

République du Cameroun  
Republic of Cameroon

Université de  
Yaoundé I



University of  
Yaounde I

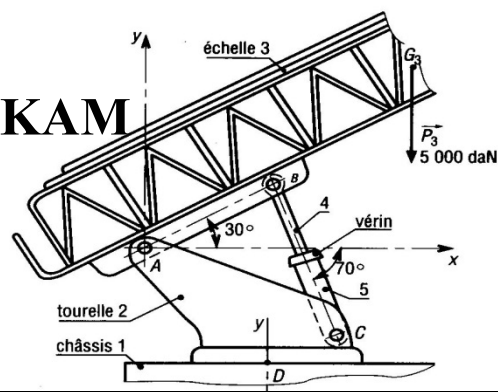
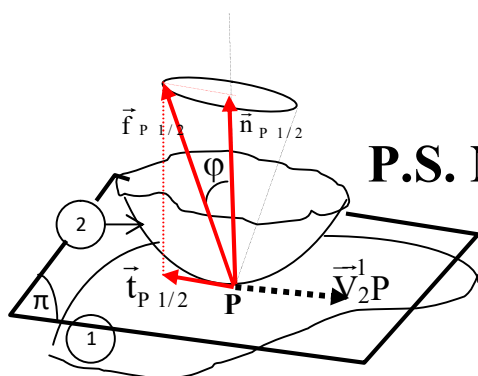
# STATIQUE DU SOLIDE

## *STATIQUE GRAPHIQUE* *- EXERCICES RESOLUS -*

Ressource Pédagogique Mise en Ligne

Par

**P.S. NGOHE-EKAM**



**Ecole Nationale  
Supérieure Polytechnique de Yaoundé**



# PREAMBULE

Suite à la menace de propagation du Covid-19 (Corona virus Disease) dont le premier cas de contamination a été déclaré au mois de mars 2020 au Cameroun, des mesures sanitaires ont été édictées par monsieur le Recteur de l'Université de Yaoundé I, puis renforcées par une sortie médiatisée de monsieur le Premier Ministre (PM) du Cameroun. Le point commun de l'allocution de ces deux personnalités et relatif à l'enseignement supérieur fut la fermeture des établissements d'enseignement, dont l'Université de Yaoundé.

Monsieur le Recteur de l'Université de Yaoundé I, dans le souci que la fermeture de l'UY I ne soit pas une perche tendue aux étudiants paresseux pour se laisser aller à un certain sommeil intellectuel, instruit alors que les enseignants « mettent en ligne » leurs cours grâce au serveur du Centre Universitaire des Technologies de l'Information (CUTI) de l'UY I et que les étudiants visitent ce serveur à volonté pour télécharger les ressources pédagogiques (puisque c'est le terme le plus approprié) que les enseignants y auront déposé, ce téléchargement devant permettre aux étudiants de continuer d'apprendre (à domicile) pendant la période de pseudo-confinement décrétée par monsieur le PM.

C'est ainsi que le présent document est conçu et mis en forme par l'auteur. Ce document fait partie de l'enseignement dispensé par l'auteur aux étudiants de niveau II de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de l'UY I. L'auteur a valablement sectionné cet enseignement en modules qui constitueraient des chapitres de cours en présentiel. Et pour chaque module l'enseignant a produit trois documents en vue de faciliter l'apprentissage à distance :

- Des notes de cours
- Des exercices corrigés
- Des exercices non corrigés

L'idée principale du sectionnement de l'enseignement est de guider au mieux l'apprenant dans l'organisation de sa mémoire cognitive. En effet, il n'est pas bien d'exiger de l'apprenant une concentration trop longue, dépassant les six minutes reconnues par la plupart des experts en pédagogie, sans activité de restitution par exemple. L'apprenant est ainsi invité à ne pas rester trop longtemps sur les parties cours et exercices corrigés ; il peut y revenir en tant que de besoin. Cependant le traitement des exercices non corrigés étant une phase d'extériorisation de la connaissance emmagasinée, l'apprenant pourra et devrait y passer assez de temps de travail.

L'interaction de l'enseignant avec les apprenants est rendue possible grâce aux fora (plateformes d'enseignement à distance, groupe Whatsapp, liste de distribution par email, etc.) divers dans lesquels les apprenants sont invités à s'inscrire.

