



1

**Systèmes de production
(Operations Management)**

- Compétition industrielle sévère - Environnement industriel en perpétuelle changement \Rightarrow Réduire les coûts, améliorer la qualité, respecter les délais de livraison.
- Atteindre les objectifs stratégiques \Rightarrow Concevoir, gérer et piloter un système de production efficace et efficient.

```

graph TD
    PM[Production Management] --- OM[Operations management]
    OM --- D[Dimensionner les ateliers.]
    OM --- C[Concevoir un système de pilotage réactif]
    OM --- I[Définir une implémentation minimisant les transports et les manipulations.]
  
```

2

Plan Du Cours

Partie 1

- Chap 1: Produit - processus - système de production
- Chap 2: Elaboration d'un avant projet d'études de fabrication
- Chap 3: Conception d'un système informatique de pilotage
- Test
- TP5 SP: Cellule Flexible ENSAM

Partie 2

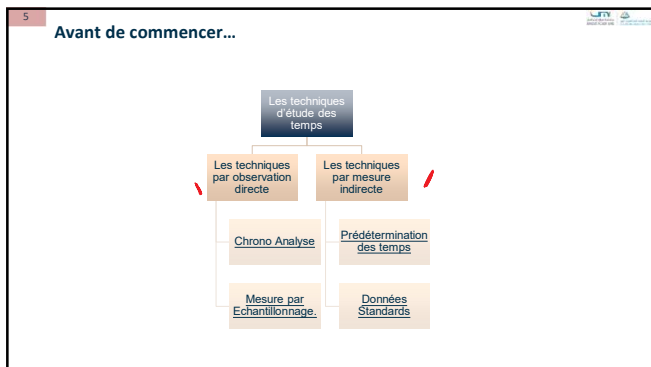
- Chap 4: Implantation d'un atelier de type Job shop
- Chap 5: Implantation d'un atelier de type flow shop - Equilibrage des lignes de production
- Chap 6: Mesure de Travail
- Examen

3

Chapitre 6

Mesure de Travail

4



5

Le Temps dans l'Industrie
Unités de temps

- Temps ?
- Unités de temps ?

Unités de temps classiques

- mois (m)
- semaine (sem)
- jour (j)
- heure (h)
- minute (min)
- seconde (s)

Unités de temps décimales

basé sur les heures

- Déciheure - dh $\frac{1}{10}h$
- Centiheure - ch $\frac{1}{100}h$
- Milliheure - mh $\frac{1}{1000}h$
- Décimilliheure - dmh $\frac{1}{10000}h$
- Centimilliheure - cmh $\frac{1}{100000}h$

sur les minutes

- Déciminute - dmin
- Centiminute - cmin
- ...

6

7 Le Temps dans l'Industrie
Unités de temps

Vous chronométrez un déchargement de palette avec un chronomètre gradué en cmn. Le résultat obtenu est 43 cmn. L'opérateur vous questionne afin de connaître ce temps. Vous lui exprimez en secondes :



25,80

7

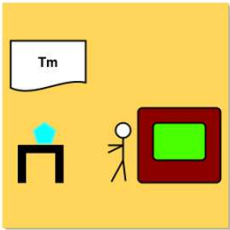
8 Le Temps dans l'Industrie
Types de temps

- Types de temps
 - Nature des temps (relation du temps à la ressource) ✓
 - Fréquences des temps (relation du temps à la production) ✓
 - Position des temps (relation des temps entre ressources) ✓

8

9 Le Temps dans l'Industrie
Types de temps

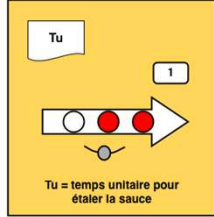
- Nature des temps (relation du temps à la ressource)
 - Tm temps manuel
 - Tt temps technologique ou temps machine
 - Ttm temps techno manuel



9

10 Le Temps dans l'Industrie
Types de temps

- Fréquences des temps (relation du temps à la production)
 - Tu temps unitaire
 - To temps occasionnel
 - Te temps étranger

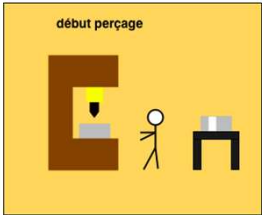


Tu = temps unitaire pour étaler la sauce

10

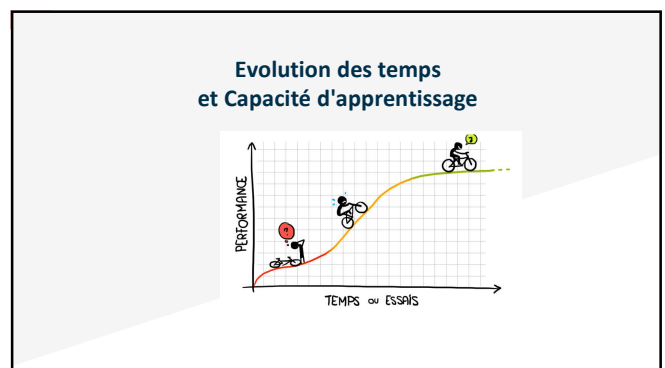
11 Le Temps dans l'Industrie
Types de temps

