Procédés de Fabrication I - IGI
Chapitre 2. Propriétés Mécaniques des Matériaux

22 septembre 2023

Programme de la première partie

1. Introduction
2. Description de l'expérience de traction uniaxiale
3. La contrainte en fonction de l'allongement
4. Le coefficient d'écrouissage
5. Décharge et relaxation

2.1.1 Généralités

Observation

Dans la plupart des procédés, la mise en forme de la matière première est basée sur les déformations plastiques. Exemple :

- *formage des métaux : laminage, forgeage, extrusion, étirage,*
- *formage des feuilles : pliage, emboutissage, découpage,*
- *procédés de coupe (fraisage, perçage, décolletage).*

2.1.1 Généralités

Observation

Dans la plupart des procédés, la mise en forme de la matière première est basée sur les déformations plastiques. Exemple :

- *formage des métaux : laminage, forgeage, extrusion, étirage,*
- *formage des feuilles : pliage, emboutissage, découpage,*
- *procédés de coupe (fraisage, perçage, décolletage).*

Conséquence

La planification puis l'optimisation des procédés de production cités plus haut est essentiellement conditionnée par les ***propriétés mécaniques*** *du matériau à usiner.*

2.1.1 Généralités

Observation

Dans la plupart des procédés, la mise en forme de la matière première est basée sur les déformations plastiques. Exemple :

- *formage des métaux : laminage, forgeage, extrusion, étirage,*
- *formage des feuilles : pliage, emboutissage, découpage,*
- *procédés de coupe (fraisage, perçage, décolletage).*

Conséquence

La planification puis l'optimisation des procédés de production cités plus haut est essentiellement conditionnée par les ***propriétés mécaniques*** *du matériau à usiner.*

Remarque

Il existe d'autre procédés comme la fonderie ou l'injection dont les performances dépendent plutôt des ***propriétés thermiques*** *du matériau à mettre en forme. Ce sujet sera traité dans le chapitre suivant.*

2.1.2 Objectifs du chapitre

Principales propriétés mécaniques :

Nom	***Symbole***	***Unité***
Le module d'élasticité	E	$[GPa]$
Le coefficient de Poisson	ν	$[-]$
Le coefficient d'écrouissage	n	$[-]$
Le module d'écrouissage	K	$[MPa]$
La limite élastique	R_e	$[MPa]$
La résistance à la traction	R_m	$[MPa]$
Le taux de déformation réel à la rupture	$\varepsilon_{\mathrm{ult}}$	$[-]$
La dureté	HB, HV, HK	$[kg/mm^2]$
...	...	...

2.1.2 Objectifs du chapitre

Principales propriétés mécaniques :

Nom	***Symbole***	***Unité***
Le module d'élasticité	E	$[GPa]$
Le coefficient de Poisson	ν	$[-]$
Le coefficient d'écrouissage	n	$[-]$
Le module d'écrouissage	K	$[MPa]$
La limite élastique	R_e	$[MPa]$
La résistance à la traction	R_m	$[MPa]$
Le taux de déformation réel à la rupture	ε_{ult}	$[-]$
La dureté	HB, HV, HK	$[kg/mm^2]$
...	...	...

▸ Dictionnaire anglais

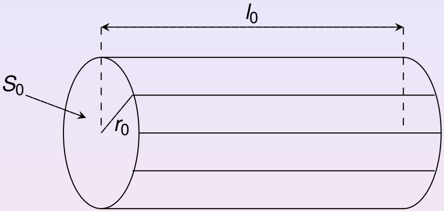
2.1.2 Objectifs du chapitre

Principales propriétés mécaniques :

Nom	***Symbole***	***Unité***
Le module d'élasticité	E	$[GPa]$
Le coefficient de Poisson	ν	$[-]$
Le coefficient d'écrouissage	n	$[-]$
Le module d'écrouissage	K	$[MPa]$
La limite élastique	R_e	$[MPa]$
La résistance à la traction	R_m	$[MPa]$
Le taux de déformation réel à la rupture	$\varepsilon_{\mathrm{ult}}$	$[-]$
La dureté	HB, HV, HK	$[kg/mm^2]$
. . .	. . .	. . .

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale

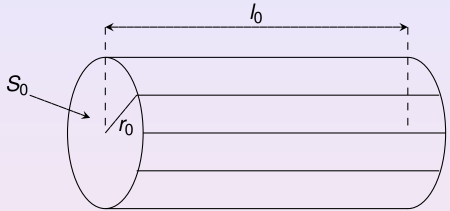


- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \qquad (1)$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



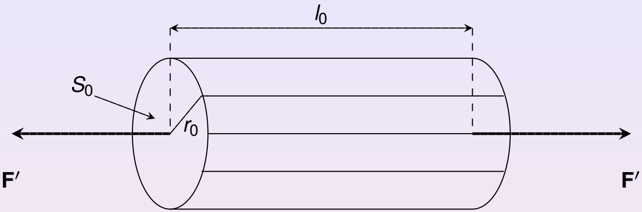
*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur.*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \tag{1}$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



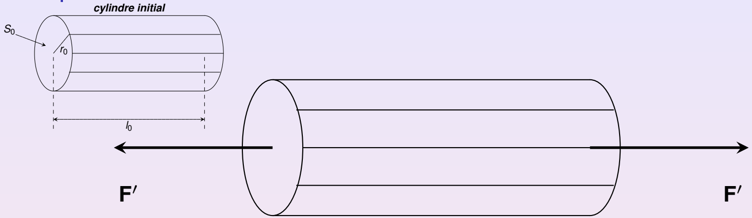
*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur.*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \quad (1)$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



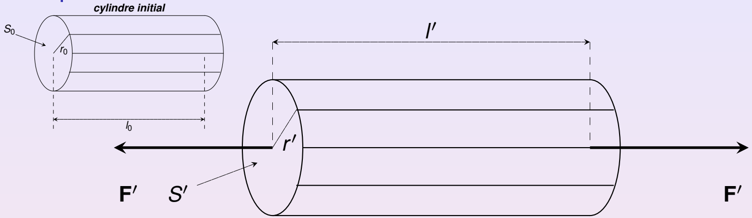
*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \tag{1}$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



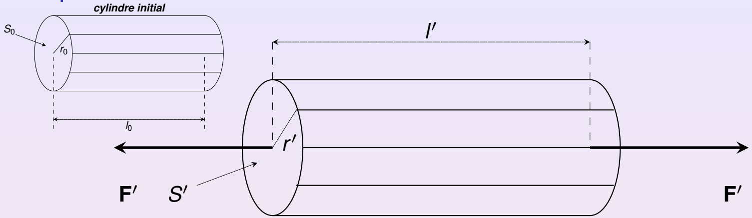
*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \qquad (1)$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



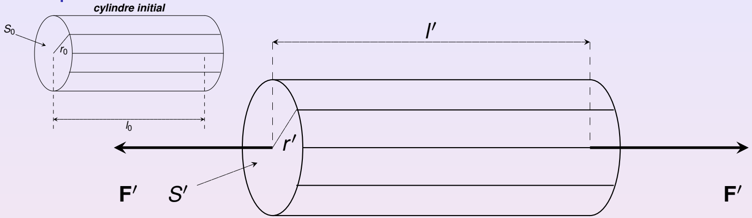
*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \qquad (1)$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

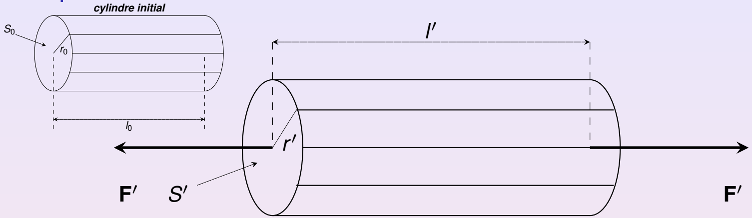
- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \qquad (1)$$

▸▸ accroissement relatif aux tableaux

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



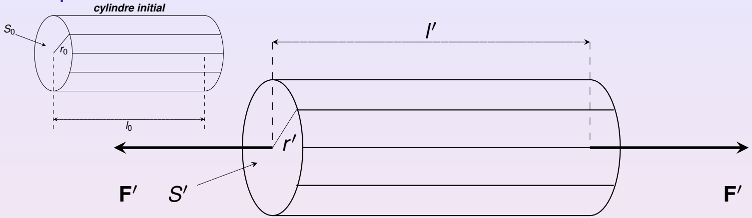
*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \tag{1}$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



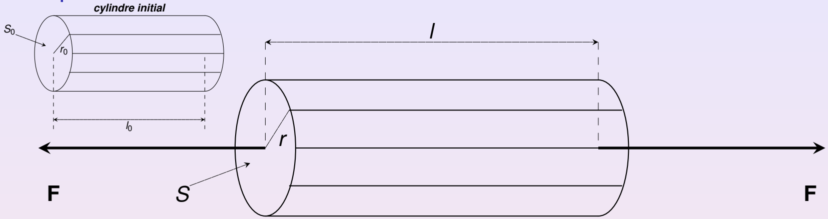
*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre.*
  *On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \tag{1}$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



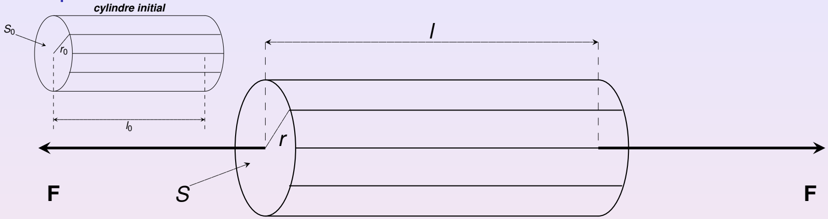
*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \tag{1}$$

2.2.1 Taux de déformation réel

L'expérience de traction uniaxiale



*On applique de façon **quasi statique** une force d'amplitude croissante.*

- *Durant un **épisode de déformation** la force passe de la valeur F' à la valeur $F' + \mathrm{d}F'$ et la barre s'allonge d'une quantité $\mathrm{d}l'$. Le rapport $\mathrm{d}l'/l'$ joue un rôle crucial. On l'appelle accroissement relatif de longueur*
- *La somme des accroissements relatifs sur toute l'expérience (de $F' = 0$ à $F' = F$) est une caractéristique importante de l'état de déformation de la barre. On appelle cette quantité **taux de déformation réel** et on la note ε :*

$$\varepsilon = \int_{\textit{début}}^{\textit{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \tag{1}$$

2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*

2.2.2 Expression du taux de déformation réel

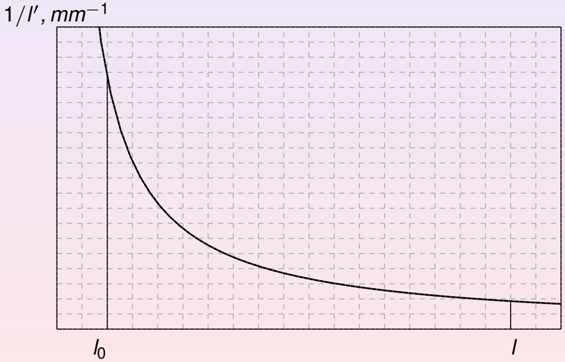
Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*

2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

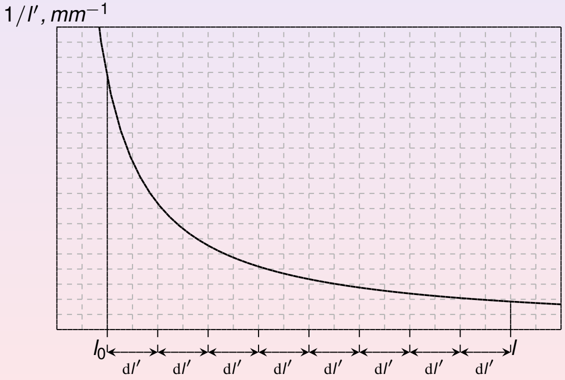
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{début}^{fin} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

