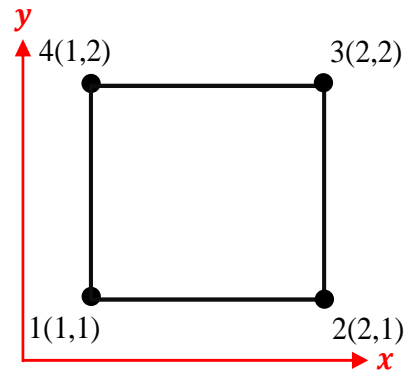
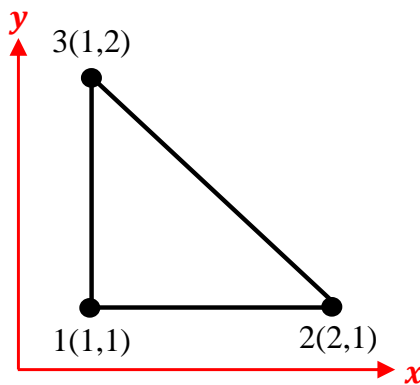
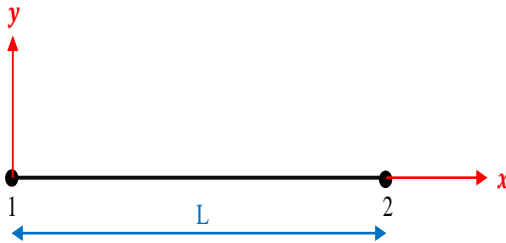


## EXERCICE 1

Soit les éléments représentés ci-dessous :



### ▪ Pour chaque élément :

1. Ecrire les fonctions de formes relatives aux déplacements de l'élément de référence en fonction des coordonnées intrinsèques  $(\xi, \eta)$ .
2. Dédire la transformation géométrique.
3. Écrire les relations déformations-déplacements et contraintes-déformations.
4. Déterminer et calculer par intégration numérique la matrice de rigidité.

### ➤ **N.B** :

Pour les éléments 2D, considérer un état de déformation plane :

$$E = 20 \text{ GPa} \quad , \quad \nu = 0.2 \quad , \quad e = 1 \text{ m}$$

## EXERCICE 2

La formulation isoparamétrique est utilisée pour la modélisation du barrage illustré sur la figure 2.

Le barrage présentant une hauteur de 6 m est soumis à une pression hydraulique de forme triangulaire.

Le maillage choisi correspond à quatre (04) éléments à trois (03) nœuds de 3 m de côté.  $2 \rho_w g a$

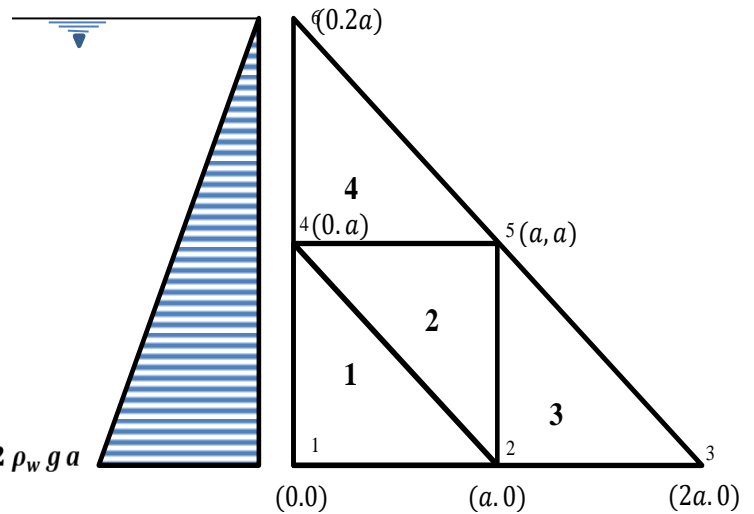


Figure 2

- 1- Quel est le type d'élément utilisé dans cette modélisation ?
- 2- Sélectionner la fonction du déplacement et déterminer les fonctions de forme relatives aux déplacements de l'élément parent en fonction des coordonnées intrinsèques  $(\xi, \eta)$ .  
En déduire la fonction de transformation géométrique de l'élément 4.
- 3- Écrire les relations déformations-déplacements et contraintes-déformations de l'élément 4.
- 4- Pour un état de déformation plane et un matériau isotrope de *module de Young*  $E$  et de *coefficient de Poisson*  $\nu$ , déterminer et calculer par intégration numérique la matrice de rigidité de l'élément 4.
- 5- Calculer les différents vecteurs des forces nodales équivalentes de l'élément 4.
- 6- Considérons que l'assemblage des éléments est fait pour obtenir la matrice de la structure en intégrant les conditions aux limites, les déplacements sont donnés comme suit :

$$\begin{Bmatrix} u_4 \\ v_4 \\ u_5 \\ v_5 \\ u_6 \\ v_6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 6.02 \\ -5.87 \\ 4.84 \\ -4.78 \\ 7.33 \\ -7.83 \end{Bmatrix} mm$$

- Déterminer les déformations et les contraintes relatives à l'élément 4.

On donne :  $e = 1 \text{ m}$  ,  $a = 3 \text{ m}$  ,  $E = 30 \text{ GPa}$  ,  $\nu = 0.2$  ,

$$\rho_w = 1 \text{ t/m}^3 \text{ , } \rho_{BA} = 2.5 \text{ t/m}^3 \text{ , } g = 10 \text{ m/s}^2$$