- Position des temps (relation des temps entre ressources)
 - Tz temps masqué
 - Tr temps résiduel
 - Tp temps prépondérant

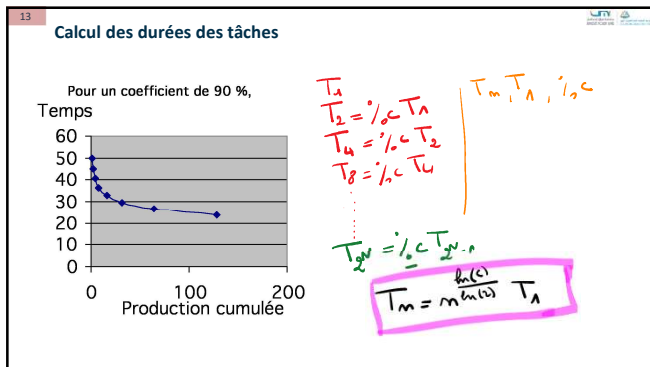


début perçage

11



12



13

14 Calcul des durées des tâches

- Cette diminution correspond à :
 - la capacité d'apprentissage des hommes,
 - Répétitions >> la tâche est de mieux en mieux préparée + les aléas de moins en moins nombreux.

14

15 Modèle Mathématique

- A chaque doublement du nombre de répétition de la tâche, sa durée de réalisation diminue d'un pourcentage constant %, appelé coefficient d'apprentissage.

T_n la durée de réalisation de la tâche au nième cycle,
 T_1 la durée de réalisation de la tâche réalisée pour la première fois,
 n le nombre de cycles où la tâche a été réalisée.

$$T_n = T_1 \cdot n^p$$

$$p = \frac{\ln \%c}{\ln 2}$$

15

16 Coefficients de la courbe d'apprentissage

Handwritten notes:

$$\% \text{ base} = \frac{2}{3} \% = 33.33\%$$

$$T_1 = 10h$$

$$T_3 = 10h \cdot 0.6667 = 6.667h$$

$$= 5.667h$$

% base	70 %	74 %	78 %	80 %	82 %	84 %	86 %	88 %	90 %	94 %	96 %
2	2.406	2.469	2.532	2.595	2.658	2.721	2.784	2.847	2.910	3.034	3.158
3	4.672	4.734	4.797	4.859	4.922	4.985	5.048	5.111	5.174	5.300	5.426
4	6.938	7.000	7.062	7.125	7.187	7.250	7.312	7.375	7.438	7.564	7.690
5	9.204	9.266	9.328	9.391	9.453	9.516	9.578	9.641	9.704	9.830	9.956
6	11.470	11.532	11.594	11.657	11.719	11.782	11.844	11.907	11.969	12.095	12.221
7	13.736	13.798	13.860	13.923	13.985	14.048	14.110	14.173	14.235	14.361	14.487
8	16.002	16.064	16.126	16.189	16.251	16.314	16.376	16.439	16.501	16.627	16.753
9	18.268	18.330	18.392	18.455	18.517	18.579	18.642	18.704	18.767	18.893	19.019
10	20.534	20.596	20.658	20.721	20.783	20.846	20.908	20.971	21.033	21.159	21.285
11	22.800	22.862	22.924	22.987	23.049	23.112	23.174	23.237	23.299	23.425	23.551
12	25.066	25.128	25.190	25.253	25.315	25.378	25.440	25.503	25.565	25.691	25.817
13	27.332	27.394	27.456	27.519	27.581	27.644	27.706	27.769	27.831	27.957	28.083
14	29.598	29.660	29.722	29.785	29.847	29.909	29.972	30.034	30.097	30.223	30.349
15	31.864	31.926	31.988	32.051	32.113	32.175	32.238	32.300	32.363	32.489	32.615
16	34.130	34.192	34.254	34.317	34.379	34.442	34.504	34.567	34.629	34.755	34.881
17	36.396	36.458	36.520	36.583	36.645	36.708	36.770	36.833	36.895	37.021	37.147
18	38.662	38.724	38.786	38.849	38.911	38.974	39.036	39.099	39.161	39.287	39.413
19	40.928	40.990	41.052	41.115	41.177	41.239	41.302	41.364	41.427	41.553	41.679
20	43.194	43.256	43.318	43.381	43.443	43.506	43.568	43.631	43.693	43.819	43.945
21	45.460	45.522	45.584	45.647	45.709	45.772	45.834	45.897	45.959	46.085	46.211
22	47.726	47.788	47.850	47.913	47.975	48.038	48.100	48.163	48.225	48.351	48.477
23	49.992	50.054	50.116	50.179	50.241	50.304	50.366	50.429	50.491	50.617	50.743
24	52.258	52.320	52.382	52.445	52.507	52.569	52.632	52.694	52.757	52.883	53.009
25	54.524	54.586	54.648	54.711	54.773	54.836	54.898	54.961	55.023	55.149	55.275
26	56.790	56.852	56.914	56.977	57.039	57.102	57.164	57.227	57.289	57.415	57.541
27	59.056	59.118	59.180	59.243	59.305	59.368	59.430	59.493	59.555	59.681	59.807
28	61.322	61.384	61.446	61.509	61.571	61.634	61.696	61.759	61.821	61.947	62.073
29	63.588	63.650	63.712	63.775	63.837	63.899	63.962	64.024	64.087	64.213	64.339
30	65.854	65.916	65.978	66.041	66.103	66.166	66.228	66.291	66.353	66.479	66.605
31	68.120	68.182	68.244	68.307	68.369	68.432	68.494	68.557	68.619	68.745	68.871
32	70.386	70.448	70.510	70.573	70.635	70.698	70.760	70.823	70.885	71.011	71.137
33	72.652	72.714	72.776	72.839	72.901	72.964	73.026	73.089	73.151	73.277	73.403
34	74.918	74.980	75.042	75.105	75.167	75.229	75.292	75.354	75.417	75.543	75.669
35	77.184	77.246	77.308	77.371	77.433	77.496	77.558	77.621	77.683	77.809	77.935
36	79.450	79.512	79.574	79.637	79.699	79.762	79.824	79.887	79.949	80.075	80.201
37	81.716	81.778	81.840	81.903	81.965	82.028	82.090	82.153	82.215	82.341	82.467
38	83.982	84.044	84.106	84.169	84.231	84.294	84.356	84.419	84.481	84.607	84.733
39	86.248	86.310	86.372	86.435	86.497	86.559	86.622	86.684	86.747	86.873	87.000
40	88.514	88.576	88.638	88.701	88.763	88.826	88.888	88.951	89.013	89.139	89.265
41	90.780	90.842	90.904	90.967	91.029	91.092	91.154	91.217	91.279	91.405	91.531
42	93.046	93.108	93.170	93.233	93.295	93.358	93.420	93.483	93.545	93.671	93.797
43	95.312	95.374	95.436	95.499	95.561	95.624	95.686	95.749	95.811	95.937	96.063
44	97.578	97.640	97.702	97.765	97.827	97.889	97.952	98.014	98.077	98.203	98.329
45	99.844	99.906	99.968	100.031	100.093	100.156	100.218	100.281	100.343	100.469	100.595

Source : R. W. Conway et Andrew Schmitt, Jr., « The Manufacturing Progress Function », *Journal of Industrial Engineering*, vol. 10, n° 1, janvier-février 1959, p. 39-54 ; et Thomas E. Vollman, *Operations Management*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Mass., 1973, p. 101-104. Révisé avec l'autorisation de AIEE et de Addison-Wesley.

16

17 Calcul du coefficient d'apprentissage

- La difficulté = détermination du coefficient d'apprentissage pour l'entreprise.
- %c est supposé constant pour une même personne ou un même groupe de personne.
- Pour définir %c, il faut donc s'appuyer sur l'expérience de tâches précédentes.
- Mais attention, en cas de changement de personnel, il faut redéfinir le %c.

17

18 La mesure directe : Chronométrage

18

19

chronométrage (la mesure directe)

- Il s'agit de mesurer une succession de tâches réalisées par un exécutant sur un poste de travail existant.

19

20

Etude de Temps

- La mesure directe est :
 - une observation directe et continue d'une tâche,
 - en utilisant un dispositif de chronométrage (par exemple, chronomètre, chronomètre électronique assistée par ordinateur, et caméra vidéo)
 - pour enregistrer le temps nécessaire pour accomplir une tâche.

