

Capacité et charges
Equilibre charge / capacité

Les ressources constituent l'ensemble des moyens nécessaires pour réaliser la transformation des matières premières et composants en produits finis livrés aux clients. Suivant le type d'entreprise, ces ressources comprennent de la main-d'œuvre, des équipements, des outillages, des véhicules de transport, des bâtiments, etc.

Les décisions concernant les ressources sont importantes. En effet, les quantités de ressources disponibles conditionnent la quantité maximale de flux qu'il est possible de traiter : c'est ce qu'on appelle la capacité de ces ressources. Il va donc falloir vérifier si cette capacité correspond bien aux objectifs de ventes en termes de flux. Il s'agit là du concept d'équilibre entre charge de travail associée au flux et capacité des ressources. La recherche de cet équilibre est importante à la fois pour la rentabilité de l'entreprise (un excès de ressources est générateur de coûts inutiles) et pour sa capacité à répondre à la demande du marché (une insuffisance de ressources peut empêcher de livrer les clients dans les délais convenus).

Capacité et charges

Contenu



- **Notions de CAPACITE et CHARGE**
- **Capacité théorique Vs Capacité pratique**
 - Taux de rendement global
- **Charge commerciale Vs charge réelle**
- **Détermination des temps standards**
 - Courbe d'apprentissage
- **Equilibre charge/capacité**
- **Goulets d'étranglement et OPT**

- Notions de Capacité et Charge
- Capacité théorique Vs Capacité pratique : Taux de rendement global
- Charge commerciale Vs charge réelle
- Détermination des temps standards
- Courbe d'apprentissage
- Equilibre charge/capacité
- Goulets d'étranglement et OPT

La notion de capacité

- **La capacité d'une ressource est la mesure du flux qu'elle peut traiter par unité de temps**

Lorsqu'une ressource ne traite qu'un seul produit, on peut définir sa capacité par le **nombre de produits** qu'elle peut traiter par unité de temps

ex : nombre de bouteilles remplies par heure

Lorsqu'une ressource peut traiter plusieurs produits, on doit définir pour chaque produit la quantité de ressource consommée par unité

On choisit généralement l'heure

La capacité est une mesure de l'aptitude d'une ressource à traiter un flux. Une bonne image d'une capacité est fournie par le débit d'une route : 3 000 véhicules à l'heure, pour une autoroute, par exemple. On retrouve une notion équivalente dans tout système logistique : 600 clients à l'heure pour un restaurant fast-food, 120 dossiers par jour pour une agence de prêts immobiliers, 6 copies corrigées par heure pour un professeur...

Le concept de capacité résulte :

- de la durée de disponibilité de la ressource par période calendaire (la journée, la semaine, le mois...),
- du choix d'une unité de mesure qui permet d'additionner les débits de produits éventuellement différents, étant entendu que si les produits sont assez semblables, une seule unité physique convient.

Capacité théorique Vs Capacité pratique

La capacité pratique est souvent inférieure à la capacité théorique



- Taux de rendement synthétique : TRS = Temps utile / Temps employé = D / B
- Taux de charge = Temps de travail / Temps d'ouverture = B/A
- Taux de rendement global TRG = Temps utile / Temps d'ouverture = D / A

Le taux de rendement global mesure le rapport entre le temps réellement utilisé par la ressource pour réaliser les produits (de bonne qualité) et le temps disponible

La capacité effective (ou capacité pratique) d'une ressource peut être inférieure à la capacité théorique, ou nominale, pour de nombreuses raisons : la machine doit être arrêtée pour un entretien préventif, pour réparer une panne mineure ou majeure, l'opérateur est absent ou une partie des pièces produites est défectueuse. La mesure de l'efficacité est faite par le Taux de Rendement Global ou TRG. Le TRG d'une ressource mesure le rapport entre le temps réellement utilisé par cette ressource pour réaliser des produits (de bonne qualité) et le temps disponible (autrement dit la capacité de production nominale).

Les pannes constituent bien entendu une première source de perte de capacité. Ensuite, dans le cas, très fréquent, où une même ressource traite plusieurs flux de produits, il existe souvent une perte de temps au passage de l'un à l'autre. Par exemple, si la ressource est une machine, il faut l'arrêter, changer l'outillage, modifier le réglage, préparer une autre matière. Cette perte de capacité incite les entreprises à organiser le flux sous forme d'une suite de lots homogènes plus importants, encore dénommés campagnes de production.

Le TRS (Taux de Rendement Synthétique) = **Temps utile/Temps employé**

Dans La Figure D/B

Le Taux de rendement global est défini par le TRS multiplié par le taux de charge (temps de travail sur temps d'ouverture de l'atelier).