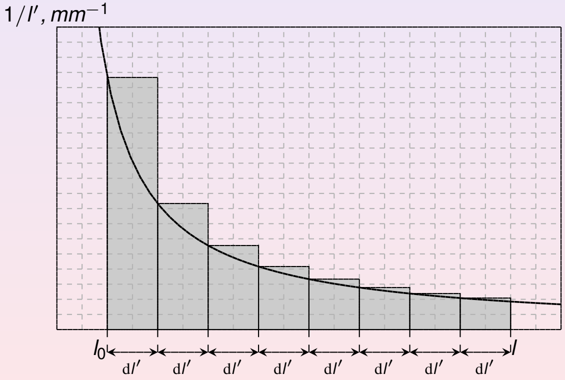
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \rightarrow \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

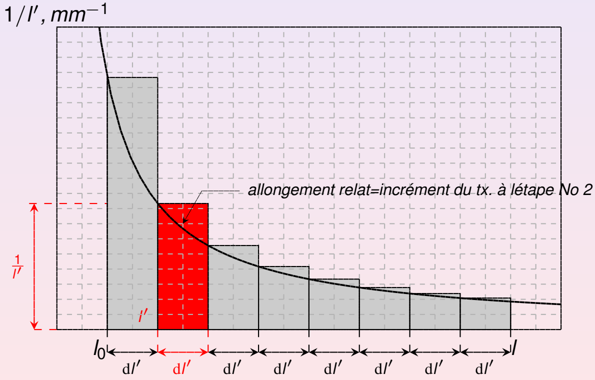
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \rightarrow \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

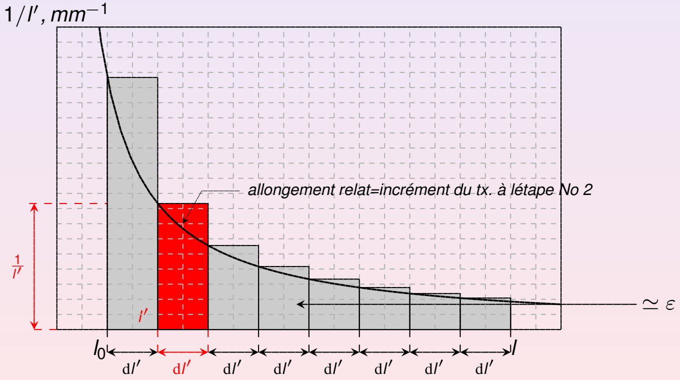
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

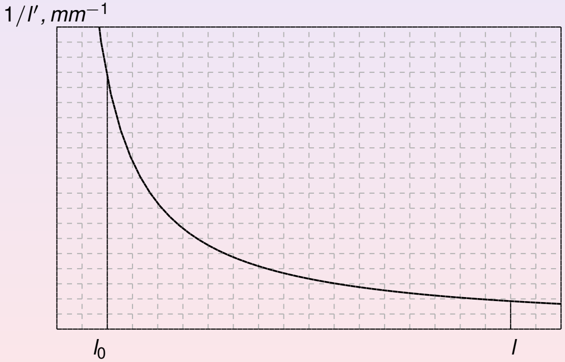
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{début}^{fin} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

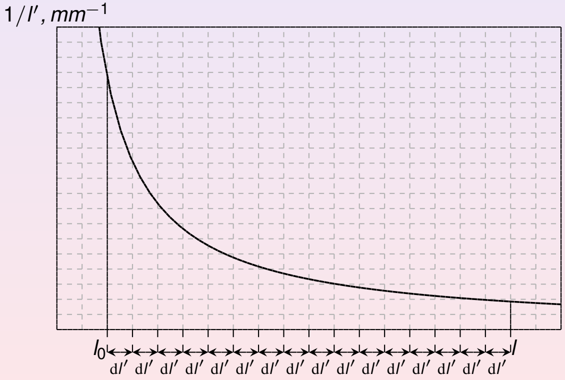
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{début}^{fin} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \rightarrow \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

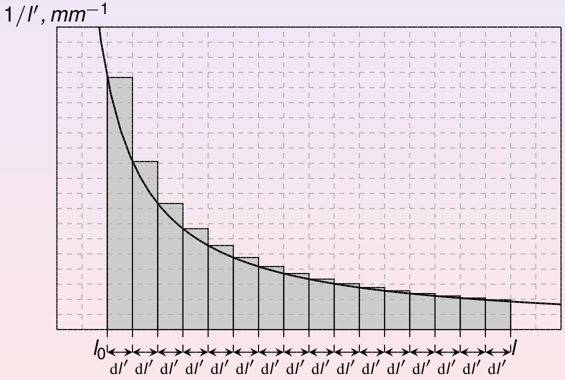
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \rightarrow \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

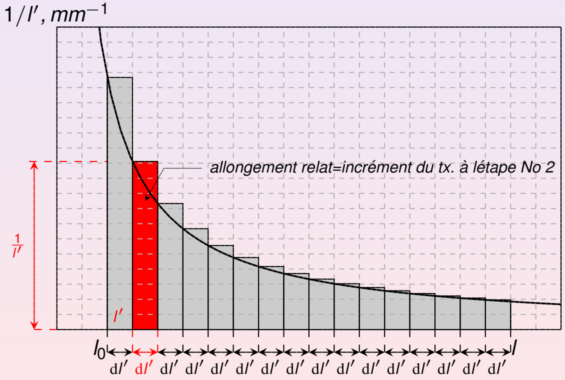
Aire sous le graphe de $l' \rightarrow \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{début}^{fin} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \rightarrow \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

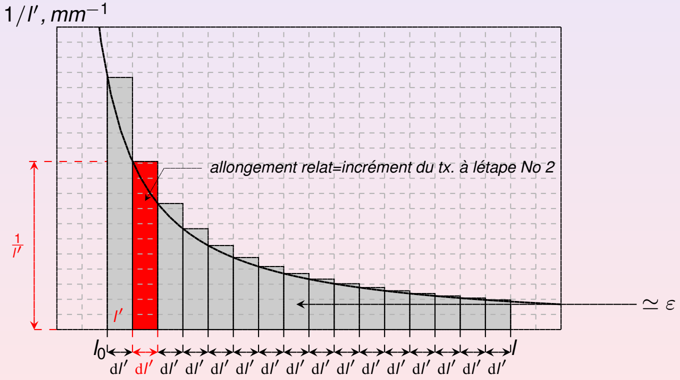
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

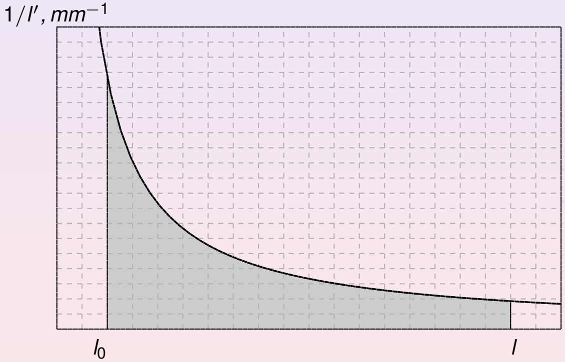
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{début}^{fin} \frac{dl'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

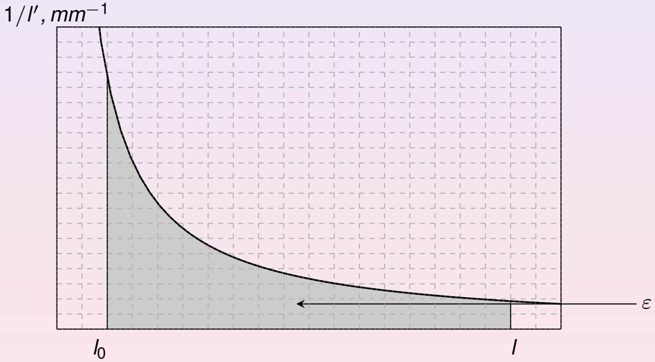
- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.2 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Le tx. de déf. réel* $\varepsilon = \int_{\text{début}}^{\text{fin}} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}$ *s'interprète comme l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *(longueur initiale) et* $l' = l$ *(longueur finale) :*



2.2.3 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Or l'aire sous le graphe de la fonction $l' \to \frac{1}{l'}$ entre $l' = l_0$ et $l' = l$ est une quantité bien connue.* *Elle équivaut au **logarithme** du rapport entre la borne finale l et la borne de départ l_0 :*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \ln \frac{l}{l_0}, \qquad \frac{l}{l_0} = \textit{allongement relatif}. \tag{2}$$

Cette formule permet d'évaluer ε avec un calculette et en fonction des états initial et final de l'échantillon seulement : l'historique de la déformation n'intervenant pas !

- *La fonction logarithme a d'autres propriétés, elle est l'inverse de la fonction exponentielle : $\mathbf{e}^{\ln x} = x \iff \ln(\mathbf{e}^x) = x$ où $\mathbf{e} = 2.71828182846\ldots$ désigne le nombre d'Euler et transfome les mult. en add. : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$.*
- *En particulier, si la longueur initiale l_0 de l'échantillon est connu, on peut trouver sa longueur l qui correspond à un taux de déformation réel ε donné :*

$$l = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon} \tag{3}$$

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Or l'aire sous le graphe de la fonction $l' \to \frac{1}{l'}$ entre $l' = l_0$ et $l' = l$ est une quantité bien connue. Elle équivaut au* ***logarithme*** *du rapport entre la borne finale l et la borne de départ l_0 :*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \ln \frac{l}{l_0}, \qquad \frac{l}{l_0} = \textit{allongement relatif}. \tag{2}$$

Cette formule permet d'évaluer ε avec un calculette et en fonction des états initial et final de l'échantillon seulement : l'historique de la déformation n'intervient pas !

- *La fonction logarithme a d'autres propriétés, elle est l'inverse de la fonction exponentielle : $\mathbf{e}^{\ln x} = x \iff \ln(\mathbf{e}^x) = x$ où $\mathbf{e} = 2.71828182846\ldots$ désigne le nombre d'Euler et transfome les mult. en add. : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$.*
- *En particulier, si la longueur initiale l_0 de l'échantillon est connu, on peut trouver sa longueur l qui correspond à un taux de déformation réel ε donné :*

$$l = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon} \tag{3}$$

2.2.3 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Or l'aire sous le graphe de la fonction $l' \to \frac{1}{l'}$ entre $l' = l_0$ et $l' = l$ est une quantité bien connue. Elle équivaut au **logarithme** du rapport entre la borne finale l et la borne de départ l_0 :*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \ln \frac{l}{l_0}, \qquad \frac{l}{l_0} = \textit{allongement relatif.} \tag{2}$$

Cette formule permet d'évaluer ε avec un calculette et en fonction des états initial et final de l'échantillon seulement : l'historique de la déformation n'intervient pas !