20

21

Matériels de chronométrage

21

22

Méthodologie du Chronométrage

- comprendre l'objectif du chronométrage (QOQCP)
- expliquer aux opérateurs l'objectif et les conditions
- Identifier les séquences
- définir le nombre de chronométrages à réaliser
- Etablir la feuille de chronométrage
- Chronométrer les tâches et compléter la feuille de chronométrage

22

23

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 1 : comprendre l'objectif du chronométrage (QOQCP)

Poste manuel : déterminer les temps opératoires d'un poste de mise en sac de salades afin d'améliorer l'organisation du travail. Actuellement, l'entreprise constate de grosses disparités dans les charges de travail hebdomadaires et le stress inhérent aux "grosses journées" a des conséquences directes sur la non qualité des produits.

QOQCP ?

23

24

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 2 : expliquer aux opérateurs l'objectif et les conditions

- Instaurer un climat de confiance
- Choisir des personnes qualifiées
- Préparer l'opérateur au chronométrage
- Ne pas se "cacher" pour chronométrer
- Position du chronométrage

24

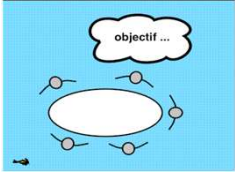
25

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 2 : expliquer aux opérateurs l'objectif et les conditions

Réunion

- › l'observateur et la direction expliquent:
 - › le besoin de réaliser cette étude.
 - › les conditions dans lesquelles elle va se dérouler
- › Les opérateurs posent des questions
- › l'observateur et la direction prennent soin de répondre à chacune point par point..



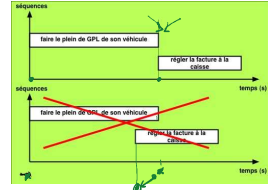
25

26

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 3 : Identifier les séquences

› Chaque séquence doit être identifiée par un verbe, un top de début et un top de fin.



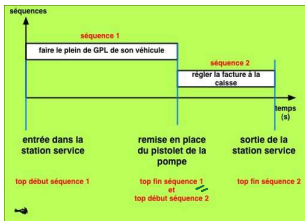
26

27

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 3 : Identifier les séquences

› Chaque séquence doit être identifiée par un verbe, un top de début et un top de fin.



27

28

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 3 : Identifier les séquences

› Règles de choix des séquences :

- › Etre identifiable parfaitement. Les tops de début et de fin doivent être évidents.
- › Eviter les séquences de durée très courte
- › Former un tout, ne pas couper en 2 des mouvements naturellement enchaînés tels que tendre le bras et saisir un objet.
- › Distinguer les séquences manuelles des séquences machines.
- › Si les 2 types de séquences ont lieu simultanément, il est nécessaire d'observer la partie manuelle, la partie machine et les liens entre les 2. Ceci permettra par la suite d'apporter des majorations de temps aux durées obtenues.
- › Séparer les séquences constantes et variables.
- › Les séquences étrangères ou occasionnelles doivent être clairement identifiées.

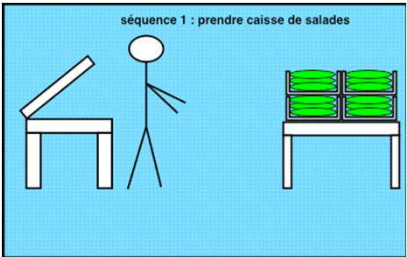
Concrètement, le chronométrateur ne doit pas avoir d'ambiguïté sur ce qu'il doit observer.

