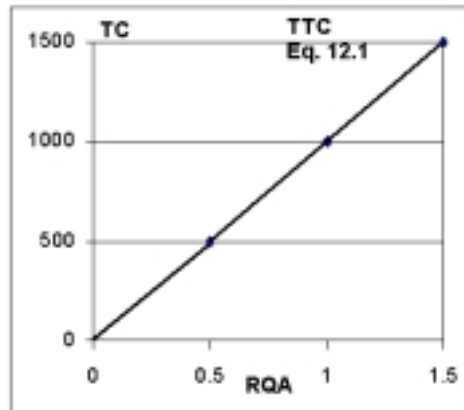
$$TC.K = TABLE(TTC, RQA.K, 0, 1.5, 0.5) * (1 + STEP.K) \quad (12,A)$$

$$TTC = 0/500/1000/1500 \quad (12.1,T)$$

TTC = Table du taux de commande

$$TP.K = DLINF3(TC.K, DDP) \quad (13,A)$$

$$DDP = 3 \quad (13.1,C)$$



$$STEP.K = STEP(HST, TST) \quad (14,A)$$

$$HST = 0.2 \quad (14.1,C)$$

$$TST = 5 \quad (14.2,C)$$

STEP : Intrant Step du taux de commande (sans dimension)

HST : Hauteur du step (sans dimension)

TST : Temps du Step (mois)

Cartes de Contrôle.

C DT = 0.125

C PLTPER = 2.5

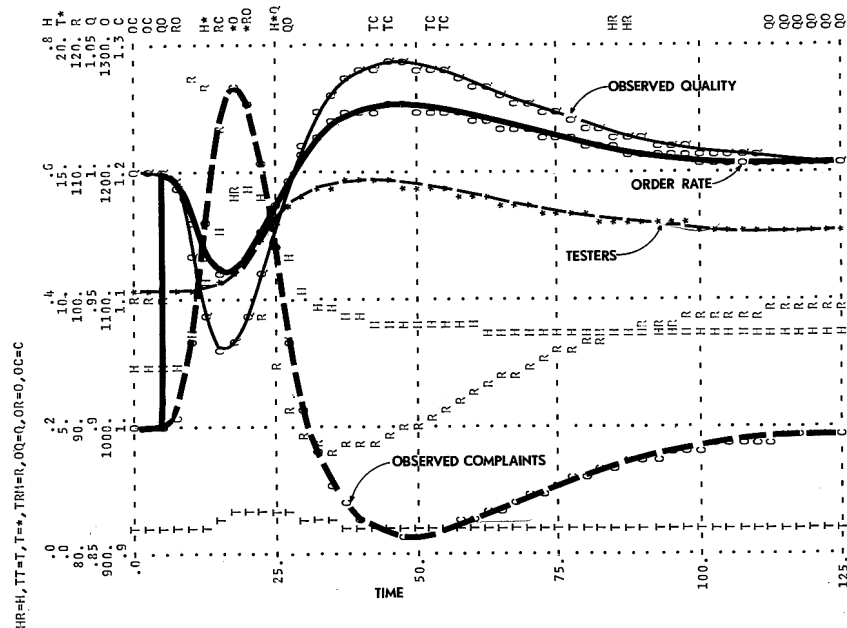
C LENGTH = 125

PLOT HR=H(0,.8)/TT=T,T=*/TRM=R/OQ=Q/OR=O/OC=C

NB La transcription "informatique" du modèle se fera normalement, c'est à dire que seuls les niveaux sont initialisés, connaissant les valeurs des constantes. Cela implique qu'il est nécessaire, ici, de se livrer à un calcul d'initialisation des niveaux.

S13.5 Comportement du modèle.

La figure ci-après montre le comportement du modèle lorsqu'un accroissement de 20% des commandes, sous la forme d'un STEP, intervient au cinquième mois.



Réponse à un accroissement de 20% des commandes.

S13.6 Analyse de politique.