- *La fonction logarithme a d'autres propriétés, elle est l'inverse de la fonction exponentielle : $\mathbf{e}^{\ln x} = x \Longleftrightarrow \ln(\mathbf{e}^x) = x$ où $\mathbf{e} = 2.71828182846\ldots$ désigne le nombre d'Euler et transfome les mult. en add. : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$.*
- *En particulier, si la longueur initiale l_0 de l'échantillon est connu, on peut trouver sa longueur l qui correspond à un taux de déformation réel ε donné :*

$$l = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon} \tag{3}$$

2.2.3 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Or l'aire sous le graphe de la fonction $l' \to \frac{1}{l'}$ entre $l' = l_0$ et $l' = l$ est une quantité bien connue. Elle équivaut au* ***logarithme*** *du rapport entre la borne finale l et la borne de départ l_0 :*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \ln \frac{l}{l_0}, \qquad \frac{l}{l_0} = \textit{allongement relatif.} \tag{2}$$

Cette formule permet d'évaluer ε avec un calculette et en fonction des états initial et final de l'échantillon seulement : l'historique de la déformation n'intervient pas !

- *La fonction logarithme a d'autres propriétés, elle est l'inverse de la fonction exponentielle : $\mathbf{e}^{\ln x} = x \Longleftrightarrow \ln(\mathbf{e}^x) = x$ où $\mathbf{e} = 2.71828182846\ldots$ désigne le nombre d'Euler et transfome les mult. en add. : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$.*
- *En particulier, si la longueur initiale l_0 de l'échantillon est connu, on peut trouver sa longueur l qui correspond à un taux de déformation réel ε donné :*

$$l = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon} \tag{3}$$

2.2.3 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Or l'aire sous le graphe de la fonction $l' \to \frac{1}{l'}$ entre $l' = l_0$ et $l' = l$ est une quantité bien connue. Elle équivaut au* ***logarithme*** *du rapport entre la borne finale l et la borne de départ l_0 :*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \ln \frac{l}{l_0}, \qquad \frac{l}{l_0} = \textit{allongement relatif.} \tag{2}$$

Cette formule permet d'évaluer ε avec un calculette et en fonction des états initial et final de l'échantillon seulement : l'historique de la déformation n'intervient pas !

- *La fonction logarithme a d'autres propriétés, elle est l'inverse de la fonction exponentielle : $\mathbf{e}^{\ln x} = x \iff \ln(\mathbf{e}^x) = x$ où $\mathbf{e} = 2.71828182846\ldots$ désigne le nombre d'Euler et transfome les mult. en add. : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$.*
- *En particulier, si la longueur initiale l_0 de l'échantillon est connu, on peut trouver sa longueur l qui correspond à un taux de déformation réel ε donné :*

$$l = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon} \tag{3}$$

2.2.3 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Or l'aire sous le graphe de la fonction $l' \to \frac{1}{l'}$ entre $l' = l_0$ et $l' = l$ est une quantité bien connue. Elle équivaut au **logarithme** du rapport entre la borne finale l et la borne de départ l_0 :*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \ln \frac{l}{l_0}, \qquad \frac{l}{l_0} = \textit{allongement relatif.} \tag{2}$$

  Cette formule permet d'évaluer ε avec un calculette et en fonction des états initial et final de l'échantillon seulement : l'historique de la déformation n'intervient pas !

- *La fonction logarithme a d'autres propriétés, elle est l'inverse de la fonction exponentielle : $\mathbf{e}^{\ln x} = x \Longleftrightarrow \ln(\mathbf{e}^x) = x$ où $\mathbf{e} = 2.71828182846\ldots$ désigne le nombre d'Euler et transfome les mult. en add. : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$.*

- *En particulier, si la longueur initiale l_0 de l'échantillon est connu, on peut trouver sa longueur l qui correspond à un taux de déformation réel ε donné :*

$$l = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon} \tag{3}$$

2.2.3 Expression du taux de déformation réel

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Or l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *et* $l' = l$ *est une quantité bien connue. Elle équivaut au* ***logarithme*** *du rapport entre la borne finale* l *et la borne de départ* l_0 *:*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \ln \frac{l}{l_0}, \qquad \frac{l}{l_0} = \textit{allongement relatif.} \tag{2}$$

  Cette formule permet d'évaluer ε *avec un calculette et en fonction des états initial et final de l'échantillon seulement : l'historique de la déformation n'intervient pas !*

- *La fonction logarithme a d'autres propriétés, elle est l'inverse de la fonction exponentielle :* $\mathbf{e}^{\ln x} = x \Longleftrightarrow \ln(\mathbf{e}^x) = x$ *où* $\mathbf{e} = 2.71828182846\ldots$ *désigne le nombre d'Euler et transfome les mult. en add. :* $\ln(ab) = \ln a + \ln b$.
- *En particulier, si la longueur initiale* l_0 *de l'échantillon est connu, on peut trouver sa longueur* l *qui correspond à un taux de déformation réel* ε *donné :*

$$l = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon} \tag{3}$$

Aire sous le graphe de $l' \to \frac{1}{l'}$ et taux de déformation

- *Or l'aire sous le graphe de la fonction* $l' \to \frac{1}{l'}$ *entre* $l' = l_0$ *et* $l' = l$ *est une quantité bien connue. Elle équivaut au* ***logarithme*** *du rapport entre la borne finale* l *et la borne de départ* l_0 *:*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \ln \frac{l}{l_0}, \qquad \frac{l}{l_0} = \textit{allongement relatif.} \tag{2}$$

  Cette formule permet d'évaluer ε *avec un calculette et en fonction des états initial et final de l'échantillon seulement : l'historique de la déformation n'intervient pas !*

- *La fonction logarithme a d'autres propriétés, elle est l'inverse de la fonction exponentielle :* $\mathbf{e}^{\ln x} = x \Longleftrightarrow \ln(\mathbf{e}^x) = x$ *où* $\mathbf{e} = 2.71828182846\ldots$ *désigne le nombre d'Euler et transfome les mult. en add. :* $\ln(ab) = \ln a + \ln b$*.*
- *En particulier, si la longueur initiale* l_0 *de l'échantillon est connu, on peut trouver sa longueur* l *qui correspond à un taux de déformation réel* ε *donné :*

$$l = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon} \tag{3}$$

▸ taux de déformation réel aux tableaux

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

  Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'additivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

  Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des desavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l', *mais à la longueur initiale* l_0 :

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'additivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

  Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'additivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l', *mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

  Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des desavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l', *mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'additivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l', *mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'additivité des déformations (cf. exos).*

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal.* *Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'additivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

  Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e *:*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'additivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

  Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \qquad (4)$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e *:*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité* e *porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e *:*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité* e *porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos)*

Taux de déformation réel aux Tableaux

2.2.4 Autre mesure de la déformation

Taux de déformation nominal - définition

- *On peut définir l'allongement relatif de longueur en comparant l'accroissement* $\mathrm{d}l'$ *non pas à la longueur courante* l'*, mais à la longueur initiale* l_0 *:*

$$\frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

- *Dans ce cas, la taux de déformation caractérisant l'étirage* $l_0 \to l$ *vaut*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \quad \text{à la place de} \quad \varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'}.$$

Evidemment, on peut résoudre l'intégrale définissant e :

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{\int_{l_0}^{l} \mathrm{d}l'}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \tag{4}$$

- *La quantité e porte le nom de taux de déformation nominal. Ce taux est souvent utilisé pour des raisons de simplicité : il est calculable sans extraction de logarithme. Néanmoins il comporte des désavantages, surtout parce qu'il ne respecte pas la propriété d'addivité des déformations (cf. exos).*

Exo 1, série 1

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé : $l \simeq l_0$, alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme $l' \geq l_0$ durant la traction on a que $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$. Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé :* $l \simeq l_0$*, alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme* $l' \geq l_0$ *durant la traction on a que* $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$*. Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé : $l \simeq l_0$, alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme $l' \geq l_0$ durant la traction on a que $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$. Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé : $l \simeq l_0$, alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme $l' \geq l_0$ durant la traction on a que $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$. Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé :* $l \simeq l_0$, *alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme* $l' \geq l_0$ *durant la traction on a que* $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$. *Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé :* $l \simeq l_0$*, alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme* $l' \geq l_0$ *durant la traction on a que* $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$*. Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé : $l \simeq l_0$, alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme $l' \geq l_0$ durant la traction on a que $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$. Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé : $l \simeq l_0$, alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme $l' \geq l_0$ durant la traction on a que $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$. Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.2.5 Autre mesure de la déformation (suite)

Taux de déformation nominal et réel

- *Si l'échantillon n'est que peu déformé :* $l \simeq l_0$*, alors les taux nominaux et réels sont voisins l'un de l'autre (cf. exos) :*

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \simeq \frac{l - l_0}{l_0} = e$$

- *Comme* $l' \geq l_0$ *durant la traction on a que* $\frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \frac{\mathrm{d}l'}{l_0}$*. Il s'ensuit tjs. que*

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} \leq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} = e.$$

- *Même s'il est proche, le taux nominal sur-estime donc toujours le taux réel.*

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

  - *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
  - *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*
  - *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

Thomas Young (1773-1829)

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel* $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ *et est proportionnelle à la section S :*

Conséquence : *Il existe* $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ *t.q.* $F = S\sigma(\varepsilon)$.

- *La quantité* σ *est appelée* ***contrainte réelle****, son unité est :* $[\sigma] =$. *La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation* ε_e *en deça duquel la traction est réversible ou* ***élastique****. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou* ***plastique*** *et la fonction* $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ *va présenter deux régimes suivant que* $\varepsilon < \varepsilon_e$ *(régime élastique) ou que* $\varepsilon > \varepsilon_e$ *(régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité* ε_e *est appelée* ***taux de déformation réel en limite élastique****. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

  Conséquence : *Il existe $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ t.q. $F = S\sigma(\varepsilon)$.*

- *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \mapsto \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

Conséquence : *Il existe $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ t.q. $F = S\sigma(\varepsilon)$.*

- *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$MPa. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

  Conséquence : *Il existe $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ t.q. $F = S\sigma(\varepsilon)$.*

- *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$MPa. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

▸ Etat de contrainte en traction

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

Conséquence : *Il existe $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ t.q. $F = S\sigma(\varepsilon)$.*

- *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$MPa. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

  Conséquence : *Il existe $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ t.q. $F = S\sigma(\varepsilon)$.*

- *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$MPa. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

Conséquence : *Il existe $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ t.q. $F = S\sigma(\varepsilon)$.*

- *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$MPa. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

  Conséquence : *Il existe $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ t.q. $F = S\sigma(\varepsilon)$.*

- *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$MPa. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

2.3.1 La contrainte en fonction de l'allongement

Observation générale, linéarité par rapport à la surface (Hooke)

- *La force F dépend du matériau, du taux de déformation réel $\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$ et est proportionnelle à la section S :*

Conséquence : *Il existe $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ t.q. $F = S\sigma(\varepsilon)$.*

- *La quantité σ est appelée **contrainte réelle**, son unité est : $[\sigma] =$MPa. La forme exacte de cette fonction dépend du matériau considéré.*
- *Il existe un taux de déformation ε_e en deça duquel la traction est réversible ou **élastique**. Au-delà de ce taux de déformation, la traction est irréversible ou **plastique** et la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ va présenter deux régimes suivant que $\varepsilon < \varepsilon_e$ (régime élastique) ou que $\varepsilon > \varepsilon_e$ (régime plastique).*

Thomas Young (1773-1829)

- *La quantité ε_e est appelée **taux de déformation réel en limite élastique**. Elle dépend du matériau et de son état cristallographique (microstructure).*

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*

$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textit{\textbf{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$

*Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*

- *Dans le domaine plastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*

$$\sigma = K\varepsilon^{n},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textit{\textbf{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$

où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.

- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ il faut que*

$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*

$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$

  *Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*

- *Dans le domaine plastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*

$$\sigma = K\varepsilon^n,\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textbf{\textit{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$

  où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.

- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ il faut que*

$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction* $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ *est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*

$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$

*Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*

- *Dans le domaine plastique, la fonction* $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ *peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*

$$\sigma = K\varepsilon^{n},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textbf{\textit{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$

où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.

- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique* $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ *il faut que*

$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*

$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$

  *Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*

- *Dans le domaine plastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*

$$\sigma = K\varepsilon^{n},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textbf{\textit{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$

  où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.

- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ il faut que*

$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

▸ Loi de Hooke linéarisée

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*

$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$

*Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*

- *Dans le domaine plastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*

$$\sigma = K\varepsilon^n,\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textbf{\textit{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$

où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.

- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ il faut que*

$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*
$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$
*Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*
- *Dans le domaine plastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*
$$\sigma = K\varepsilon^{n},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textbf{\textit{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$
où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.
- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ il faut que*
$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*

$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$

  *Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*

- *Dans le domaine plastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*

$$\sigma = K\varepsilon^{n},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textbf{\textit{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$

  où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.

- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ il faut que*

$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*
$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$
*Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*
- *Dans le domaine plastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*
$$\sigma = K\varepsilon^{n},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textbf{\textit{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$
où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.
- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ il faut que*
$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

▸ loi de Hooke et de Ludwik aux tableaux

2.3.2 La contrainte en fonction de l'allongement

Loi de Hooke et d'écrouissage

- *Dans le domaine élastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ est **nécessairement linéaire**. C'est une conséquence de la **réversibilité** des déformations élastiques et du fait que, dans ce régime, un précontrainte ne peut pas influencer la déformabilité de la matière :*

$$\sigma = E\varepsilon,\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke)}} \tag{5}$$

  *Le coefficient de proportionalité E est appelé **module d'Young ou d'élasticité**. Il dépend du matériau et est mesuré en MPa.*

- *Dans le domaine plastique, la fonction $\varepsilon \to \sigma(\varepsilon)$ peut présenter des formes beaucoup plus générales en principe mesurées expérimentalement. La plupart des métaux recuits suivent assez bien la loi :*

$$\sigma = K\varepsilon^{n},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \quad \textbf{\textit{(loi de Ludwik)}} \tag{6}$$

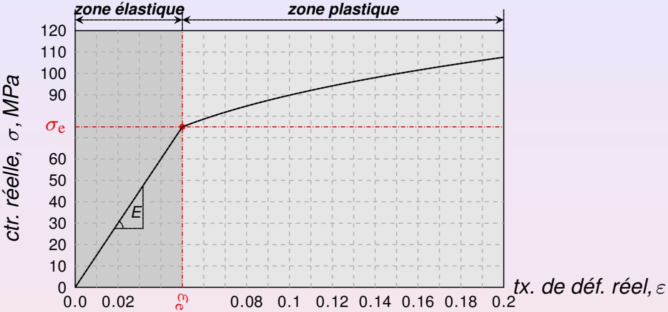
  où l'exposant n est le coefficient d'écrouissage et K le module d'écrouissage.

- *Pour que les lois (5) et (6) coïncident à la limite élastique $\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{e}}$ il faut que*

$$K = E\varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \tag{7}$$

2.3.3 La contrainte en fonction de l'allongement

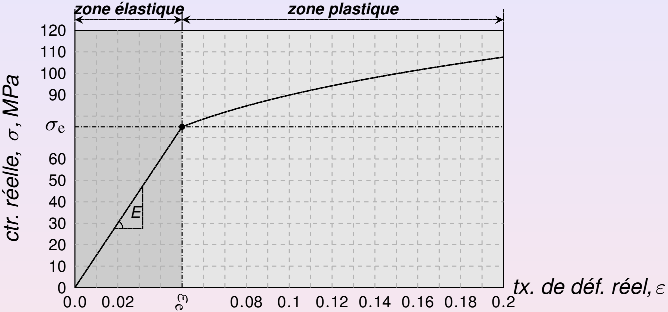
Courbe de traction et limite élastique réelles



- *La quantité $\sigma_e = E\varepsilon_e$ est la **limite élastique réelle du matériau.** Si la contrainte de traction appliquée excède cette limite, le matériau subit une déformation permanente. Cet état est celui recherché dans les processus de **formage** (forgeage, laminage, ...). Les forces mises en jeu par ces procédés amèneront le niveau de contrainte au-delà de la valeur σ_e. Cela justifie l'importance de la partie plastique de la courbe de traction dans ce cours.*

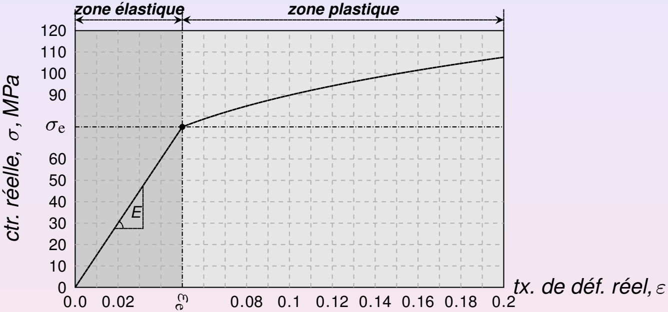
2.3.3 La contrainte en fonction de l'allongement

Courbe de traction et limite élastique réelles



- *La quantité $\sigma_e = E\varepsilon_e$ est la **limite élastique réelle du matériau**. Si la contrainte de traction appliquée excède cette limite, le matériau subit une déformation permanente. Cet état est celui recherché dans les processus de **formage** (forgeage, laminage, ...). Les forces mises en jeu par ces procédés amèneront le niveau de contrainte au-delà de la valeur σ_e. Cela justifie l'importance de la partie plastique de la courbe de traction dans ce cours.*

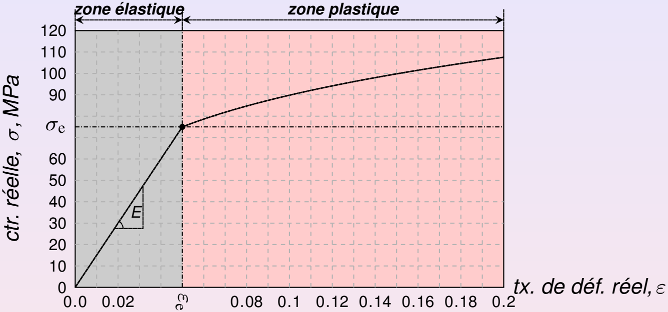
Courbe de traction et limite élastique réelles



- *La quantité $\sigma_e = E\varepsilon_e$ est la **limite élastique réelle du matériau**. Si la contrainte de traction appliquée excède cette limite, le matériau subit une déformation permanente. Cet état est celui recherché dans les processus de **formage** (forgeage, laminage, ...). Les forces mises en jeu par ces procédés amèneront le niveau de contrainte au-delà de la valeur σ_e. Cela justifie l'importance de la partie plastique de la courbe de traction dans ce cours.*

2.3.3 La contrainte en fonction de l'allongement

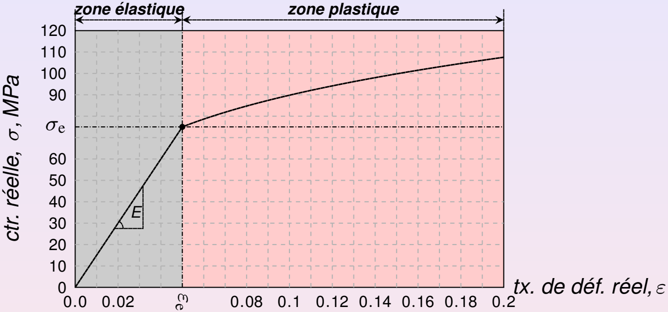
Courbe de traction et limite élastique réelles



- *La quantité $\sigma_e = E\varepsilon_e$ est la* ***limite élastique réelle du matériau****. Si la contrainte de traction appliquée excède cette limite, le matériau subit une déformation permanente. Cet état est celui recherché dans les processus de* ***formage*** *(forgeage, laminage, ...). Les forces mises en jeu par ces procédés amèneront le niveau de contrainte au-delà de la valeur σ_e. Cela justifie l'importance de la partie plastique de la courbe de traction dans ce cours.*

2.3.3 La contrainte en fonction de l'allongement

Courbe de traction et limite élastique réelles



- *La quantité $\sigma_e = E\varepsilon_e$ est la **limite élastique réelle du matériau**. Si la contrainte de traction appliquée excède cette limite, le matériau subit une déformation permanente. Cet état est celui recherché dans les processus de **formage** (forgeage, laminage, ...). Les forces mises en jeu par ces procédés amèneront le niveau de contrainte au-delà de la valeur σ_e. Cela justifie l'importance de la partie plastique de la courbe de traction dans ce cours.*

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'écrouissage),*
  - *en raffinant la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

▸ Ecoulement du matériau

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'écrouissage),*
  - *en raffinant la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'écrouissage),*
  - *en raffinant la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'**écrouissage**),*
  - *en **raffinant** la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'**écrouissage**),*
  - *en **raffinant** la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'**écrouissage**),*
  - *en **raffinant** la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'**écrouissage**),*
  - *en **raffinant** la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

Microstructure

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'**écrouissage**),*
  - *en **raffinant** la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

2.3.4 Limite élastique réelle

Interprétation microscopique et augmentation

- *La quantité σ_e correspond au niveau de traction uniaxiale à partir duquel les dislocations se mettent à bouger (écoulement du matériau).*
  - *Il faut souligner que seules des contraintes de **cisaillement** peuvent mobiliser des dislocations. Or un état de traction uniaxiale implique que certains plans sont sollicités en cisaillement !*
- *On peut augmenter la limite élastique réelle σ_e (donc la **dureté** du matériau à laquelle elle est liée)*
  - *en accroissant la densité de dislocation car les dislocations gênent leurs mouvements mutuels (phénomène d'**écrouissage**),*
  - *en **raffinant** la microstructure du matériau pour augmenter les joints de grains qui eux aussi gênent le mouvement des dislocations,*
  - *en ajoutant des impuretés pour **bloquer** les dislocations (durcissement par ajout d'éléments d'alliage).*

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

▸ Valeurs possibles de n

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement **plastique idéal**.*
- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε.*

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement* ***plastique idéal****. Dans ce cas $\sigma = c^{ste}$ au delà de la limite élastique*
- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε.*

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement **plastique idéal**. Dans ce cas $\sigma = c^{ste}$ au delà de la limite élastique*

$$n_{or} \simeq 0.$$

- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε.*

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement **plastique idéal**. Dans ce cas $\sigma = c^{ste}$ au delà de la limite élastique*

$$n_{or} \simeq 0.$$

- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε.*

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement* ***plastique idéal****. Dans ce cas $\sigma = c^{ste}$ au delà de la limite élastique*

$$n_{or} \simeq 0.$$

- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε. Si $n \simeq 1$, plus on le déforme plus le matériau est dur à travailler*

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement* ***plastique idéal****. Dans ce cas $\sigma = c^{ste}$ au delà de la limite élastique*

$$n_{or} \simeq 0.$$

- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε. Si $n \simeq 1$, plus on le déforme plus le matériau est dur à travailler* ***(écrouissage par augmentation de la densité de dislocations)***