28

29

Méthodologie du Chronométrage

séquence 1 : prendre caisse de salades

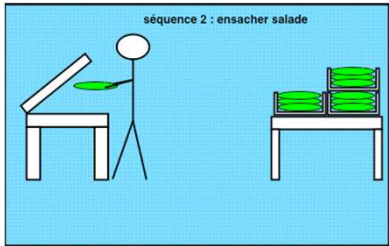


29

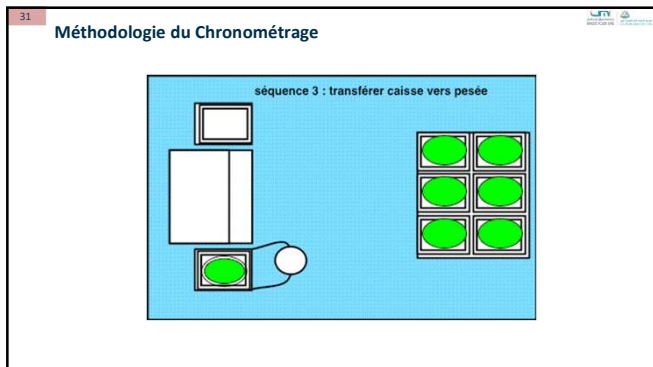
30

Méthodologie du Chronométrage

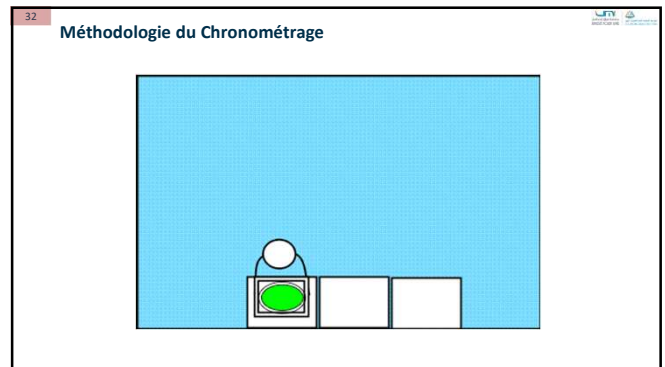
séquence 2 : ensacher salade



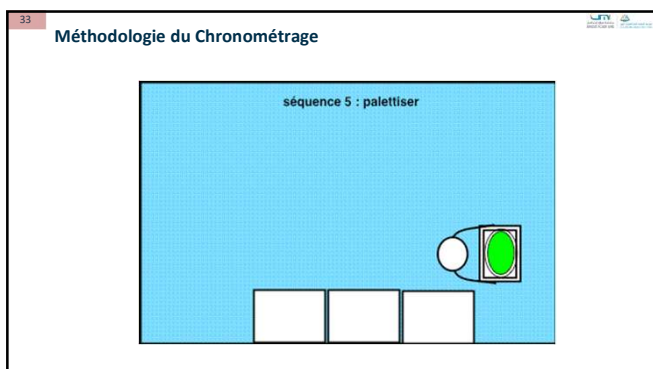
30



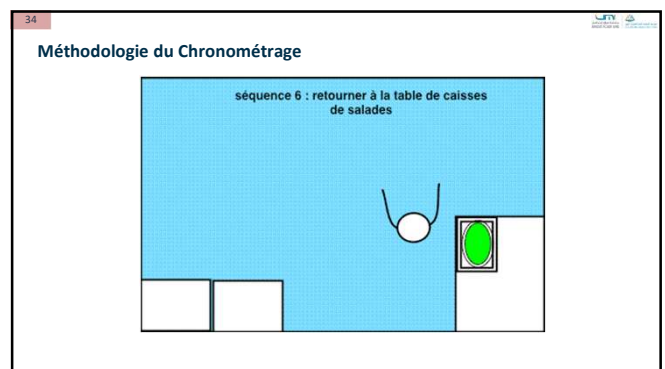
31



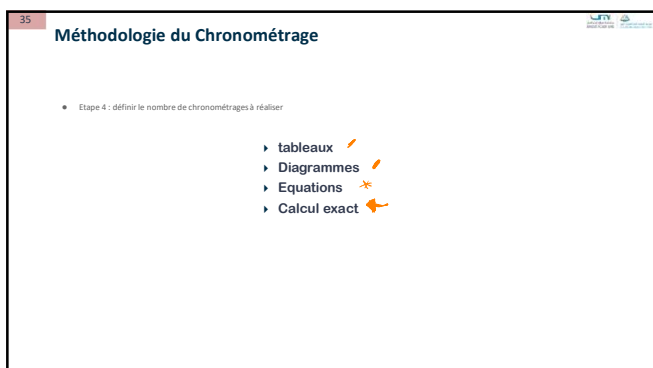
32



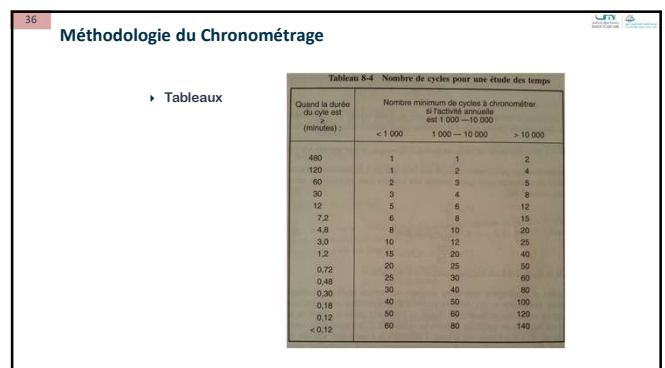
33



34



35



36

37

Méthodologie du Chronométrage

► Diagrammes

Le graphique illustre la relation entre le Coefficient de variation (pourcentages) sur l'axe des abscisses (logarithmique, de 1 à 100) et la Taille de l'échantillon sur l'axe des ordonnées (logarithmique, de 1 à 1000). Une courbe ascendante est tracée, avec des annotations indiquant des coefficients de variation de 10% et 20%.