La notion de charge

- **La charge mesure la quantité de flux pour satisfaire une demande**
 - C'est la mesure du flux nécessaire pour ne pas livrer en retard
 - Elle doit être exprimée dans la même unité de mesure que la capacité
 - » il faut transformer la demande en unités de capacité (souvent des heures)
 - Cette transformation se fait par l'intermédiaire des gammes de fabrication
 - Sur la gamme figurent :
 - » les ressources à utiliser
 - » les temps unitaires de consommation de ressource

La charge mesure la quantité de flux requise pour satisfaire la demande. C'est donc une mesure de débit demandé. Les concepts de capacité et de charge se correspondent, comme ceux de l'offre et de la demande. Il est recommandé de les exprimer dans les mêmes unités.

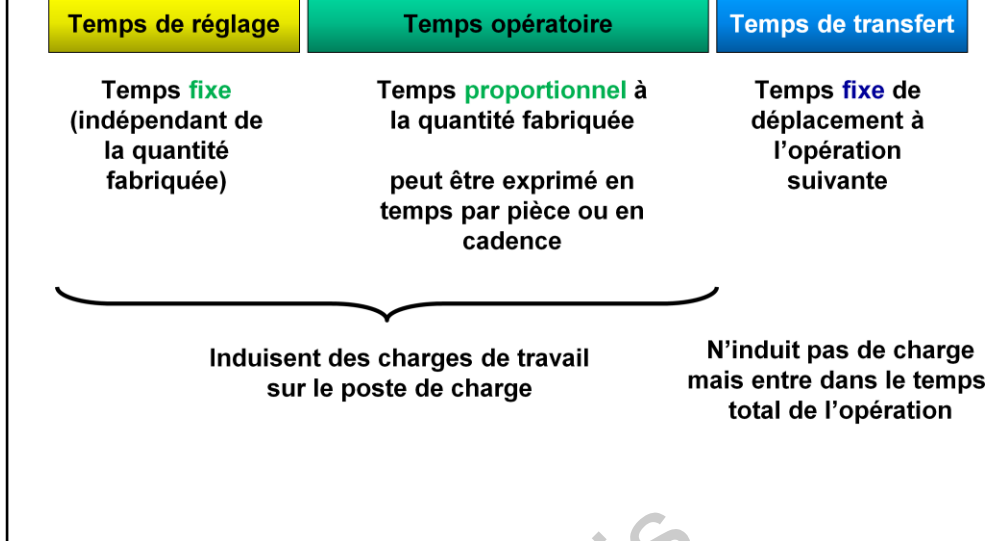
Une compagnie d'aviation possède une capacité de transport de 20 000 passagers par jour. La charge à transporter le 14 avril a été de 17 000 passagers. Toute sa capacité n'a pas été utilisée. La mesure de la charge pose le même problème de choix d'unité que celle de la capacité : si la demande est homogène, on choisit, en général, une unité physique simple.

Par exemple, la charge d'un atelier qui fabrique des chaussures est de 42 000 paires pour le mois de mars. En revanche, si la demande est hétérogène, il faut choisir une unité de mesure plus abstraite.

Par exemple, la charge d'un atelier d'usinage est de 2 400 heures d'usinage pour le mois de juin. Cela signifie que les ordres des clients, transformés en heures de travail par le biais des gammes de fabrication, représentent une durée de travail de 2 400 heures. Si l'usine possède 15 machines, chaque machine réalise en juin ($2\,400/15$) soit 160 heures de travail (en moyenne théorique, car, en pratique, compte tenu des spécificités du matériel, certaines machines ont plus de travail que d'autres).

Par exemple, un centre d'usinage travaillant en 3 équipes offre une capacité de 111 heures par semaine (3×37 heures). Pour que cette unité de mesure soit utilisable, il faut que les commandes des clients soient elles-mêmes converties en heures. On voit que le centre d'usinage est chargé pendant 105 heures dans la semaine. Sa capacité étant de 111 heures, il reste 6 heures théoriquement disponible.

Les temps des gammes



Dans l'industrie et dans les services, c'est la fonction **Méthodes** qui étudie et implémente les processus de fabrication ou de service.

Lorsque l'on définit les caractéristiques d'une opération de transformation, on doit indiquer trois temps :

Un temps fixe que l'on nomme temps de réglage, temps de changement d'outil ou de série, temps de préparation. Cela recouvre la préparation de tout ce qui est nécessaire pour la réalisation : approvisionnement de matières, mis en place d'un outillage, réglage, montée en température... dépendant de la nature de l'opération. Qu'on lance la fabrication d'une ou de 1000 pièces, on n'échappe pas à cette activité qui peut être réalisée par du personnel spécialisé (régleurs) ou par les opérateurs de production eux-mêmes.

Le temps opératoire est un temps unitaire de réalisation d'une pièce donc le temps opératoire total est proportionnel à la quantité fabriquée : on suppose que réaliser 100 pièces prend 10 fois plus de temps que de réaliser 10 pièces. Il peut être exprimé en temps par pièce ou en cadence (nombre de pièces par unité de temps).