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement **plastique idéal**. Dans ce cas $\sigma = c^{ste}$ au delà de la limite élastique*

$$n_{or} \simeq 0.$$

- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε. Si $n \simeq 1$, plus on le déforme plus le matériau est dur à travailler **(écrouissage par augmentation de la densité de dislocations)***

$$n_{cuivre} \simeq 1.$$

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement **plastique idéal**. Dans ce cas $\sigma = c^{ste}$ au delà de la limite élastique*

$$n_{or} \simeq 0.$$

- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε. Si $n \simeq 1$, plus on le déforme plus le matériau est dur à travailler **(écrouissage par augmentation de la densité de dislocations)***

$$n_{cuivre} \simeq 1.$$

▸ Valeurs de *n* pour différents matériaux

2.4.1 Bornes pour le coefficient d'écrouissage

Régle générale

- *Pour des raisons thermodynamiques (cf. exercices), on a que*

$$0 < n < 1.$$

Discussion des valeurs possibles de n

- *Le cas limite $n = 0$ correspond à un matériau au comportement **plastique idéal**. Dans ce cas $\sigma = c^{ste}$ au delà de la limite élastique*

$$n_{or} \simeq 0.$$

- *Pour les matériaux réels, $n > 0$ et la contrainte σ croît avec ε. Si $n \simeq 1$, plus on le déforme plus le matériau est dur à travailler **(écrouissage par augmentation de la densité de dislocations)***

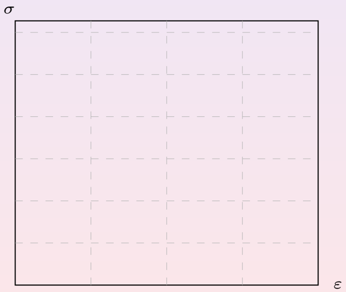
$$n_{cuivre} \simeq 1.$$

Exos 1 et 2, Série 1 : Taux nominaux et réels, loi de Hooke

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



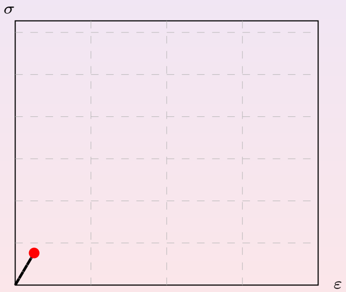
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_{p} : le taux de déformation réel permanent.*



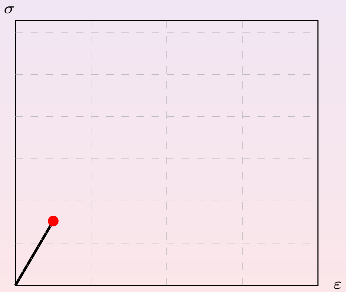
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



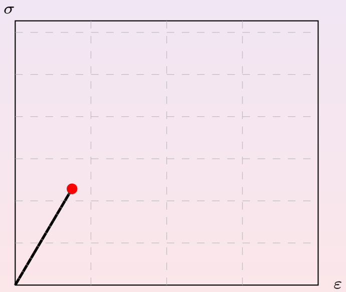
<u>courbe de traction réelle :</u>

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_{p} : le taux de déformation réel permanent.*



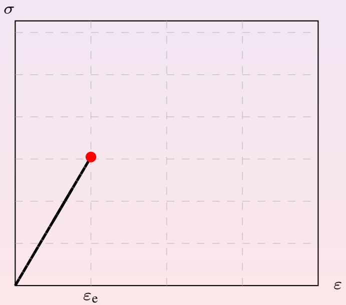
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_{p} : le taux de déformation réel permanent.*



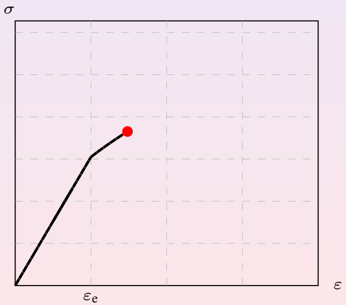
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*

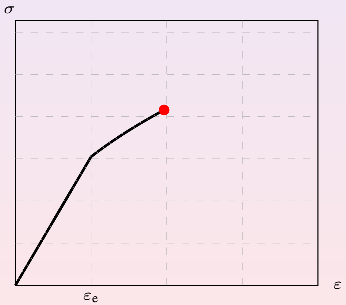


courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_{p} : le taux de déformation réel permanent.*



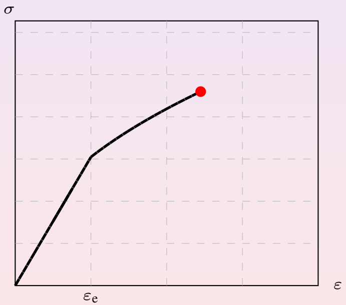
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_{p} : le taux de déformation réel permanent.*



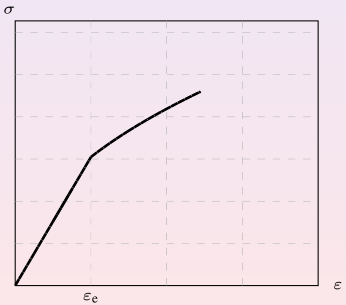
<u>courbe de traction réelle :</u>

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



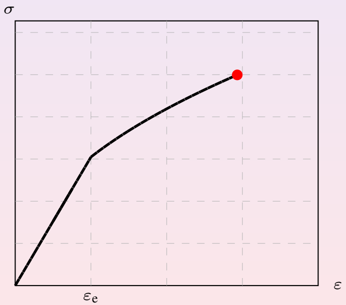
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_{p} : le taux de déformation réel permanent.*



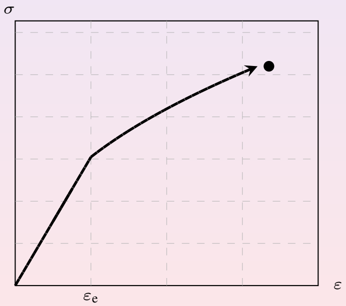
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



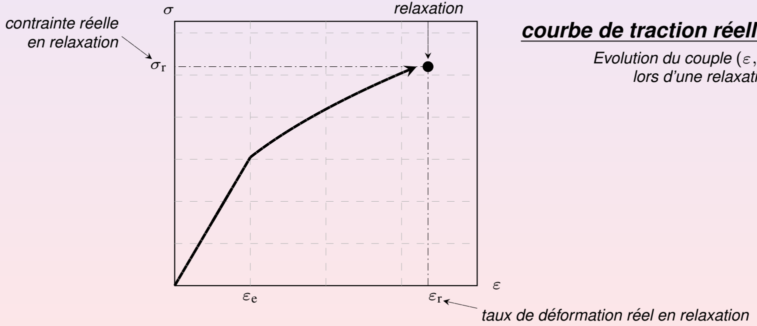
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



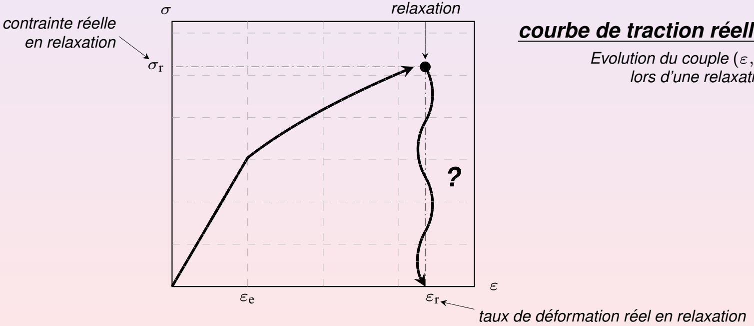
<u>courbe de traction réelle</u> :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



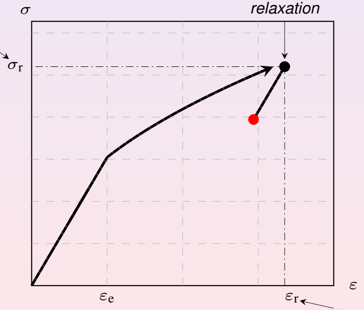
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



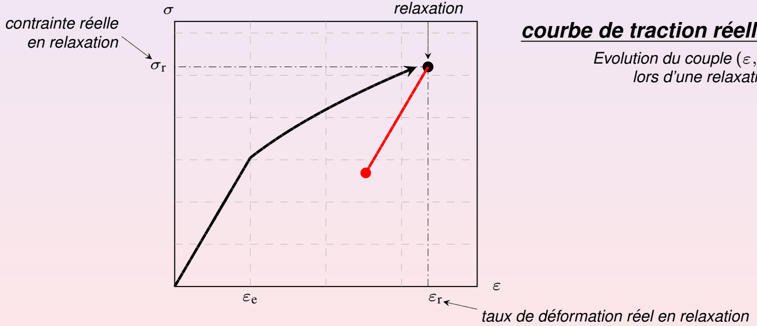
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**.* *Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



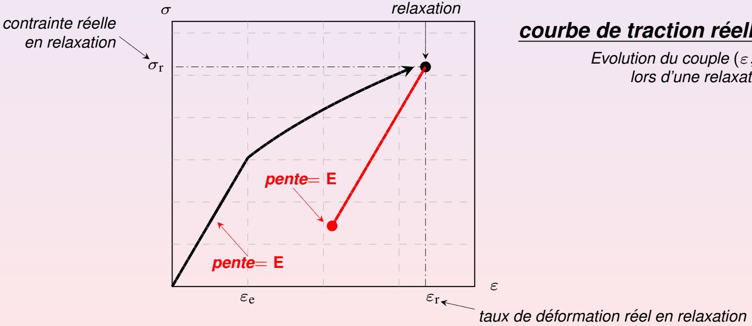
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



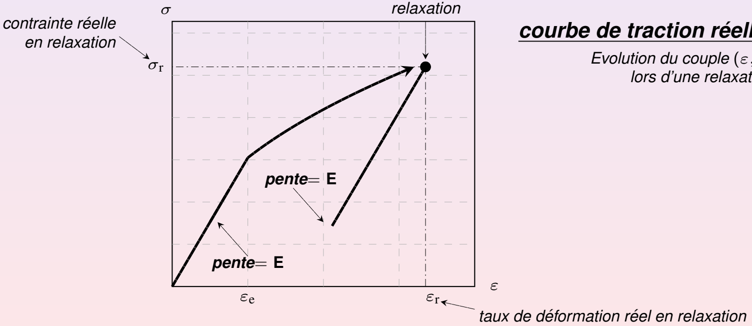
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



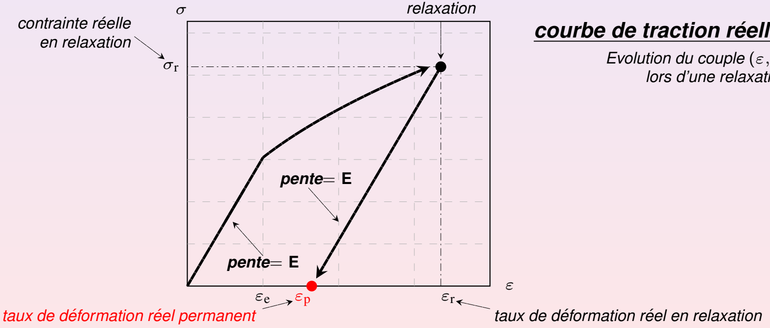
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle* ***relaxation*** *le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point* (ε, σ) *représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe* $\sigma = 0$ *en* ***ligne droite****. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc* ***exactement*** *égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe* $\sigma = 0$ *en l'abscisse* ε_p *: le taux de déformation réel permanent.*



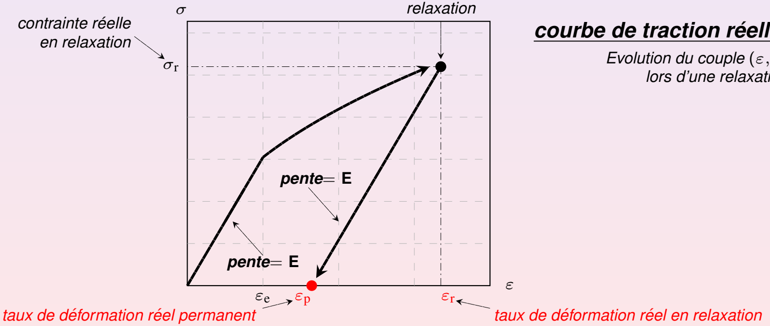
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) *lors d'une relaxation.*