On désire minimiser les fluctuations de la qualité tout en faisant face aux commandes. De ce fait une politique plus efficace devrait expliciter une action planifiée destinée à faire face à des conditions défavorables prévisibles.. La nouvelle politique proposée ci-après utilise le taux de commande comme un indicateur du volume des unités produites qu'il sera nécessaire de tester dans un futur proche. En parallèle une information sur le nombre actuel des testeurs, des testeurs en formation et sur l'attrition mensuelle fournit un moyen d'estimer les testeurs disponibles pour les opérations de contrôle des unités à venir. Dès lors l'embauche est planifiée de façon à répondre à tout écart entre les testeurs désirés et les testeurs disponibles. le diagramme de flux donné ci-après et les équations dynamo correspondantes résument les modification de structure qui, ajoutées au modèle décrit en S13.3 et S13.4, reflètent la nouvelle politique.

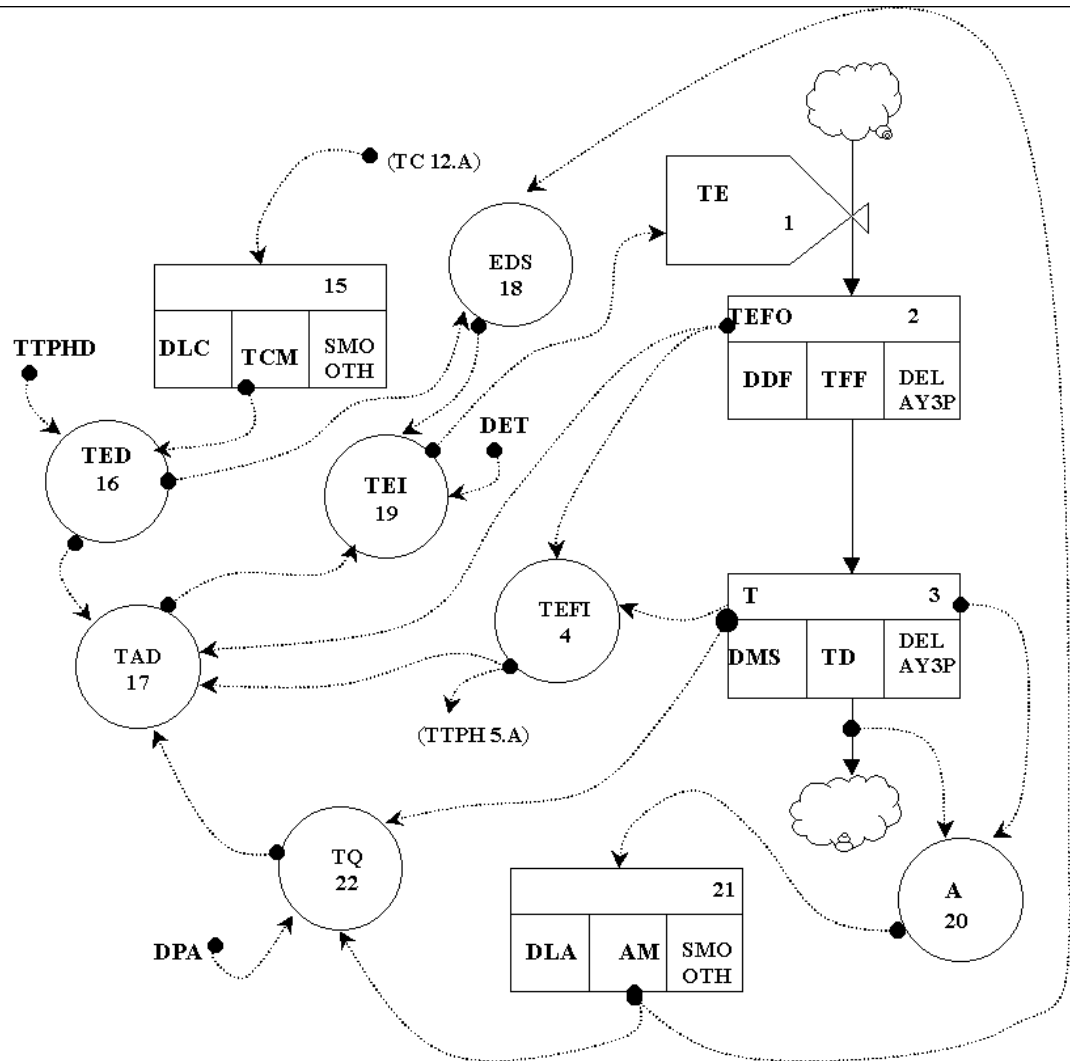


Diagramme de flux de la nouvelle politique d'embauche

Equations DYNAMO de la nouvelle politique.