Le temps de transfert permet de prendre en compte le fait que les opérations successives ne peuvent s'enchaîner parfaitement et qu'il faut prévoir un certain battement entre leurs réalisations.

Notons que, pour certaines opérations, il n'existe qu'un temps fixe, indépendant de la quantité fabriquée (dans certaines limites). C'est, par exemple, le cas d'opération de traitement thermique : que l'on mette une ou dix pièces dans un four, le temps de traitement sera le même.

Charge commerciale vs charge réelle



- **La charge réelle est souvent supérieure à la charge commerciale**
 - On doit tenir compte des « surcharges » qui font qu'on nécessite les opérateurs pendant plus de temps afin de satisfaire une demande commerciale.
 - Par exemple, afin de fabriquer un certain nombre d'articles qui, selon la gamme, devrait tarder 10h, on doit prévoir une charge réelle (à affecter aux opérateurs) de 10h plus le temps du réglage associé à l'article.

Il faut cependant distinguer la capacité théorique et la capacité réelle. La capacité théorique est celle que l'on peut faire au maximum sur un poste de charge par période de référence.

Exemple :

Une machine à commande numérique dans un atelier a une capacité théorique de

35 h/semaine.

La capacité réelle est celle qui est prise en compte lors de l'élaboration du planning dans le cas d'un ordonnancement centralisé. Elle correspond à ce que l'on peut réellement réaliser sur un poste de charge compte tenu des aléas possibles (pannes, rebuts, absence des opérateurs...).

La machine à commande numérique de l'exemple précédent a un taux d'aléa de 10 %, et sa capacité réelle est de 31,5 h/semaine.

Relation entre le TRG et la taille de lot

- Une machine fabrique alternativement deux produits à la cadence de 20 produits à l'heure
- Le temps de changement de fabrication est d'une heure
- Si l'on lance des lots de 50 unités, quelle est le taux de rendement global ?
 - a. 15%
 - b. 27%
 - c. 71%
 - d. 92%
- Quelle serait la « Perte relative de capacité » ?
- Et si on lançait des lots de 500 unités ?

Le temps de fabrication d'un lot est de $50/20$ soit 2,5 heures.

Le temps total pour obtenir un lot est égal au temps de changement de fabrication + le temps de fabrication soit $2,5 + 1$ soit 3,5 heures.

Le taux de rendement global est de $2,5/3,5$ soit 71,42 %,

La perte relative de capacité est de $100 - 71,42$ soit 28,58 %.

Si on lance des lots de 500 unités, le temps de fabrication serait de 25 heures,

Le temps total pour obtenir un lot est égal au temps de changement de fabrication + le temps de fabrication soit $25 + 1$ soit 26 heures.

Le taux de rendement global est de $25/26$ soit 96 %,

La perte relative de capacité est de $100 - 96$ soit 4 %.

La détermination des standards de temps



- **Chronométrage**

- Mesure empirique de recueil des temps passés



- **Méthode des temps standards élémentaires**

- Décomposition d'une tâche complexe en opérations élémentaires simples
- Le temps nécessaire pour chaque opération élémentaire figure dans des tables MTM



- **Taux d'activité**

- Vitesse relative des opérateurs par rapport au standard

Pour concevoir les gammes opératoires, il faut évaluer les temps standard des opérations. Les deux méthodes les plus utilisées en organisation scientifique du travail pour évaluer le temps standard d'une opération sont le chronométrage et la méthode des temps prédéterminés.

Chronométrage : Cette méthode, qui ne convient que dans le cas où les opérations sont mises en œuvre, consiste simplement à chronométrer le temps de chacune des opérations. Cette approche directe doit tenir compte du fait que des aléas ou des perturbations peuvent faire varier les temps opératoires mesurés autour de leur valeur moyenne réelle.

Méthode des temps standards élémentaires : Lorsqu'un nouveau produit est en phase d'étude, les opérations n'existent pas encore. Pour évaluer de manière prévisionnelle les temps opératoires correspondant à ce futur produit, on recourt à la méthode des temps prédéterminés. Le principe de cette méthode est de considérer chaque mouvement comme la répétition combinée de quelques gestes élémentaires. Si l'on identifie ceux-ci et que l'on évalue leur durée de façon standard, le temps d'une opération peut être obtenu en additionnant les temps correspondant aux gestes élémentaires qui la composent. La méthode la plus utilisée est la méthode **MTM** (Motion Time Measurement), qui retient dix mouvements de base : atteindre, saisir, mouvoir, tourner, mouvement de manivelle, appliquer une pression, positionner (et son contraire), lâcher, auxquels s'ajoutent les mouvements visuels, les mouvements du corps et des membres supérieurs. La mesure par chronométrage de ces éléments de base a fourni des temps standard, universels, exprimés en 100 000e d'heure (cmh), regroupée dans des tables qui représentent le fondement même de la méthode.