37

38

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 4 : définir le nombre de chronométrages à réaliser

► Equations

- Réaliser N chronométrages préliminaires
- Calculer les caractéristiques de cet échantillon : moyenne \bar{m} et écart type σ
- Déterminer le nombre n d'observations à réaliser pour avoir un niveau de confiance de 95% et une marge d'erreur de $\pm 5\%$

$$n = \left[\frac{40 \cdot s}{m} \right]^2$$

(1) Formule approchée

38

39

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 4 : définir le nombre de chronométrages à réaliser

► Calcul exact

Poste manuel :
Exemple de la séquence 1 :
5 pré-observations sont faites au préalable.

Calcul exact

prendre caisse de salades				
temps 1	temps 2	temps 3	temps 4	temps 5
13 s	11 s	14 s	12 s	13 s

39

40

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 5 : Etablir la feuille de chronométrage

feuille de chronométrage			
séquence	temps 1	temps 2	temps ...
prendre caisse de salades			
ensacher salade			
transférer caisse vers pesée			
peser sac			
palettiser (mettre caisse sur palette)			
retourner à la table de caisse de salades			

40

41

Méthodologie du Chronométrage

- Etape 6 : Chronométrer les tâches et compléter la feuille de chronométrage

feuille de chronométrage - durées des séquences en secondes			
séquence	durée 1	durée 2	durée 3
prendre caisse de salades	13	11	14
ensacher salade	8	8	8
transférer caisse vers pesée	14	13	14
peser sac	7	6	6
palettiser (mettre caisse sur palette)	13	13	15
retourner à la table de caisse de salades	8	7	8

41

42

Détermination du temps observé To

- Les temps bruts obtenus par chronométrage sont appelés temps observés To.

$$T_o = \text{Temps chronométré} = \text{Temps observé}$$

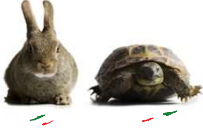
► Chaque temps manuel ou techno-manuel va être corrigé. Il faut donc conserver le résultat de chaque observation.

42

43

Détermination du temps normal

- Les aptitudes de chaque être humain étant **différentes** d'un individu à l'autre, il faut savoir **recalibrer** les valeurs chronométrées, afin qu'elles soient réalisables par le plus grand nombre.




43

44

- Un chronométrateur doit être formé afin de porter un **jugement d'allure** sur l'individu qu'il est en train de chronométrer. Il obtiendra ainsi un temps appelé :

le temps à l'allure 100



$\checkmark \quad \bar{J}A = 100$
 $\bar{J}A = 80$
 \hookrightarrow lente
 $\bar{J}A = 120$
 \hookrightarrow rapide

44

45

Détermination du temps normal

- L'opérateur observé travaille à une allure qui peut être différente de celle d'un **opérateur qualifié et expérimenté** travaillant à une **allure normale** appelée allure 100.

$$\text{Temps normale} = \frac{\text{Temps observé} \times \text{allure de l'opérateur}}{100}$$

$\swarrow \bar{J}A$

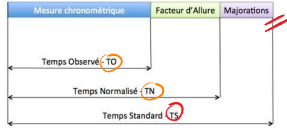
type d'opérateur	temps observé T_o	$\bar{J}A$	temps normal T_n
opérateur peu expérimenté	0,75 min	80	0,9 min
opérateur très expérimenté	0,5 min	120	0,6 min

45

46

Détermination du temps standard

- Le temps normal est majoré afin de prendre en compte:
 - les arrêts de l'opérateur pour besoins personnels,
 - la fatigue de l'opérateur,
 - les aléas de la production,



$$\times \frac{\bar{J}A}{100}$$

46

47

Détermination du temps standard

$$\text{Temps Standard} = \text{Temps Normale} \times \text{Facteur de Tolérance}$$

\checkmark

Temps de Travail \leftarrow 7,5 h $\xrightarrow{20\text{m}}$ $\xrightarrow{8h}$ Temps Total

FT

$FT?$

47

48

Calcul de FT

- Si la tolérance est un pourcentage du **temps total**

$$FT = \frac{1}{1 - \% T_{\text{Total}}}$$

- Si la tolérance est un pourcentage du **temps de travail**

$$FT = 1 + \% T_{\text{Travail}}$$

48

49

Exemple

- Un travail dont on étudie les temps bénéficie d'une tolérance de 20 minutes par poste de 8 heures pour les pauses et de 28 minutes pour les retards inévitables.
- Calculer le facteur de tolérance par les deux méthodes.