Pour finir, nous signalons que l'organisation actuelle de cet enseignement n'est pas vraiment une mise en ligne de cours, encore moins un MOOC, comme cela est fait dans la plupart des plateformes d'enseignement à distance. Nous essayons de faire une mise en ligne des ressources (dans le serveur de l'UY I), mais une mise en ligne suggérant une sorte de protocole d'apprentissage aux étudiants.

Yaoundé, le 21 mars 2020,

P.S. NGOHE-EKAM

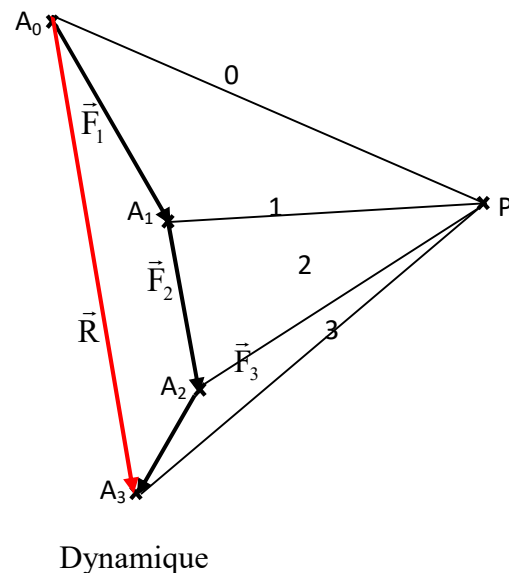
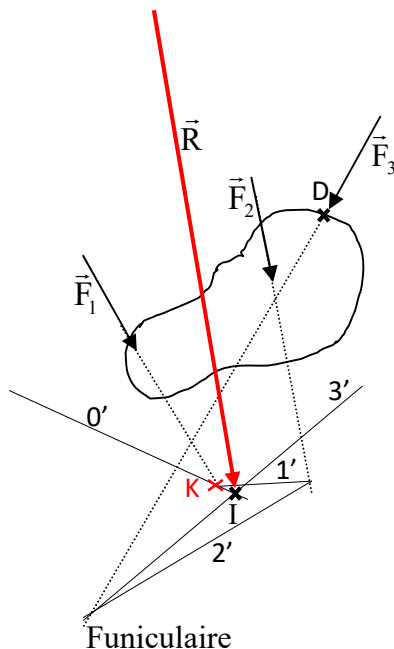
# EXERCICES RESOLUS DE STATIQUE GRAPHIQUE

Pour une application des méthodes graphiques présentées dans la partie cours, nous donnons ici des exemples/exercices guidés que l'étudiant gagnerait à résoudre sur papier et avec une échelle, suivant les indications qui y sont données.

## Exercice résolu sur le dynamique et le funiculaire : Résultante d'un ensemble de forces

Soit à déterminer la résultante de trois forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  de modules  $F_1 = 40\text{kN}$ ,  $F_2 = 30\text{kN}$  et  $F_3 = 20\text{kN}$  s'exerçant sur un solide (S). Tracé du dynamique et du funiculaire.

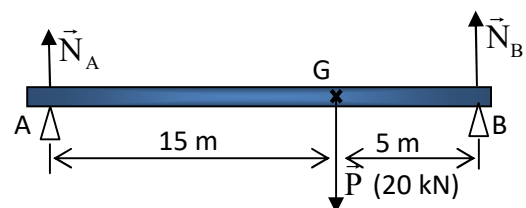
- Echelle :  $\frac{10\text{ kN}}{\text{cm}}$



## Exercice résolu sur le dynamique et du funiculaire : équilibre sous l'action de forces parallèles

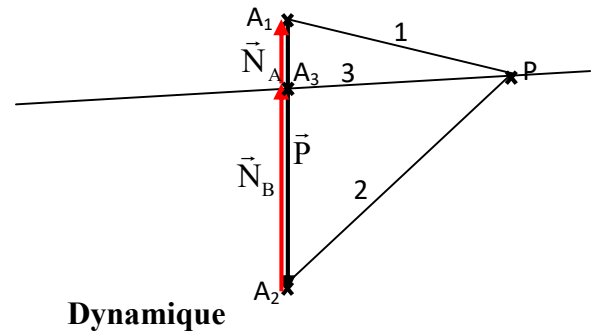
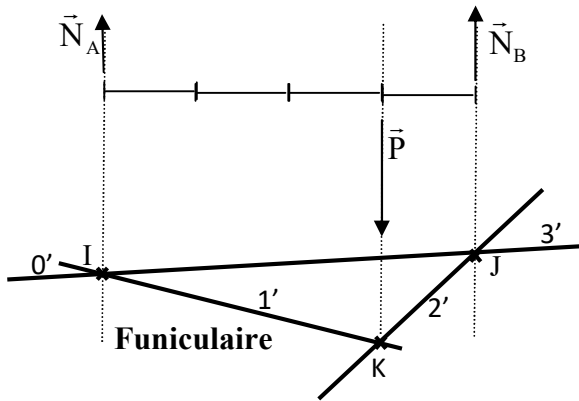
Soit à déterminer les actions normales  $\vec{N}_A$  et  $\vec{N}_B$  aux deux appuis supportant une poutre non homogène.