Taux d'activité : Les temps obtenus par ces méthodes dépendent étroitement de l'habileté et de la rapidité des opérateurs par rapport à une performance moyenne. Il faut donc pondérer les résultats par un taux d'activité, qui est un coefficient défini à partir d'une allure moyenne de référence. Ainsi, l'allure standard correspond au rythme d'un individu moyen, qui par définition a un taux d'activité de 100 %. Un opérateur plus rapide aura un taux d'activité supérieur à 100 %, alors qu'un débutant aura un taux nettement inférieur.

Capacité et charges

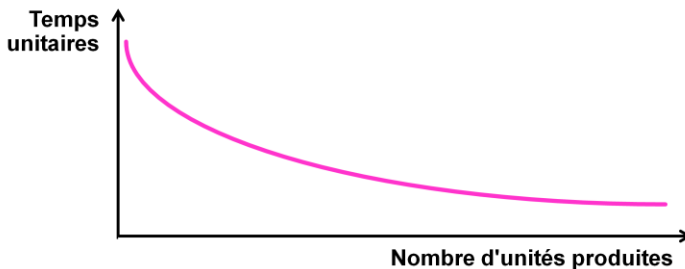
Exemple de table MTM

Saisir - G -		
Cas	cmh	Description des cas
GIA	2	Saisir un objet facile à prendre
GIB	3,5	Saisir un objet très petit ou plat sur une surface plane
G1		Saisir un objet à peu près cylindrique que des obstacles empêchent de saisir par dessous et sur un côté
G1C1	7,3	Diamètre > 12 mm
G1C2	8,7	6 mm > diamètre < 12 mm
G1C3	10,8	Diamètre < 6 mm
G2	5,6	Ressaisir. Modifier la préhension sans lâcher l'objet
G3	5,6	Passer un objet d'une main à l'autre
G4		Saisir un objet mêlé à d'autres de telle sorte qu'il y ait recherche et sélection (ou option)
G4A	7,3	Diamètre > 25 mm
G4B	9,1	6 mm > diamètre < 25 mm
G4C	12,9	Diamètre < 6 mm
G5	0	Saisir un objet par contact ou lorsque les doigts exercent un contrôle partiel de l'objet

La **MTM** se base sur des tables de temps standards où l'on retrouve les différents mouvements, les variables associées et les temps. Les tables reconnues sont sous la version MTM-Data Card 101 A, édition 1955.

La courbe d'apprentissage (ou d'expérience)

- Diminution du temps standard requis selon le nombre cumulé d'unités produites



Lorsque des tâches identiques sont répétées, un phénomène important prend place : l'**apprentissage**. Le temps nécessaire pour réaliser une opération manuelle diminue en fonction du nombre de réalisations de la tâche. Ces gains sont d'autant plus considérables que la tâche en question est complexe et longue. Le schéma montre l'évolution des temps opératoires pour un article produit sur une ligne de fabrication en fonction du nombre cumulé de pièces réalisées.

En général, la réduction de temps à chaque nouvelle réalisation devient de plus en plus faible au fur et à mesure que le nombre total de répétitions augmente. Il a été constaté empiriquement qu'une bonne approximation du processus d'apprentissage consiste à supposer qu'à chaque doublement du nombre de réalisations le temps opératoire baisse d'un pourcentage constant, appelé « **pourcentage d'apprentissage** ». Ce phénomène apparaît aussi bien à un niveau organisationnel global qu'au niveau d'un poste particulier. Ainsi, on peut observer qu'à long terme un constructeur d'avions améliorera progressivement le processus de développement d'un nouvel appareil et qu'à court terme sur un poste particulier, pour une opération donnée, le temps nécessaire diminuera progressivement.

L'équilibre charge - capacité



- **Le problème de la gestion opérationnelle est de parvenir à un rapport charge / capacité inférieur à 1 mais proche de 1**
 - S'il est très faible : les équipements sont surdimensionnés et les coûts trop élevés
 - S'il est trop élevé : on ne peut satisfaire la demande



- **Planifier les capacités selon la charge prévisionnelle**
 - à long terme (plusieurs mois)
 - à moyen terme (quelques semaines)
 - à court terme (journée)



- **Recherche des moyens d'agir**
 - sur la capacité
 - sur la charge

Le problème de la gestion opérationnelle est de parvenir à un équilibre charge/capacité inférieur à 1, mais proche de 1

s'il est très faible : les équipements sont surdimensionnés et les coûts trop élevés

S'il est trop élevé : on ne peut satisfaire la demande

Recherche des moyens d'agir

- sur la capacité
- sur la charge

Capacité et charges

Exemple rapport charge / capacité

- Dans un atelier qui travaille 8h par jour on doit satisfaire une demande de 100 unités (par jour). On dispose de 5 machines qui nécessitent 15 minutes pour fabriquer chaque unité.
Quel est le rapport charge/capacité des machines ?
- On considère maintenant la main-d'œuvre directe (MOD), on dispose de 8 opérateurs et on sait que pour effectuer chaque opération, il faut 2 opérateurs par machine.
Quel est le rapport charge/capacité de la MOD ?