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle* ***relaxation*** *le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point* (ε, σ) *représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe* $\sigma = 0$ *en* ***ligne droite****. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc* ***exactement*** *égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe* $\sigma = 0$ *en l'abscisse* ε_p *: le taux de déformation réel permanent.*



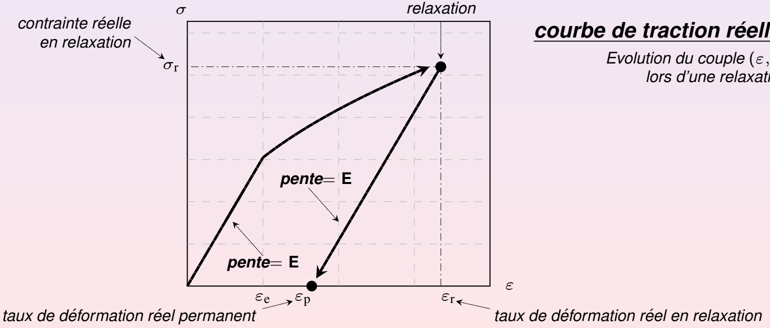
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) *lors d'une relaxation.*

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



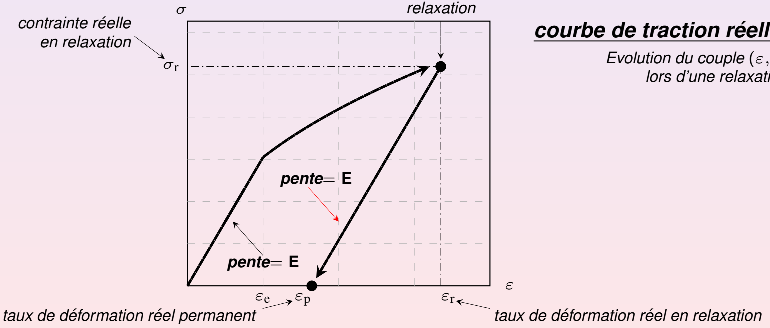
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



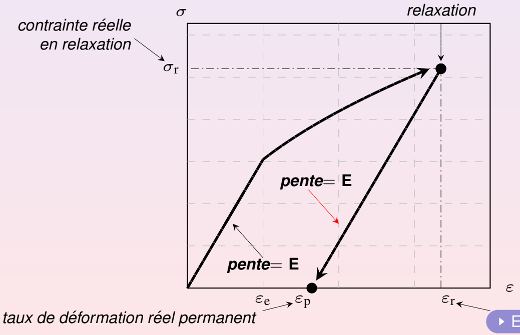
courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point* (ε, σ) *représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe* $\sigma = 0$ *en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe* $\sigma = 0$ *en l'abscisse* ε_p *: le taux de déformation réel permanent.*



courbe de traction réelle :

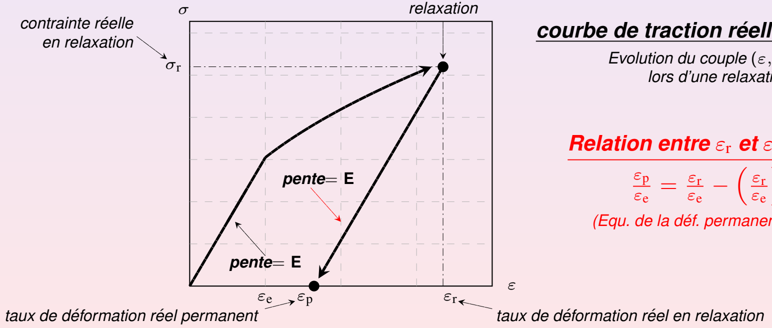
Evolution du couple (ε, σ) *lors d'une relaxation.*

▸ Exos 3, Série 1 : anticipation des retraits

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point* (ε, σ) *représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe* $\sigma = 0$ *en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe* $\sigma = 0$ *en l'abscisse* ε_p *: le taux de déformation réel permanent.*



courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) *lors d'une relaxation.*

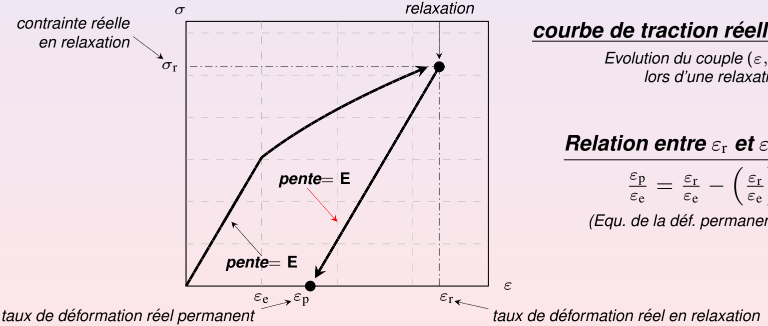
Relation entre ε_r ***et*** ε_p ***:***

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e}\right)^n$$

(Equ. de la déf. permanente)

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_{p} : le taux de déformation réel permanent.*



courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

Relation entre ε_{r} et ε_{p} :

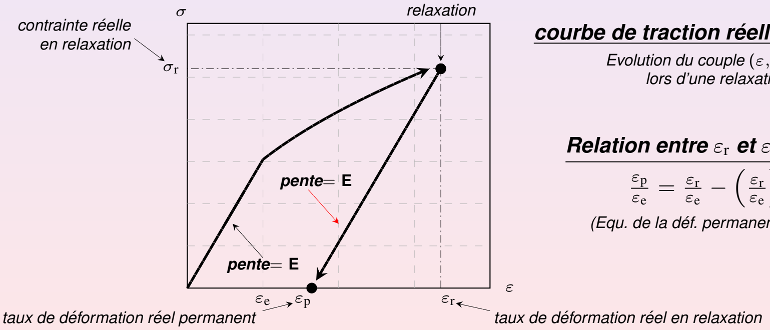
$$\frac{\varepsilon_{\mathrm{p}}}{\varepsilon_{\mathrm{e}}} = \frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e}}} - \left(\frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e}}}\right)^n$$

(Equ. de la déf. permanente)

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

Relation entre ε_r et ε_p :

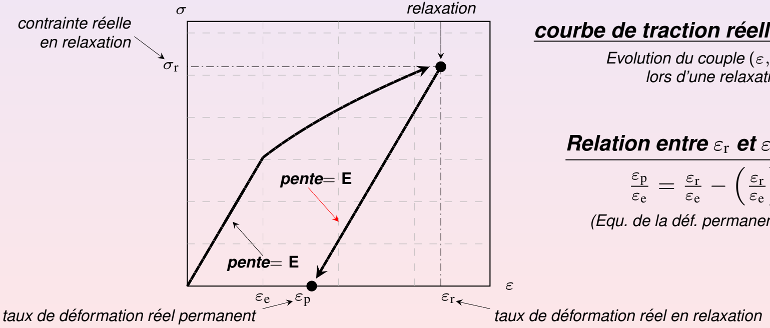
$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e}\right)^n$$

(Equ. de la déf. permanente)

2.5.1 Relaxation

Déformation permanente

- *Dans l'exp. de traction, on appelle **relaxation** le fait de laisser revenir la force (donc la contrainte réelle) à zéro.*
- *On observe que le point (ε, σ) représentatif de l'état de l'échantillon retourne sur l'axe $\sigma = 0$ en **ligne droite**. Cette ligne droite est parallèle à la montée élastique, sa pente est donc **exactement** égale au module d'Young E.*
- *Elle rejoint l'axe $\sigma = 0$ en l'abscisse ε_p : le taux de déformation réel permanent.*



courbe de traction réelle :

Evolution du couple (ε, σ) lors d'une relaxation.

Relation entre ε_r et ε_p :

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e}\right)^n$$

(Equ. de la déf. permanente)

2.5.2 Ecrouissage

Définition

- *Une pièce ayant subi une traction jusqu'en zone plastique est dite* ***écrouie****.*
- *Si l'échantillon écroui subit une nouvelle exp. de traction, il revient à l'état de relaxation de façon* ***élastique***

2.5.2 Ecrouissage

Définition

- *Une pièce ayant subi une traction jusqu'en zone plastique est dite **écrouie**.*
- *Si l'échantillon écroui subit une nouvelle exp. de traction, il revient à l'état de relaxation de façon **élastique** puis son point représentatif dans le plan (ε, σ) dessine la courbe qu'il aurait dessiné si la relaxation n'avait pas eu lieu*

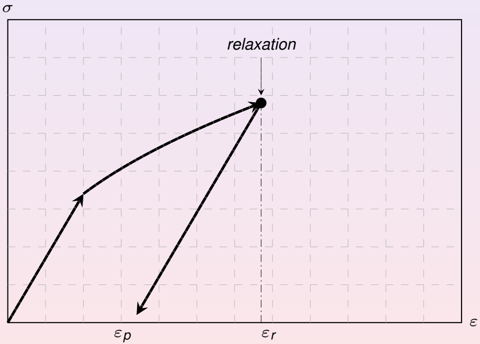


Fig.9 *Reprise de l'exp. de traction après relaxation.*

2.5.2 Ecrouissage

Définition

- *Une pièce ayant subi une traction jusqu'en zone plastique est dite **écrouie**.*
- *Si l'échantillon écroui subit une nouvelle exp. de traction, il revient à l'état de relaxation de façon **élastique** puis son point représentatif dans le plan (ε, σ) dessine la courbe qu'il aurait dessiné si la relaxation n'avait pas eu lieu*

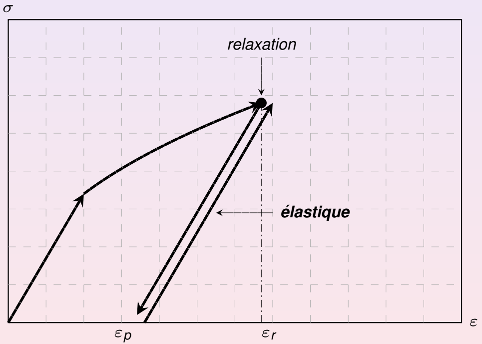


Fig.9 *Reprise de l'exp. de traction après relaxation.*

Définition

- *Une pièce ayant subi une traction jusqu'en zone plastique est dite **écrouie**.*
- *Si l'échantillon écroui subit une nouvelle exp. de traction, il revient à l'état de relaxation de façon **élastique** puis son point représentatif dans le plan* (ε, σ) *dessine la courbe qu'il aurait dessiné si la relaxation n'avait pas eu lieu.*

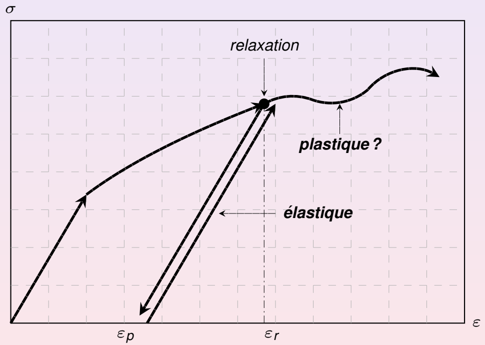


Fig.9 *Reprise de l'exp. de traction après relaxation.*

2.5.2 Ecrouissage

Définition

- *Une pièce ayant subi une traction jusqu'en zone plastique est dite **écrouie**.*
- *Si l'échantillon écroui subit une nouvelle exp. de traction, il revient à l'état de relaxation de façon **élastique** puis son point représentatif dans le plan* (ε, σ) *dessine la courbe qu'il aurait dessiné si la relaxation n'avait pas eu lieu.*

