

Chapitre 3

Mécanique appliquée aux mouvements de Levage

C'est la mécanique, partie de la physique, qui étudie le mouvement des corps et les forces auxquelles ils sont soumis. La mécanique exige des définitions précises de grandeurs telles que le déplacement, le temps, la vitesse, l'accélération, la masse ou la force.

Aussi, il semble indispensable de rappeler dans cet ouvrage quelques unes de ces règles et définitions avant d'aborder la partie électrique de la détermination des entraînements engins.

Après ces rappels de fondamentaux nous décrirons les composants principaux des chaînes cinématiques des engins de Levage, puis nous utiliserons ces bases théoriques pour dimensionner les entraînements et cela à partir d'exemples réels d'applications rencontrées en Levage Portuaire. Ces applications sont tout à fait représentatives et la démarche utilisée pourra évidemment être reprise pour le dimensionnement des entraînements d'autres engins de manutention ou de transport tels que : téléphérique, ascenseur, pont roulant, etc.).

3.1. Généralités sur les mouvements d'une charge dans l'espace

Les appareils de levage que nous considérerons sont ceux que l'on utilise pour déplacer des charges dans les trois dimensions d'un espace défini. L'atteinte d'un point quelconque de cet espace est obtenue par la conjugaison de différents mouvements :

- un mouvement de levage pour faire varier la hauteur de la charge, axe y (montée et descente).
- au moins deux mouvements horizontaux pour balayer l'aire desservie axes x et z (avant et arrière, gauche et droite).

Il est fréquent que les conducteurs combinent plusieurs de ces mouvements afin d'optimiser les temps de cycle des engins.

3.2. Rappels de cinématique

La cinématique étudie les mouvements d'un mobile, par rapport à un repère de référence, en fonction du temps indépendamment des causes qui les produisent. Elle a pour but de préciser les trajectoires et les lois horaires.

➤ Trajectoire :

La trajectoire d'un mobile (point matériel) est le lieu géométrique des positions successives occupées par le mobile au cours du temps par rapport au repère choisi. Elle est définie par trois fonctions du temps : $\mathbf{x}(t)$, $\mathbf{y}(t)$ et $\mathbf{z}(t)$ qui permettent de déterminer l'équation horaire du mouvement $\mathbf{s} = \mathbf{f}(t)$.

On appelle s l'abscisse curviligne qui est égale à la longueur de l'arc M_0M , M_0 étant la position initiale du mobile.

➤ Position du point matériel :

La position du point matériel peut être définie au cours du temps en fonction du vecteur position :

$$\overrightarrow{OM} = \mathbf{r}(t)$$

3.2.1. Mouvement de translation rectiligne

3.2.1.1. Définitions

Considérons que le mobile M de la figure ci-dessous soit animé par un mouvement rectiligne de telle sorte qu'à l'instant t_1 sa position soit en A_1 et au temps t_2 sa position soit en A_2 .

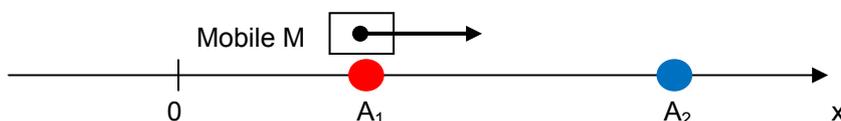


Fig. 3.2.1

a) vitesse

La **vitesse** moyenne d'un mobile entre deux instants t_1 et t_2 correspond à la distance parcourue par celui-ci durant cet intervalle de temps, divisée par la durée correspondante $t_2 - t_1$ soit :

$$V_m = (A_2 - A_1) / (t_2 - t_1) \quad V_m = \Delta x / \Delta t$$

La vitesse instantanée de ce mobile à l'instant t est la limite de V_m quand Δt tend vers 0 : $v = dx / dt$; c'est la dérivée de l'abscisse par le temps.

Ces vitesses s'expriment en mètres par seconde (m/s).

b) accélération

L'**accélération** d'un corps représente la variation de sa vitesse divisée par la durée correspondant à cette variation. On définit de même accélération moyenne et accélération instantanée.

$$\gamma_m = (V_2 - V_1) / (t_2 - t_1) \quad = \Delta v / \Delta t$$

L'accélération instantanée à l'instant t est la limite de γ_m quand Δt tend vers 0 :

$$\gamma = dv / dt = d^2x / dt^2$$

L'accélération se mesure en mètres par seconde carrée (m/s²).