Capacité en machines heures machine = $8 \times 5 = 40$ h

Charge en heures machine = $100 \times 0,25 = 25$ h

Rapport charge/capacité heures machine = $25/40 = 62,5$ %

Capacité en heures de MOD : 64 h

Charge en heures de MOD : 50 h

Rapport charge/capacité heures de MOD : 83 %

Actions possibles sur la capacité

- **Acheter une seconde machine**
 - Taux d'utilisation ?
- **Faire de heures supplémentaires**
 - Coût, stock induit
- **Augmenter la fiabilité**
 - Maintenance préventive
- **Sous-traiter une partie de l'activité**
 - Problèmes de transport et de manutention, Coût

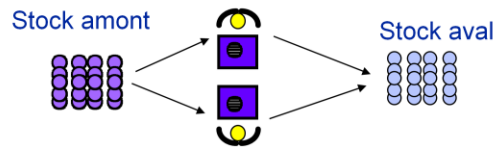
La capacité c'est **ce que je peux faire**, cela représente les hommes et les machines. C'est toutes les modulations que je peux faire pour agir sur la capacité des hommes et des machines (par exemple heures supplémentaires concernant les hommes et investissement concernant les machines.)

Actions possibles sur la charge

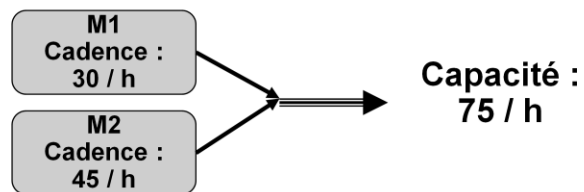
- **Augmenter la vitesse des équipements**
Conséquences en termes de qualité ?
- **Diminuer le taux de non-qualité**
- **Diminuer le temps perdu en changements de fabrication**
 - Diminuer le nombre de références (-> marketing)
 - Diminuer la fréquence des réglages (-> planification)
 - Diminuer le temps de réglage (-> technique)

La charge c'est **ce que je dois faire**, cela représente le client. C'est toutes les modulations que je peux faire pour agir sur la demande client (réduire les temps de changement e série par exemple pour mieux servir le client et ses besoins de diversité).

La capacité d'un réseau de ressources Ressources en parallèle



Les capacités s'additionnent



Exemple : si une usine dispose de deux machines identiques, pouvant travailler chacun 35 heures par mois, elle atteint une capacité de $2 \times 35 = 70$ heures/mois.

De même, une usine de 200 ouvriers travaillant 35 heures/semaine dispose d'une capacité théorique de 7 000 heures de main-d'œuvre par semaine.

Goulet d'étranglement

- **Goulet d'étranglement**
 - C'est la ressource qui a la capacité utile la plus faible de l'ensemble des ressources dans le processus. Ainsi, elle limite la production du système
- **Souvent identifié en calculant le rapport charge/capacité de chaque ressource**
- **La variabilité dans la charge de travail peut créer des goulets d'étranglement flottants**

Goulet d'étranglement : ressource qui limite la capacité du processus complet

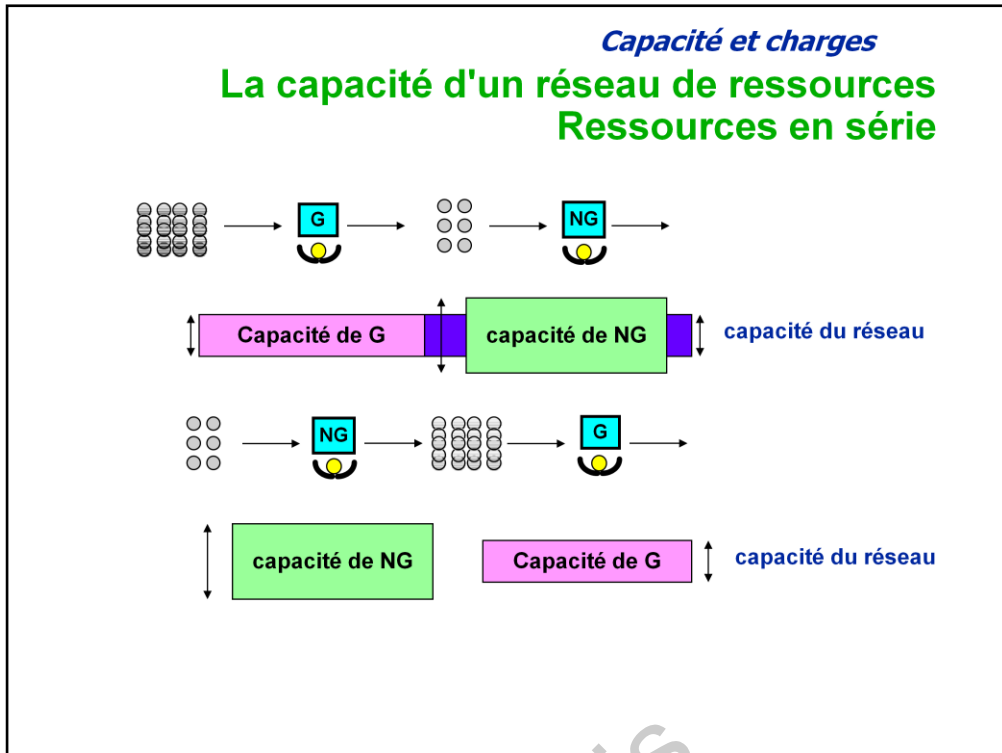
Les ressources qui sont goulets d'étranglement sont notées G ; les autres NG.