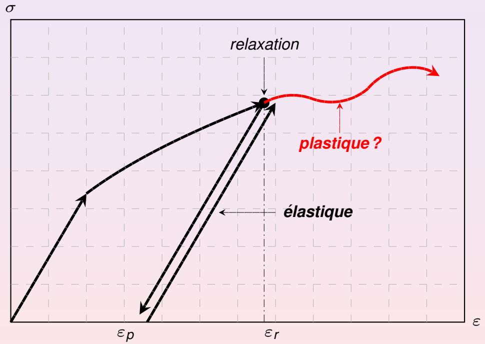


Fig.9 *Reprise de l'exp. de traction après relaxation.*

2.5.2 Ecrouissage

Définition

- *Une pièce ayant subi une traction jusqu'en zone plastique est dite* ***écrouie****.*
- *Si l'échantillon écroui subit une nouvelle exp. de traction, il revient à l'état de relaxation de façon* ***élastique*** *puis son point représentatif dans le plan* (ε, σ) *dessine la courbe qu'il aurait dessiné si la relaxation n'avait pas eu lieu.*

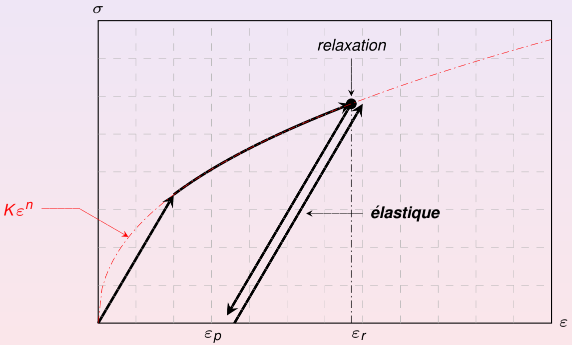


Fig.9 *Reprise de l'exp. de traction après relaxation.*

2.5.2 Ecrouissage

Définition

- *Une pièce ayant subi une traction jusqu'en zone plastique est dite **écrouie**.*
- *Si l'échantillon écroui subit une nouvelle exp. de traction, il revient à l'état de relaxation de façon **élastique** puis son point représentatif dans le plan* (ε, σ) *dessine la courbe qu'il aurait dessiné si la relaxation n'avait pas eu lieu.*

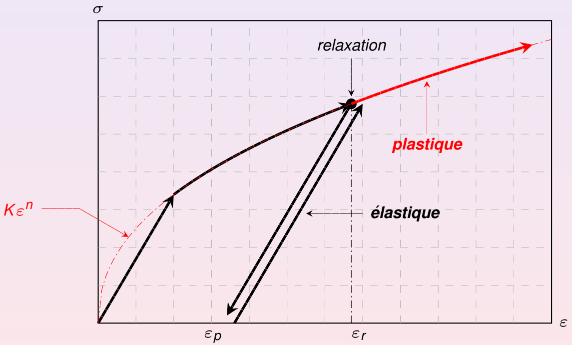


Fig.9 *Reprise de l'exp. de traction après relaxation.*

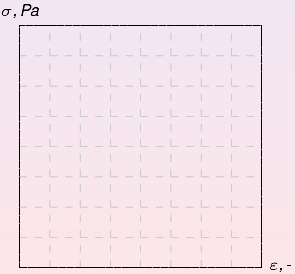
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel ε_{ult}, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse.* *La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\text{p;ult}} = \varepsilon_{\text{ult}} - \varepsilon_{e}^{1-n}\varepsilon_{\text{ult}}^{n} \qquad (3)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\text{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



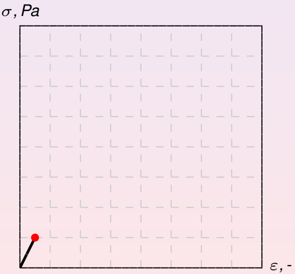
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \qquad (8)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



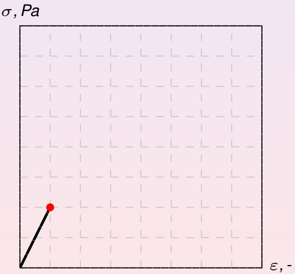
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_e^{1-n} \varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \quad (3)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



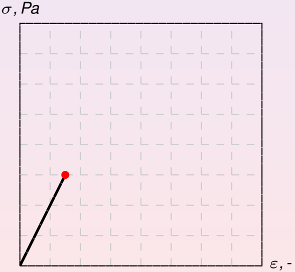
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse.* *La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - a^{\frac{1-n}{n}} \sigma_{\mathrm{ult}} \qquad (5)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



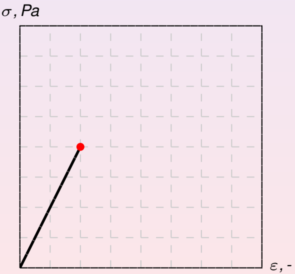
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel ε_{ult}, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\text{p;ult}} = \varepsilon_{\text{ult}} - \ldots$$ [illegible]

- *Le taux $\varepsilon_{\text{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



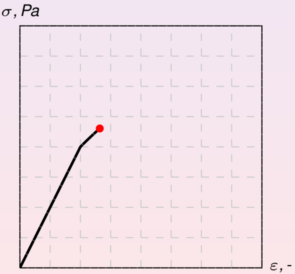
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé* ***taux de déformation réel en rupture****, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la* ***contrainte de traction ultime (réelle)****. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n}\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \qquad (8)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le* ***plus grand taux de déformation*** *qu'on peut induire de façon* ***permanente*** *dans un échantillon !*



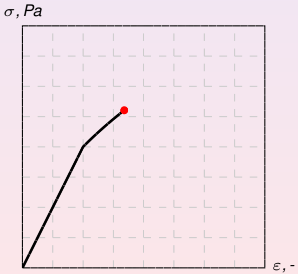
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \quad (3)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



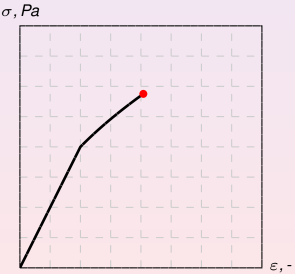
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_e^{1-n}\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \qquad (8)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



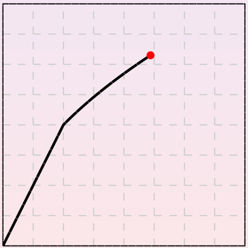
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse.* *La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_e^{1-n}\,\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \qquad (3)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



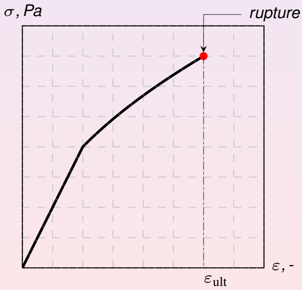
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_{0}^{\frac{1-n}{n}}\,\sigma_{\mathrm{ult}} \qquad (8)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



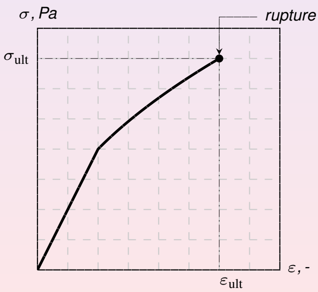
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel ε_{ult}, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\text{p;ult}} = \varepsilon_{\text{ult}} - \varepsilon_e^{1-n}\,\varepsilon_{\text{ult}}^{n} \qquad (8)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\text{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



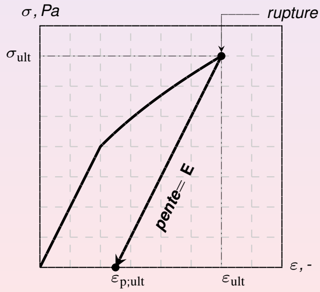
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel ε_{ult}, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\text{p;ult}} = \varepsilon_{\text{ult}} - \varepsilon_{\text{e}}^{1-n}\varepsilon_{\text{ult}}^{n} \tag{8}$$

- *Le taux $\varepsilon_{\text{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



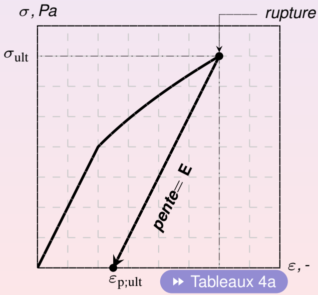
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n}\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \qquad (8)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



Tableaux 4a

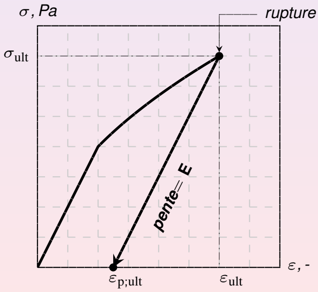
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n}\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \tag{8}$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



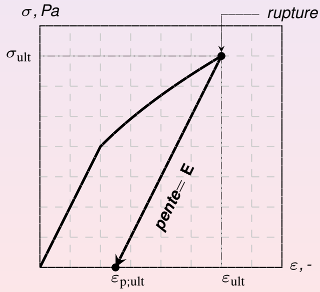
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n}\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \tag{8}$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



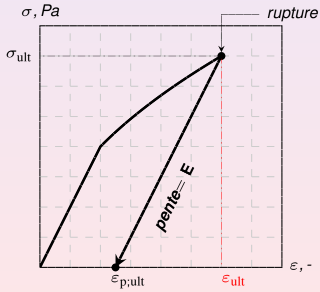
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel ε_{ult}, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\text{p;ult}} = \varepsilon_{\text{ult}} - \varepsilon_{\text{e}}^{1-n}\varepsilon_{\text{ult}}^{n} \tag{8}$$

- *Le taux $\varepsilon_{\text{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



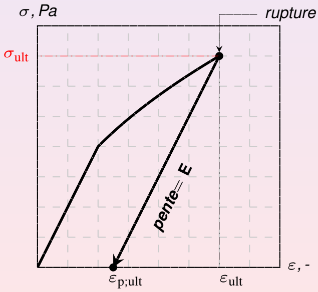
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n} \varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \tag{8}$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



ATTENTION : *Il ne faut pas confondre la contrainte de traction ultime σ_{ult} et la résistance R_{m} qui sera introduite au trspt. 2.7.1 et qui représente la force maximale qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter sans rompre (cf. trspt. 2.7.3).*

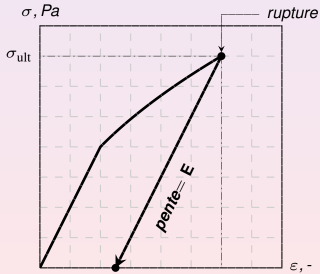
2.5.3 Contrainte de traction ultime

Rupture et déformation permanente maximale

- *Dans une expérience de traction, il existe un taux de déformation réel $\varepsilon_{\mathrm{ult}}$, appelé **taux de déformation réel en rupture**, à partir duquel l'échantillon se casse. La contrainte réelle mesurée à ce moment-là est la **contrainte de traction ultime (réelle)**. Elle est notée σ_{ult}.*
- *Depuis la situation de rupture, la relaxation amène l'échantillon à un état de déformation permanente caractérisé par le taux réel :*

$$\varepsilon_{\mathrm{p;ult}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}} - \varepsilon_{\mathrm{e}}^{1-n}\varepsilon_{\mathrm{ult}}^{n} \qquad (8)$$