La vitesse et l'accélération d'un corps s'expriment sous forme vectorielle. Ces vecteurs fournissent donc des renseignements sur la valeur, la direction et le sens de la vitesse ou de l'accélération du mobile.

Une accélération correspondant à une diminution de la vitesse est appelée *décélération*.

3.2.1.2. Mouvement de translation rectiligne uniforme (MTRU)

Dans ce cas, le mobile se déplace à vitesse constante v_0 , sa vitesse instantanée est égale à tout instant à sa vitesse moyenne. L'accélération est nulle, l'abscisse du mobile est alors une primitive de la vitesse :

$$x = v_0 \cdot t + x_0 \quad \text{avec } x_0 \text{ l'abscisse (distance) à l'origine.}$$

3.2.1.3. Mouvement de translation rectiligne uniformément varié (MTRUV)

Dans ce cas, l'accélération est constante : $\gamma = dv / dt = k$

La vitesse du mouvement de translation s'exprime par la relation :

$$v = \gamma t + v_0 \quad \text{avec } v_0 \text{ la vitesse à l'instant initial.}$$

- Si γ est > 0 , la vitesse augmente (phase d'accélération du mobile) ;
- Si γ est < 0 , la vitesse diminue (phase de ralentissement ou encore de freinage du mobile)

L'équation horaire a alors pour expression :

$$x = \frac{1}{2} \gamma t^2 + v_0 t + x_0$$

3.2.2. Mouvement de rotation

3.2.2.1. Définitions

Dans le cas d'un mouvement circulaire, le déplacement du mobile peut être repéré par son abscisse curviligne $A_1 A_2 = S$, ou par l'angle de rotation $\alpha = S / R$.

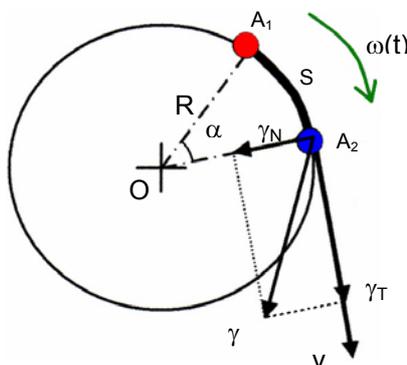


Fig. 3.2.2

La **vitesse angulaire** moyenne du mobile entre deux instants t_1 et t_2 correspond à l'angle balayé par celui ci durant cet intervalle de temps, divisée par la durée correspondante $t_2 - t_1$ soit :

$$\omega_m = (\alpha_2 - \alpha_1) / (t_2 - t_1) \quad \omega_m = \Delta\alpha / \Delta t$$

La vitesse instantanée de ce mobile à l'instant t est la limite de ω_m quand Δt tend vers 0 : $\omega = d\alpha / dt$; c'est la dérivée de l'angle balayé par le temps.

Les vitesses angulaires s'expriment en radians par seconde (rd/s).

Si la vitesse de rotation est donnée en nombre de tours par minute N , la conversion s'effectue par l'expression :

$$\omega = 2 \pi N / 60$$

Le vecteur vitesse v a pour mesure

$$v = R d\alpha / dt = R \omega$$

On peut décomposer l'**accélération** en deux composantes :

- une composante tangentielle $\gamma_T = R d^2\alpha / dt^2 = R d\omega / dt$
- une composante normale $\gamma_N = R \omega^2 = v^2 / R$

3.2.2.2. Mouvement de rotation uniforme (MRU)

Lorsque le mobile se déplace à une vitesse constante \vec{v} sur un cercle de rayon R , il aura uniquement une accélération normale γ_N , dirigée vers le centre du cercle, qu'on nomme accélération centripète.

3.2.2.3. Mouvement de rotation uniformément varié (MRUV)

Dans ce cas, l'accélération angulaire est constante : $\gamma_a = d\omega / dt = k$

La vitesse angulaire s'exprime par la relation :

$$\omega = \gamma_a t + \omega_0 \quad \text{avec } \omega_0 \text{ la vitesse à l'instant initial.}$$

- Si γ_a est > 0 , la vitesse augmente (phase d'accélération du mobile) ;
- Si γ_a est < 0 , la vitesse diminue (phase de ralentissement ou encore de freinage du mobile)

L'équation horaire a alors pour expression :

$$\alpha = \frac{1}{2} \gamma_a t^2 + \omega_0 t + \alpha_0$$