$$TE.KL = MAX(TEI.K, 0) \quad (1,R)$$

$$TE = 20/69 \quad (1.1,N)$$

TE : Taux d'embauche (hommes/mois)

MAX : Fonction maximum

TEI : Taux d'embauche indicatif (hommes/mois)

NB. Les équations 2 à 14 restent les mêmes, à l'exception de l'équation 11 désormais omise.

$$TCM.K = SMOOTH(TC.K, DLC) \quad (15,A)$$

$$TCM = TC \quad (15.1,N)$$

$$DLC = 3 \quad (15.2,C)$$

TCM : Taux de commande moyen (unités/mois)

TC : Taux de commande (unités/mois)

DLC : Délai de lissage des commandes (mois)

$$TED.K = TCM.K / TTPHD \quad (16,A)$$

$$TTPHD = 100 \quad (16.1,C)$$

TED : Testeurs désirés (hommes)

TCM : Taux de commande moyen (unités/mois)

TTPHD : Taux de test par homme désiré (unités/homme/mois)

$$TAD.K = TED.K - TEFI.K - TEFO.K - TQ.K \quad (17,A)$$

TAD : testeurs additionnels désirés (hommes)

TED : Testeurs désirés (hommes)

TEFI : Testeurs efficaces (hommes)

TEFO : Testeurs en formation (hommes)

TQ : Testeurs quittant FE (hommes)

$$EDS.K = TED.K * AM.K \quad (18,A)$$

EDS : Embauche de substitution (hommes/mois)

TED : Testeurs désirés (hommes)

AM : Attrition moyenne (fraction/mois)

$$TEI.K = EDS.K + TAD.K / DET \quad (19,A)$$

$$DET = 2 \quad (19.1,C)$$

TEI : Taux d'embauche indicatif (hommes/mois)

EDS : Embauche de substitution (hommes/mois)

TAD : testeurs additionnels désirés (hommes)

DET : Délai dans l'embauche des testeurs (mois)

$$A.K = TD.JK/T.K \quad (20,A)$$

A : Attrition (fraction/mois)

TD : Taux de démission (hommes/mois)

T : Testeurs (hommes)

$$AM.K = SMOOTH(A.K, DLA) \quad (21,A)$$

$$AM = M \quad (21.1,N)$$

$$DLA = 4 \quad (21.2,C)$$

AM : Attrition moyenne (fraction/mois)

A : Attrition (fraction/mois)

DLA : Délai de lissage de l'attrition (mois)

$$TQ.K = T.K * AM.K * DPA \quad (22,A)$$

$$DPA = 3 \quad (22.1,C)$$

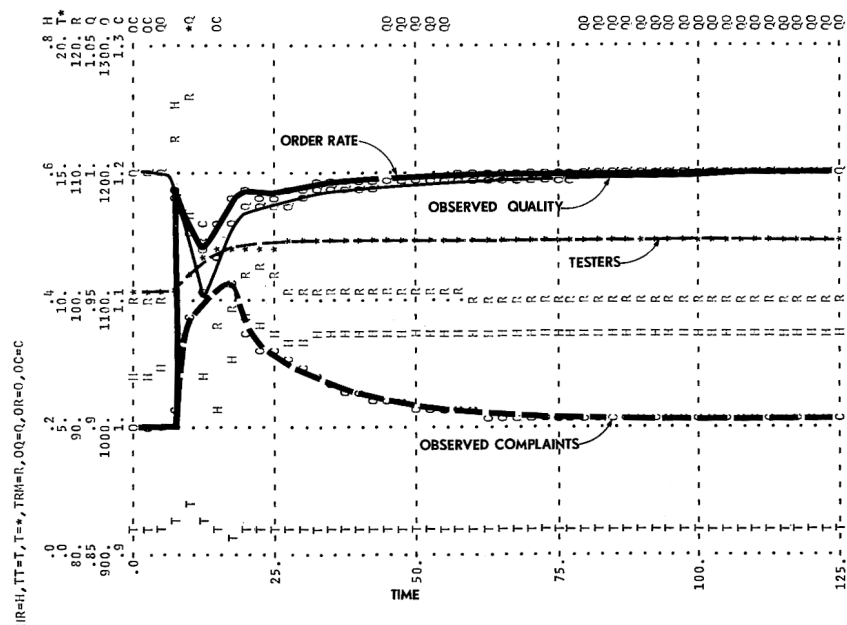
TQ : Testeurs quittant FE (hommes)