49

50

Détermination du temps standard

Temps Standard =
Temps Normale * (1+majorations%)

50

51

Exemple

- Une situation observée peut être notée de la façon suivante :

51

52

Exemple

- En ne prenant en compte que la position de l'opérateur et la masse de la charge manipulée, le temps standard se détermine à partir des coefficients (issus de tables)

Séquences	Tn (cmin)	position	majoration %	temps standard (cmin)
nettoyer table	140		3	144,2
installer porte-pièce	42		5	44,1
mesurer pièce	105		0	105

$T_N = (1 + \%)$

52

53

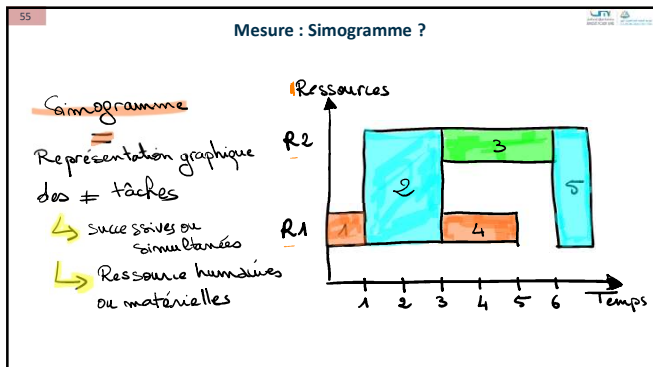
Observations instantanées ?

- Connaître la répartition des activités pour une ressource donnée, le tout sans recourir à une observation continue.