En se plaçant dans le plan (de symétrie) longitudinal, on peut supposer qu'on a un problème de statique plane.



Echelle :  $\frac{5\text{ m}}{\text{cm}}$

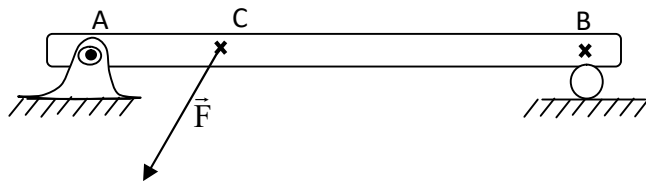
Echelle :  $\frac{5\text{ kN}}{\text{cm}}$



### Exercice résolu sur le dynamique et du funiculaire : équilibre sous l'action de forces concourantes

Soit une poutre, articulée en A et en appui simple en B, et sollicitée par une charge inclinée de 40 kN en C. On veut déterminer les actions  $\vec{A}$  et  $\vec{B}$  exercées par les appuis en A et B.

Direction et module de  $\vec{A}$  sont inconnus ;  $\vec{B}$  est verticale, mais de module inconnu.



Construction : (Ordre à respecter pour le tracé)

#### ➤ Sur le dynamique :

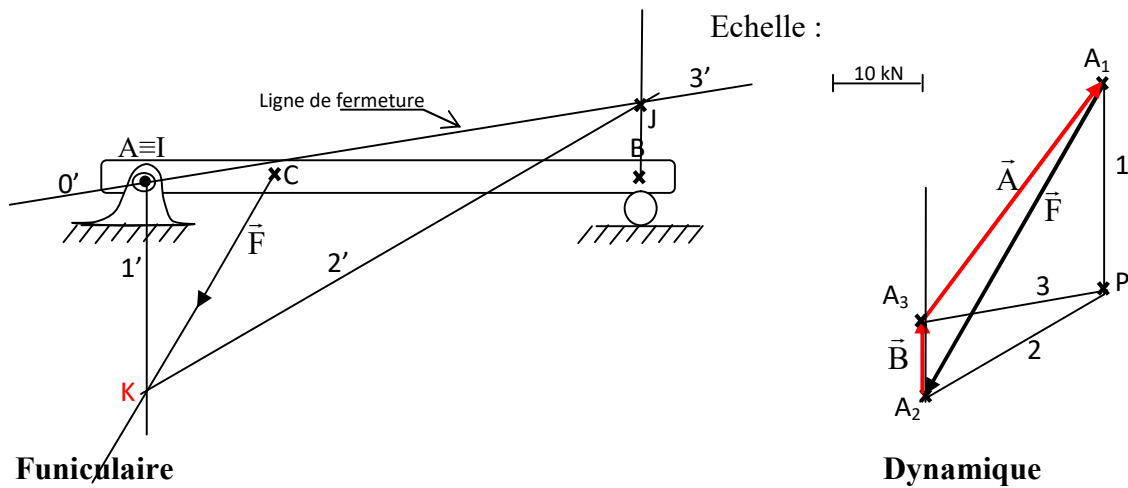
- Choix d'une échelle des forces
- Tracé de  $\vec{F} = \overrightarrow{A_1A_2}$
- Choix d'un pôle P
- Tracé des rayons polaires (1) et (2) par  $PA_1$  et  $PA_2$
- Matérialiser la direction de  $\vec{B}$  à partir de  $A_2$ .
- Aller au funiculaire