T : Testeurs (hommes)

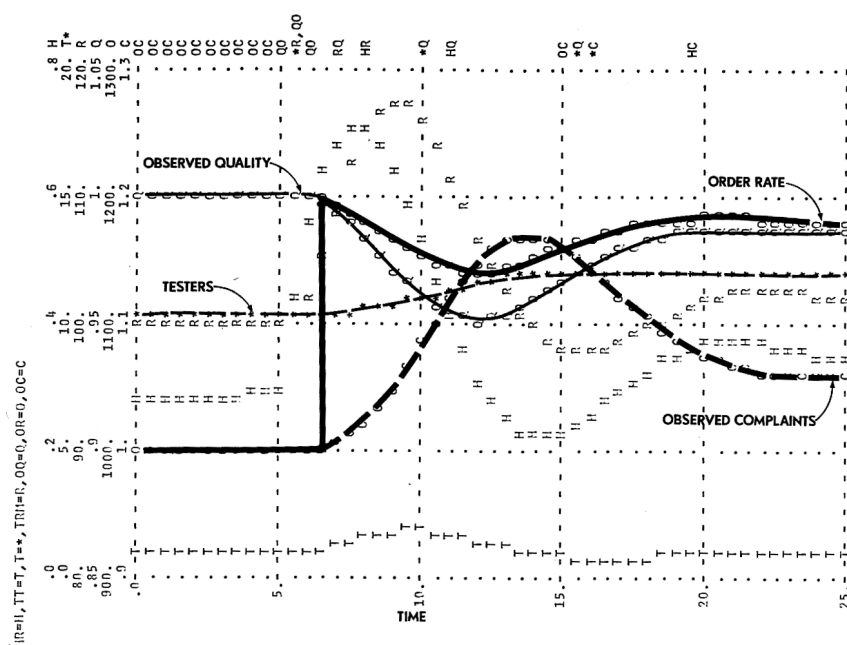
AM : Attrition moyenne (fraction/mois)

DPA : Délai prévu d'attrition (mois)

Le graphe suivant montre la réponse du modèle à un accroissement de 20% des commandes compte tenu de la politique d'embauche révisée. Les fluctuations incluant les variations de la qualité observée s'amortissent plus rapidement que dans le cas de la politique précédente.



Le deuxième graphe montre en détail le comportement du modèle sur les 25 premiers mois (PLTPER = 0.5).



.

4.2 Les Librairies de simulink.

Nous ne faisons figurer que les blocs les plus utiles.

Continuous

	Numerical derivative: du/dt .
	Continuous-time integration of the input signal.
	Apply specified delay to the input signal. Best accuracy is achieved when the delay is larger than the simulation step size.
	Apply a delay to the first input signal. The second input specifies the delay time. Best accuracy is achieved when the delay is larger than the simulation step size.

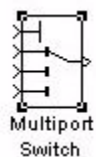
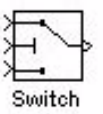
Functions & Tables.

	General expression block. Use "u" as the input variable name. Example: $\sin(u[1] * \exp(2.3 * -u[2]))$
	Perform 1-D linear interpolation of input values using the specified table. Extrapolation is performed outside the table boundaries
	Pass the input values to a MATLAB function for evaluation. The function must return a single vector argument of length 'Output width'. Examples: $\sin$, $\sin(u)$, $\text{foo}(u(1), u(2))$

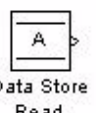
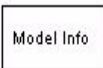
Math.