Lorsque plusieurs processus sont mis en œuvre dans un flux de production, le flux réalisable est limité par la capacité de l'un des processus : c'est la capacité la plus faible qui détermine celle de l'ensemble (comme dans un système hydraulique). On dit qu'il y a une ressource contraignante ou ressource goulet par rapport au flux à réaliser.

Pour un flux objectif, les processus du réseau peuvent donc être séparés en deux familles : les processus non-goulets et les processus goulets. Nous allons examiner les relations entre ces deux types de ressources. Afin de les illustrer, on considère un réseau à deux processus.

Notons G le processus goulet par rapport à la demande du marché. Pour ce processus, la demande correspond à une charge de travail de 200 heures par mois. De plus, supposons que cette demande corresponde exactement à la capacité disponible de ce processus (soit 200 heures/mois).

Soit NG le processus non-goulet pour lequel la demande du marché induit une charge de travail de 150 heures par mois. On suppose que NG a une capacité de 200 heures. Nous pouvons maintenant examiner les trois relations différentes entre les ressources goulets et non-goulets qui composent la structure fondamentale de tout système de production.



1er cas : G précède NG dans le flux

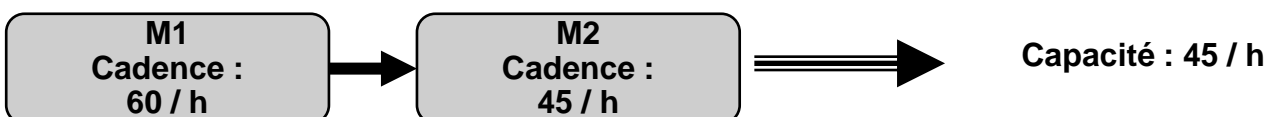
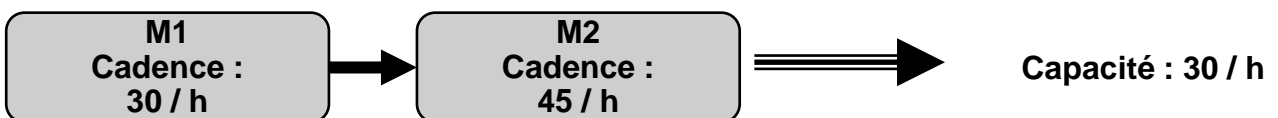
G alimente NG. NG ne peut travailler à pleine capacité, car il ne reçoit pas assez de composants