#### De retour du funiculaire :

- Tracé du rayon polaire  $PA_3$  (0 et 3) parallèle à AJ ;  $A_3$  est l'intersection de la direction de  $\vec{B}$  avec la droite issue de P et parallèle à la ligne de fermeture
- Dédurre les force  $\vec{B} = \overrightarrow{A_2A_3}$  et  $\vec{A} = \overrightarrow{A_3A_1}$

#### ➤ Sur le plan funiculaire

- Tracé de 1', parallèle à 1 et issu de  $A \equiv I$
- 1' rencontre  $\vec{F}$  en K.
- Tracé de 2' parallèle à 2 et issu de K ; il rencontre la direction de  $\vec{B}$  en J.
- Tracé de la ligne de fermeture  $IJ=Aj$
- Rentrer au dynamique.



### Exercice résolu pour l'utilisation de la méthode des nœuds

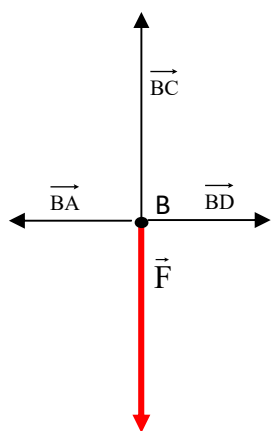
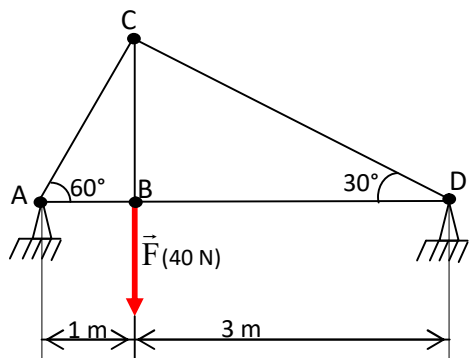
Soit à déterminer les efforts exercés dans toutes les barres de la structure triangulée ci-contre.

$$\left. \begin{array}{l} n = 4 \\ b = 5 \end{array} \right\} \Rightarrow 2n - b = 3 \rightarrow \text{système isostatique.}$$

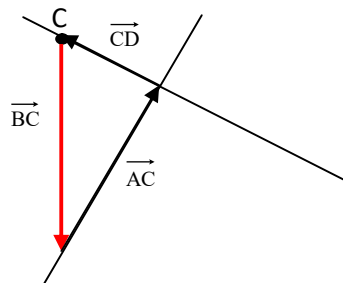
\* La structure, dans son ensemble est soumise à trois forces parallèles,  $\vec{F}$ ,  $\vec{N}_A$  et  $\vec{N}_D$ . L'utilisation du dynamique et du funiculaire permet d'obtenir  $N_A = 30$  kN et  $N_B = 10$  kN, ces deux actions étant verticales et dirigées de bas en haut..

\* On choisit une échelle des forces : 10 kN

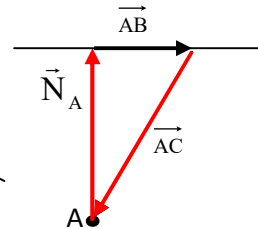
\* En isolant successivement les nœuds B, C, A et D, on a les constructions graphiques suivantes permettant de déduire les vecteurs forces inconnus.



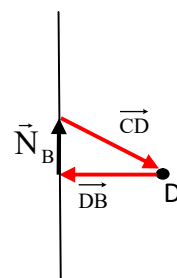
Le nœud B est soumis à 4 forces opposées 2 à 2 ; on déduit l'action  $\vec{BC}$



Connaissant  $\vec{BC}$  en C et les directions de  $\vec{BD}$  et  $\vec{AC}$ , la fermeture du dynamique donne entièrement les 2 dernières actions.



Connaissant  $\vec{AC}$  en A et avec  $\vec{N}_A$  obtenu par isolement de toute la structure, la fermeture du dynamique donne entièrement  $\vec{AC}$ . On vérifie d'ailleurs que la direction



Connaissant les actions  $\vec{DB}$  et  $\vec{CD}$ , la fermeture du dynamique donne entièrement  $\vec{N}_B$ . On peut par ailleurs vérifier qu'on retrouve le résultat obtenu au début par isolement de toute la structure.