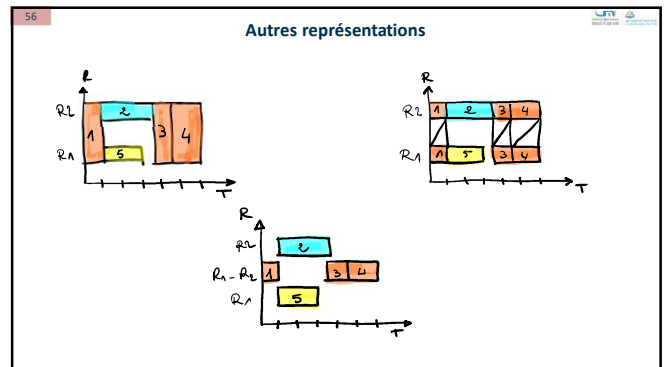
53

Outils de représentation des temps

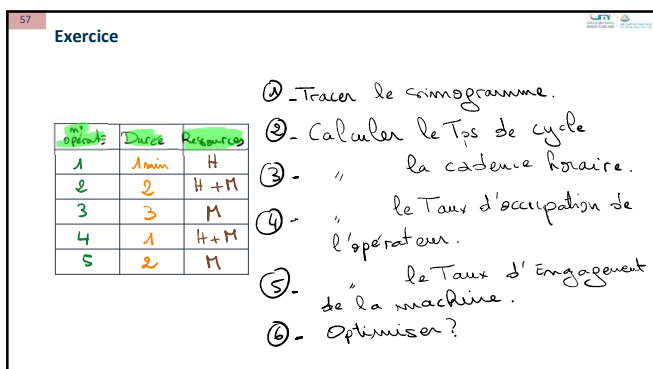
54



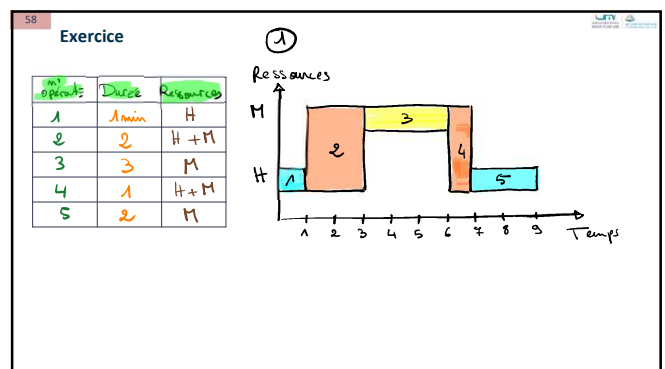
55



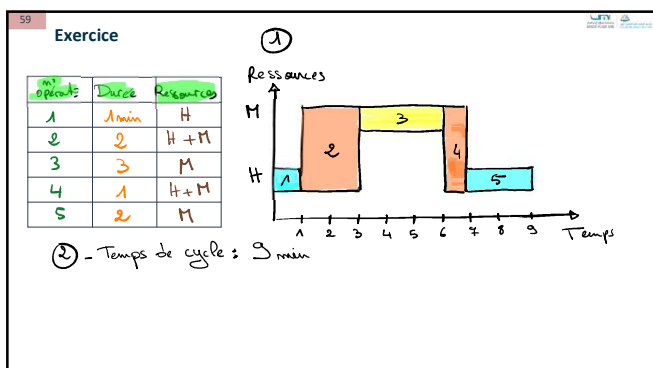
56



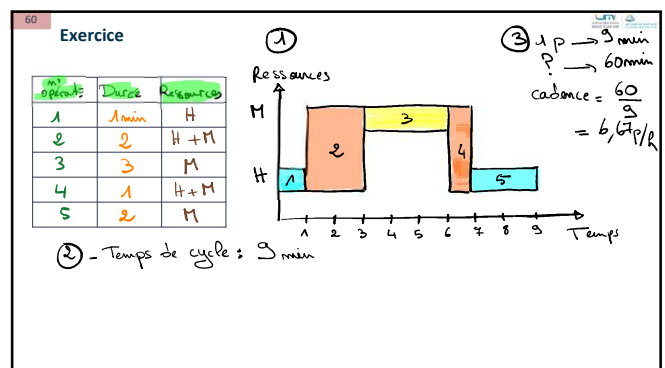
57



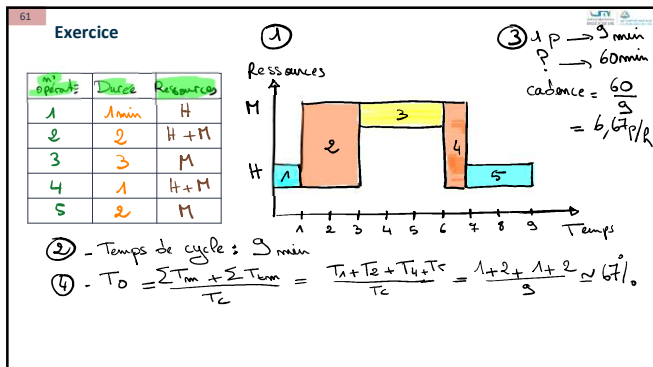
58



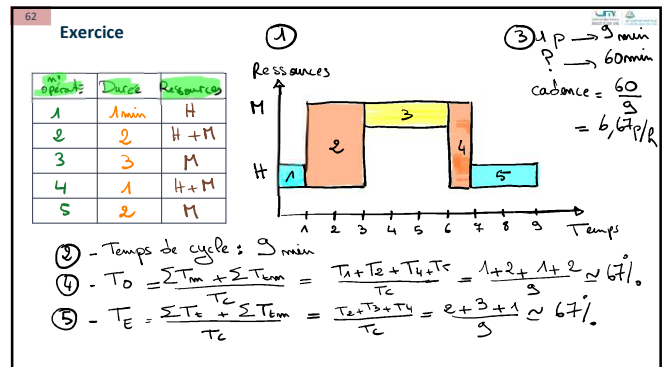
59



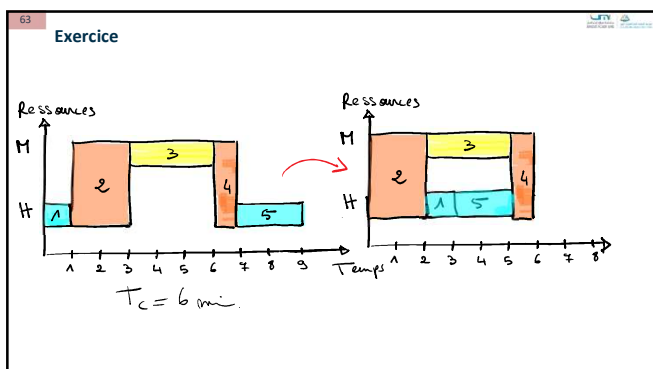
60



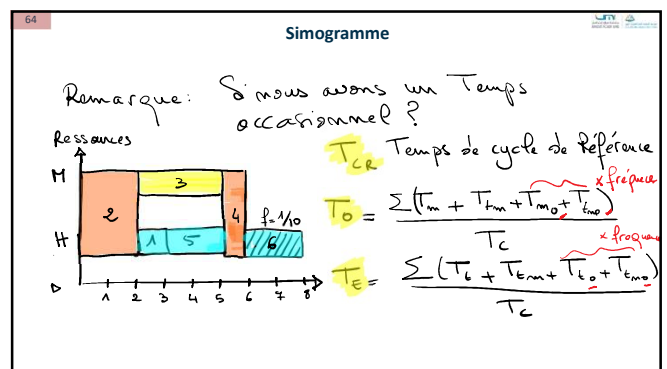
61



62



63



64