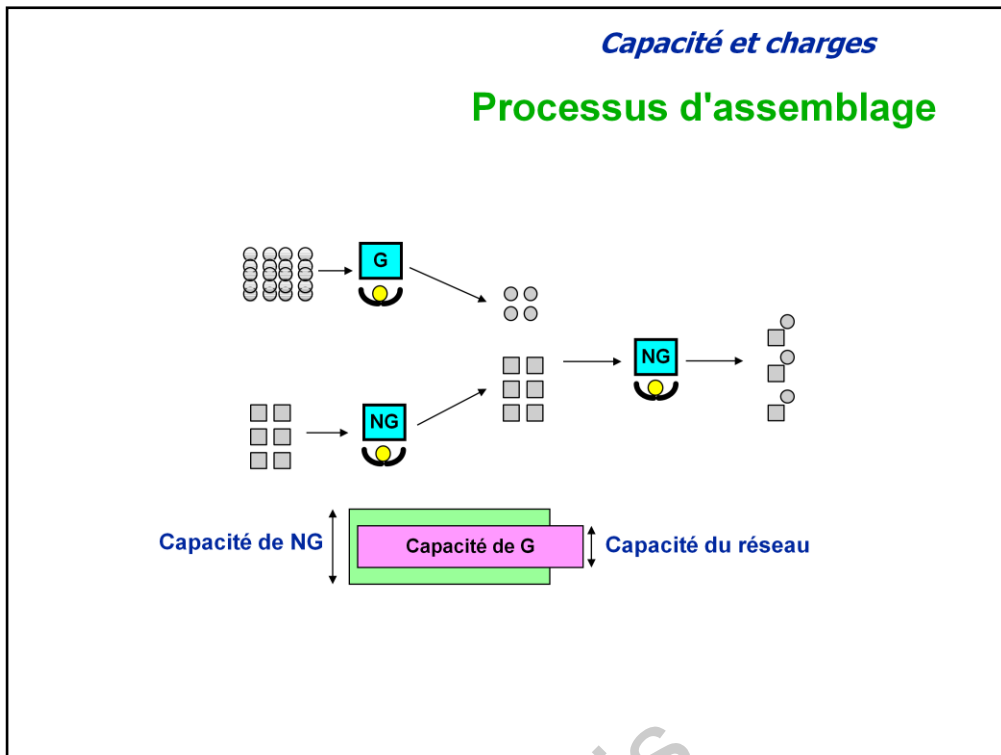
2e cas : NG précède G

Si l'on fait travailler NG à pleine capacité, il se constituera un stock infini.

La production de NG doit donc être limitée à ce que consomme G.

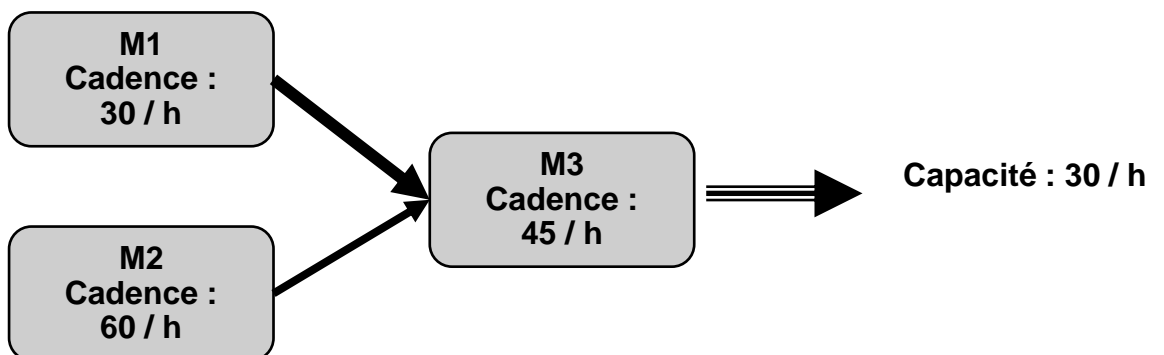
Exemple :





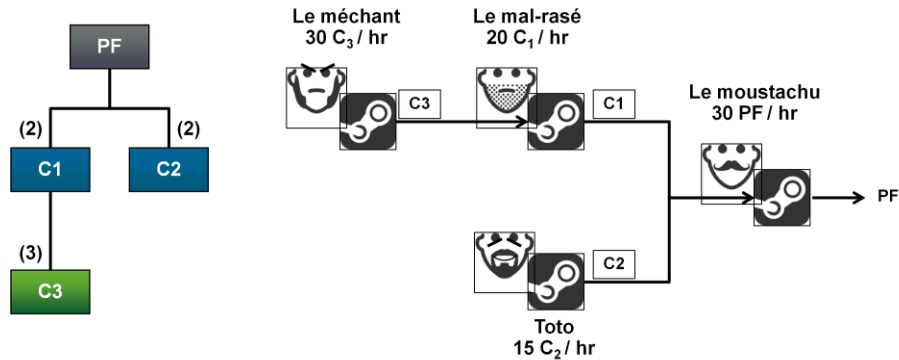
G et NG produisent des pièces qui doivent être assemblées et alimentent un poste de montage non goulet. À nouveau, on peut utiliser la ressource G à 100 %. Toutefois, si l'on active la ressource NG au-delà de 75 %, on va fabriquer des composants qui attendront devant le poste d'assemblage. Là encore, NG ne devrait pas être utilisée à plus de 75 % de son temps.

Exemple :



Goulets d'étranglement et TRG

- Combien de PF peut on assembler dans une journée de 8h ?
- Quel est le TRG de Toto ?



Le méchant peut produire à la cadence de 30/h donc, comme il faut 3 C₃ dans un C₂, il peut alimenter le mal-rasé pour un flux de 10/h.

Le mal rasé peut produire des C₁ à la cadence de 20/h, mais ne reçoit des composants que pour 10/h. Il travaillera donc à 50 % de sa capacité.