	$y = u $
	Inner (dot) product $y = \text{sum}(u1.*u2)$
	Scalar or vector gain. $y = k.*u$
	Logical operators. For a single input, operators are applied across the input vector. For multiple inputs, operators are applied across the inputs.
	Mathematical functions including logarithmic, exponential, power, and modulus functions.
	Output min or max of input. For a single input, operators are applied across the input vector. For multiple inputs, operators are applied across the inputs.
	Multiply or divide inputs. Specify one of the following: a) * or / for each input port (e.g., **/*) b) scalar greater than 1 multiplies all input ports c) '1' multiplies all elements of single input vector
	Relational operators.
	Rounding operations.
	Add or subtract inputs. Specify one of the following: a) string containing + or - for each input port, for spacer between ports (e.g. ++ - ++) b) scalar ≥ 1 . A value > 1 sums all inputs; 1 sums elements of a single input vector
	Trigonometric and hyperbolic functions.

Nonlinear.

	Output toggles between two inputs by double-clicking on the block.
	Pass through the input signals corresponding to the rounded value of the first input.
	Pass through input 1 when input 2 is greater than or equal to threshold; otherwise, pass through input 3.

Signals & Systems.

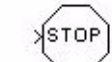
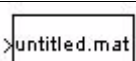
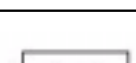
	This is the 'simulink3/Signals & Systems/SubSystem' block
	Provide an input port for a subsystem or model. The 'Sample time' parameter may be used to specify the rate at which a signal enters the system.
	Define a memory region for use by the Data Store Read and Data Store Write blocks.
	Read values from specified data store.
	Write values to specified data store
	Demux Split vector signal into scalars or smaller vectors.
	This block allows revision control information to be displayed within the model.

Signals & Systems (suite)

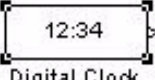
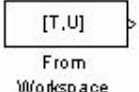
	Combine scalar or vector signals into larger vectors.
 Terminator	Used to "terminate" output signals. (Prevents warnings about unconnected output ports.)
 Out1	(Note)

Note : Provide an output port for a subsystem or model. The 'Output when disabled' and 'Initial output' parameters only apply to conditionally executed subsystems. When a conditionally executed subsystem is disabled, the output is either held at its last value or set to the 'Initial output'. The 'Initial output' parameter can be specified as the empty matrix, [], in which case the initial output is equal to the output of the block feeding the output.

Sinks.

 Display	Numeric display of input values.
 Scope	This is the 'simulink3/Sinks/Scope' block
 Stop Simulation	Stop simulation when input is non-zero.
 To File	Write time and input to specified MAT file in row format. Time is in row 1.
 To Workspace	Write input to specified matrix in MATLAB's main workspace. The matrix has one column per input element and one row per simulation step. Data is not available until the simulation is stopped or paused.
 XY Graph	XY scope using MATLAB graph window. First input is used as time base. Enter plotting ranges.

Sources.

 Chirp Signal	Chirp Signal. (Sine wave with increasing frequency)
 Clock Clock1	Output the current simulation time.
 Constant	Output a constant.
 Digital Clock	Output current simulation time at the specified rate.
 Discrete Pulse Generator	Generate pulses at regular intervals. Specify parameters as integer multiples of the sample time.
 [T,U] From Workspace	Read data values specified in matrix or structure format from MATLAB's workspace. Matrix format: <code>var=[TimeValues DataValues]</code> . Structure format: <code>var.time=[TimeValues]</code> <code>var.signals.values=[DataValues]</code> Select interpolation to interpolate or extrapolate at time steps for which data does not exist.
 untitled.mat From File	Read time and output values from the first matrix in the specified MAT file. The matrix must contain time values in row one. Additional rows correspond to output elements. Interpolates between columns.
 Pulse Generator	Pulse Generator
 Ramp	Ramp
 Random Number	Output a normally (Gaussian) distributed random signal. Output is repeatable for a given seed.

Sources (suite).

 Repeating Sequence	Repeating table.
 Sine Wave	Output a sine wave.
 Step	Output a step.
 Uniform Random Number	Output a uniformly distributed random signal. Output is repeatable for a given seed.