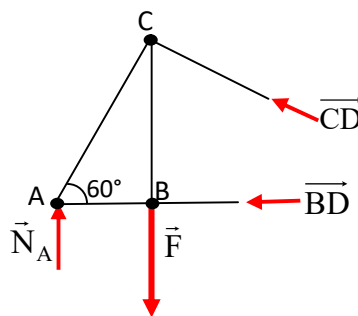
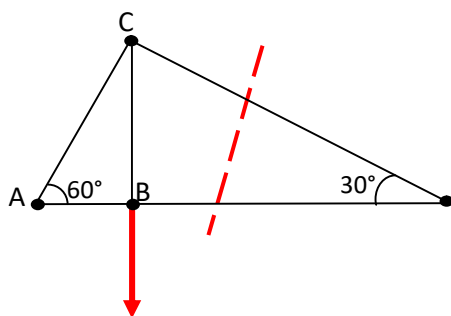
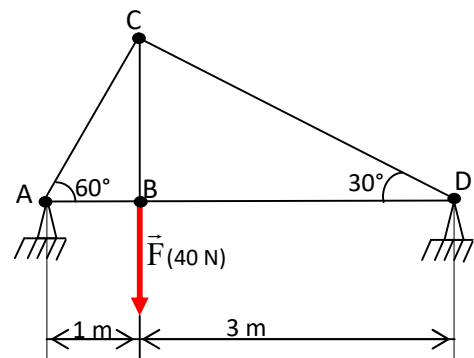
Les résultats d'une résolution graphique à plusieurs barres (cas des systèmes triangulés) sont généralement présentés sous la forme de tableau dont la structure optimale, pour le cas que nous venons d'étudier, est la suivante :

N° ordre	Effort		Direction (angle avec l'axe des x>0)	Sens	Intensité	Sollicitation	
						Compression	Traction
	Action de l'appui en A						
2	Action de l'appui en B						
	<b>Action de la barre</b>	<b>Sur le nœud</b>					
3	BC	B					
4	BC	C					
etc.	etc.	etc.					

### Exercice résolu pour l'utilisation de la méthode des sections

Utilisons la méthode des sections pour retrouver les résultats obtenus avec la méthode des nœuds et des crémonas sur la structure ci-contre.

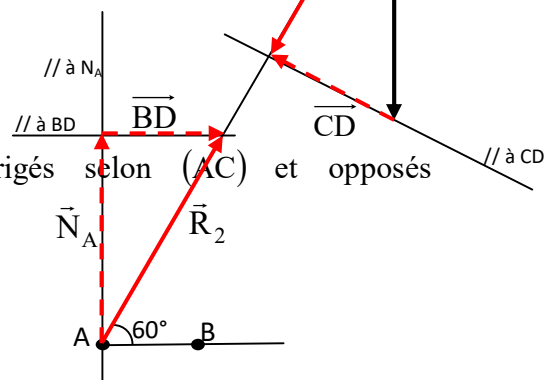
La recherche de l'action dans la barre CD conduit à la section ci-dessous (à gauche) et l'isolement du sous-système 1 ci-après (à droite).



Trois modules inconnus ; ceci privilégie la méthode de Cullman

$$\begin{aligned} \vec{R}_1 &= \vec{F} + \vec{CD} \quad \text{appliqué en C} \\ \vec{R}_2 &= N_A + \vec{BD} \quad \text{appliqué en A} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \vec{R}_1 \text{ et } \vec{R}_2 \text{ dirigés selon } (AC) \text{ et opposés} \end{array} \right\}$$

**Echelle** pour le polygone des forces :  $10 \text{ kN}$



On reporte  $\vec{F}$  en C. A l'extrémité de  $\vec{F}$ , on trace la parallèle à CD. Son intersection avec la droite AC fixe l'extrémité de la résultante  $\vec{R}_1$ .

On porte  $\vec{R}_2 = -\vec{R}_1$  en A. A l'une de ses extrémités, on trace la parallèle à la droite (BD), puis à l'autre, la parallèle à  $\vec{N}_A$ . On en déduit  $\vec{N}_A$  et  $\vec{BD}$  de sorte que leur somme donne bien  $\vec{R}_2$ .

On obtient ainsi, par lecture des longueurs et conversion en newtons :

$$\|\vec{CD}\| = 20 \text{ kN} ; \|\vec{BD}\| = 17 \text{ kN} ; \|\vec{N}_A\| = 30 \text{ kN}$$

Le sous-système 2, dès que les actions dans les barres CD et BD sont connues, permet d'obtenir  $\vec{N}_D$  :  $\|\vec{N}_D\| = 10 \text{ kN}$