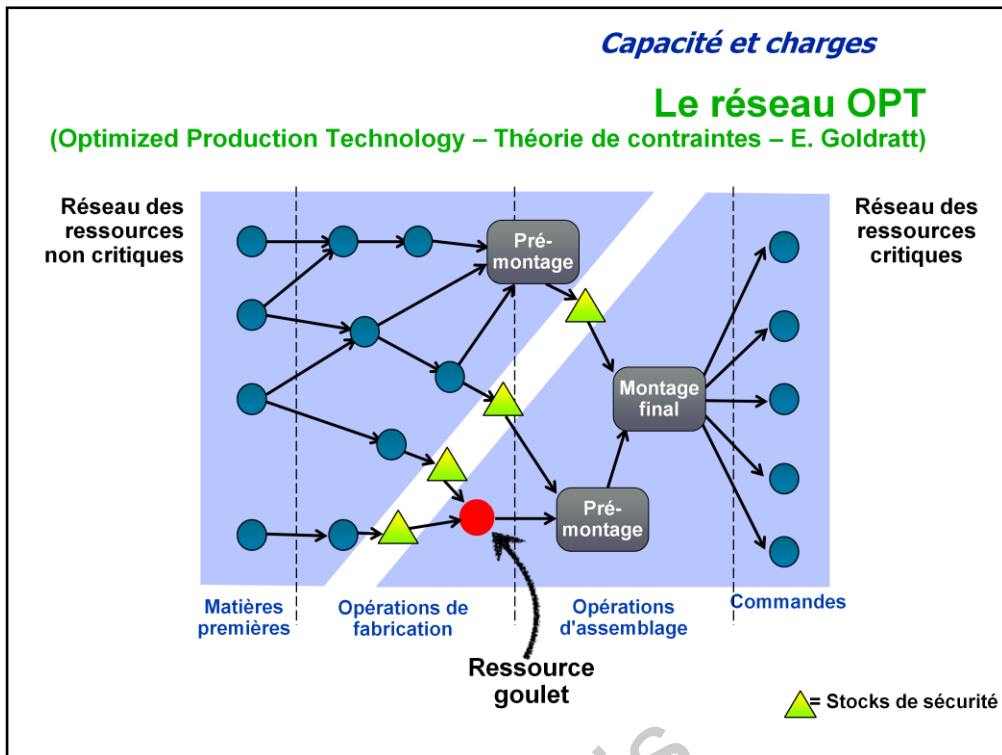
Le poste d'assemblage du moustachu a besoin de 2 C₁ et de 2 C₂ pour sortir un produit fini.

Il reçoit 2 C₁ à la cadence de 5/h et 2 C₂ à la cadence de 7,5/h.

Donc le flux de production en sortie sera de 5/h,

Cela correspond à la consommation de 10 C₂.

Le TRG de Toto sera donc de 10/15 soit 66 %.



La généralisation de la notion de ressource goulet se retrouve dans les concepts d'OPT (*Optimized Production Technology*). Conçue et développée par E. Goldratt dans les années 1980, cette méthode se présente comme une nouvelle vision de la planification visant à utiliser au mieux les capacités de production ; elle a fait l'objet de plusieurs applications, en particulier aux États-Unis, dans le domaine de l'automobile.

La première étape de la méthode consiste à définir un graphe complet du processus de transformation qui représente les relations entre les produits fabriqués et les ressources nécessaires. Par ressources on entend ici aussi bien les matières premières que la main-d'œuvre, les machines, les outillages, les engins de manutention, etc.

Dans une seconde étape, l'utilisateur différencie deux types de ressources : les ressources goulets ou critiques qui limitent la production et les ressources non-goulets qui présentent une surcapacité.

Capacité et charges

Quelques règles d'OPT

- **Équilibrer les flux et non les capacités**
- **Le niveau d'utilisation d'un non-goulot n'est pas déterminé par son propre potentiel mais par d'autres contraintes du système**
- **Utilisation et plein emploi d'une ressource ne sont pas synonymes**
- **Une heure perdue sur un goulot est une heure perdue sur tout le système**
- **Une heure gagnée sur un non goulot n'est qu'un leurre**
- **Les goulots déterminent à la fois le débit et les niveaux des stocks**

La philosophie de la méthode OPT peut se résumer par l'application de six règles :

1. Il faut équilibrer les flux et non les capacités. En effet, si un lot présente un certain retard, dû par exemple aux variations de temps opératoire autour de la valeur moyenne, celui-ci se propage tout au long de la chaîne de fabrication, même si chaque poste respecte la cadence prévue. Il ne sert à rien d'égaliser les capacités des différentes ressources, le retard demeure.
2. Le niveau d'utilisation d'un non-goulet n'est pas déterminé par son propre potentiel, mais par d'autres contraintes du système.
3. L'utilisation optimale d'une ressource ne correspond pas nécessairement à la saturation de sa capacité.
4. Une heure gagnée sur une ressource goulet se traduit par une capacité supplémentaire d'une heure pour tout le système de production. Inversement, une heure perdue sur un goulet est une heure perdue pour la capacité globale du système.
5. Une heure économisée sur une ressource non critique n'apporte rien sur le plan logistique.
6. Les ressources goulots déterminent le débit de sortie et les niveaux de stock. Il s'avère donc totalement inutile de lancer en production une quantité supérieure à la capacité de celles-ci, car on crée ainsi des encours supplémentaires.