- *Le taux $\varepsilon_{\mathrm{p;ult}}$ est ainsi le **plus grand taux de déformation** qu'on peut induire de façon **permanente** dans un échantillon !*



***ATTENTION :** Il ne faut pas confondre la contrainte de traction ultime σ_{ult} et la résistance R_{m} qui sera introduite au trspt. 2.7.1 et qui représente la force maximale qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter sans rompre (cf. trspt. 2.7.3).*

▸ Exos 4, Série 1 : notion de déformabilité en élasticité/plasticité, calcul des forces

Programme de la seconde partie

6. Les propriétés géométriques, loi de Poisson

7. La force de traction et la contrainte nominale

8. L'inversion de la fonction de traction, applications

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue.* *Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique* ($\varepsilon < \varepsilon_e$)*, la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textit{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0\mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique* $(\varepsilon < \varepsilon_e)$*, la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \text{(déf. élastique)} \tag{9}$$

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique ($\varepsilon < \varepsilon_e$), la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \text{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient $\nu > 0$ est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \textit{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique ($\varepsilon < \varepsilon_e$), la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \text{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient $\nu > 0$ est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

"Programme" aux tableaux

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation ε :*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ et $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique ($\varepsilon < \varepsilon_{\mathrm{e}}$), la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textit{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient $\nu > 0$ est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique (*$\varepsilon < \varepsilon_{\mathrm{e}}$*), la variation relative de rayon et l'accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textbf{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$*.*

- *Dans le domaine élastique* ($\varepsilon < \varepsilon_{\mathrm{e}}$)*, la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textbf{(déf. élastique)} \tag{9}$$

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique (*$\varepsilon < \varepsilon_{\mathrm{e}}$*), la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textbf{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

  à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.
- *Dans le domaine élastique* ($\varepsilon < \varepsilon_{\mathrm{e}}$)*, la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textbf{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

  à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$*.*
- *Dans le domaine élastique* ($\varepsilon < \varepsilon_{\mathrm{e}}$)*, la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textbf{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon **reste cylindrique**, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation ε :*

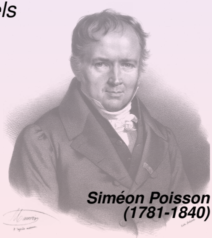
$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0\mathbf{e}^{\varepsilon}$ et $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique ($\varepsilon < \varepsilon_{\mathrm{e}}$), la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textit{\textbf{(déf. élastique)}} \qquad (9)$$

- *Le coefficient $\nu > 0$ est appelé **coefficient de Poisson**. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*



Siméon Poisson (1781-1840)

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

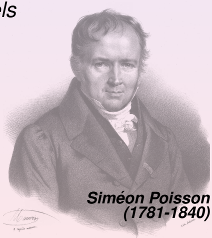
$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique (*$\varepsilon < \varepsilon_{\mathrm{e}}$*), la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textbf{(déf. élastique)} \qquad (9)$$

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*



Siméon Poisson (1781-1840)

Formule de Poisson différentielle aux tableaux

2.6.1 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

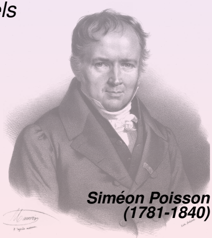
- *Avant que des cous étroits n'apparaissent sur l'échantillon (striction) l'échantillon* ***reste cylindrique****, mais son rayon diminue. Le but de ce paragraphe est de trouver un moyen d'exprimer le rayon, la section droite et le volume de l'échantillon en fonction du taux de déformation* ε *:*

$$r = r(\varepsilon), \quad S = S(\varepsilon) \quad \text{et} \quad V = V(\varepsilon),$$

à l'instar de ce qu'on a fait dans la section qui précède pour la longueur et la contrainte réelle : $l = l(\varepsilon) = l_0 \mathbf{e}^{\varepsilon}$ *et* $\sigma = \sigma(\varepsilon) = E\varepsilon$.

- *Dans le domaine élastique (*$\varepsilon < \varepsilon_e$*), la variation relative de rayon et l' accroissement relatif de longueur sont proportionnels*

$$\frac{dr}{r} = -\nu \frac{dl}{l} \quad \textbf{(déf. élastique)} \qquad (9)$$



Siméon Poisson (1781-1840)

- *Le coefficient* $\nu > 0$ *est appelé* ***coefficient de Poisson****. C'est une caractéristique mécanique importante des matériaux.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \le \varepsilon_e. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \le \varepsilon_e \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \le \varepsilon_e \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \le 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

Tableaux 5c

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible.***

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}, \ \varepsilon \leq \varepsilon_e. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, \ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}, \ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible.***

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \qquad (10)$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \qquad (11)$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \qquad (12)$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \qquad (13)$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit incompressible.

Formules de Poisson au tableau

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_e \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_\mathrm{e} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément.*
  Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit incompressible.

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit incompressible.

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

Condition sur ν aux tableaux

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit ***incompressible****.*

2.6.2 Rapport entre les propriétés géométriques

Elasticité-Loi de Poisson

- *L'équation différentielle (9) s'intègre en*

$$\frac{r}{r_0} = \mathbf{e}^{-\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}}. \tag{10}$$

- *Les rapports entre sections ($S = \pi r^2$ et $S_0 = \pi r_0^2$) et entre volumes ($V = Sl$ et $V_0 = S_0 l_0$) sont :*

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{11}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{S}{S_0}\frac{l}{l_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon},\ \varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{12}$$

- *Lors de l'expérience de traction, longueur et volume augmentent simultanément. Cette remarque contraint les valeurs possibles du coefficient de Poisson ν :*

$$\nu \leq 0.5 \tag{13}$$

*Si $\nu = \frac{1}{2}$, le volume reste cst. ($V = V_0$), l'échantillon est dit **incompressible**.*

Exos 2 et 3, Série 2 : Identification de ν + analyse d'un écrouissage excessif dans le cas incompressible

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité,* autrement dit :

$$V = V_e,\ \varepsilon \geq \varepsilon_e, \tag{14}$$

avec V_e, le volume en limite élastique .

- La conclusion de (14) est que

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_e}{V_0} = e^{(1-2\nu)\varepsilon_e}, \quad \varepsilon > \varepsilon_e \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = e^{(1-2\nu)\varepsilon_e} e^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_e \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = e^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_e - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_e \tag{17}$$

Armand Considère (1841-1914)

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

Armand Considère (1841-1914)

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_\mathrm{e},\ \varepsilon \geq \varepsilon_\mathrm{e}, \tag{14}$$

avec V_e, le volume en limite élastique .

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_\mathrm{e}}{V_0} = \mathrm{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_\mathrm{e} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathrm{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e}}\mathrm{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_\mathrm{e} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathrm{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_\mathrm{e} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_\mathrm{e} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}},\quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}\mathbf{e}^{-\varepsilon},\quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon},\quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} \mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}\mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

Armand Considère (1841-1914)

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$, *le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}\mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}\mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

Armand Considère (1841-1914)

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

Armand Considère (1841-1914)

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}\mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}\mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$, *le volume en limite élastique (12).*

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} \mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

Armand Considère (1841-1914)

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

Armand Considère (1841-1914)

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$, *le volume en limite élastique (12).*

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}\mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

Armand Considère (1841-1914)

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}}, \ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$, *le volume en limite élastique (12).*

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} \mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} \mathbf{e}^{-\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$, *le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon} \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon} \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère


Armand Considère (1841-1914)

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon} \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\varepsilon} \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\varepsilon} \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

Armand Considère (1841-1914)

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\varepsilon} \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_{\mathrm{e}},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{\mathrm{e}}, \tag{14}$$

avec $V_{\mathrm{e}} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}} V_0$, *le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_{\mathrm{e}}}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon} \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e}} \tag{17}$$

▸▸ Formules de Considère aux tableaux

2.6.3 Rapport entre les propriétés géométriques

Plasticité-Théorie de Considère

- *La théorie de Considère repose sur l'hypothèse que le volume de l'échantillon ne change plus dès lors qu'il a atteint la plasticité, autrement dit :*

$$V = V_e,\ \varepsilon \geq \varepsilon_e, \tag{14}$$

avec $V_e = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e} V_0$*, le volume en limite élastique (12).*

Armand Considère (1841-1914)

- *La conclusion de (14) est que*

$$\frac{V}{V_0} = \frac{V_e}{V_0} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e}, \quad \varepsilon > \varepsilon_e \tag{15}$$

$$\frac{S}{S_0} = \frac{V}{V_0} \times \frac{l_0}{l} = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon} \quad \varepsilon > \varepsilon_e \tag{16}$$

$$\frac{r}{r_0} = \left(\frac{S}{S_0}\right)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{e}^{\left(\frac{1}{2}-\nu\right)\varepsilon_e - \frac{1}{2}\varepsilon}, \quad \varepsilon > \varepsilon_e \tag{17}$$

Exo 4, Série 2 : application de la théorie de Considère

Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_p < V_0.$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$

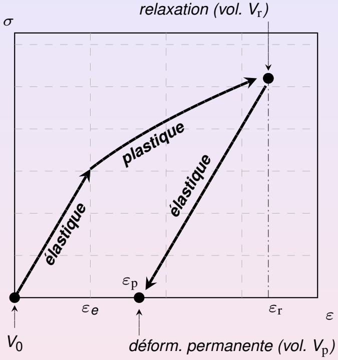
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_{\mathrm{p}} < V_0.$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



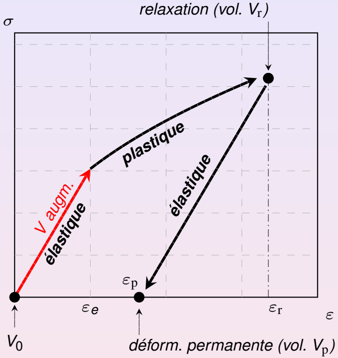
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_{\mathrm{p}} < V_0.$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



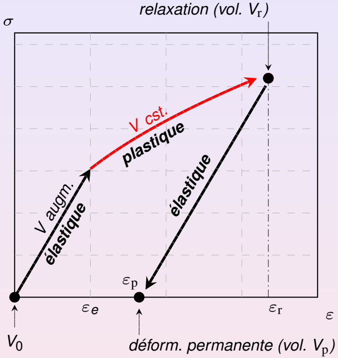
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_{\mathrm{p}} < V_0 .$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



2.6.4 Rapport entre les propriétés géométriques

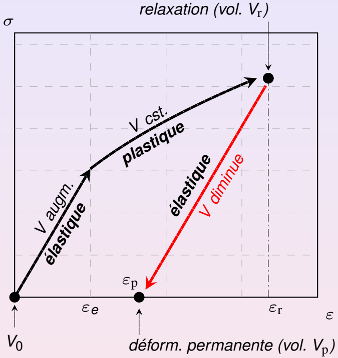
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_{\mathrm{p}} < V_0.$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



2.6.4 Rapport entre les propriétés géométriques

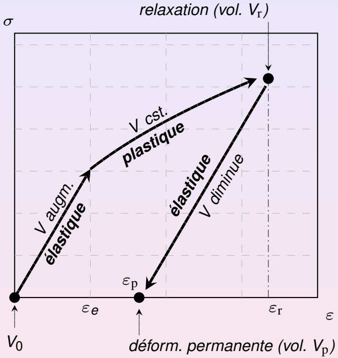
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_\mathrm{p} < V_0.$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



- *Il faudrait remplacer les rel. (15)-(17) par des équations qui prédisent qu'un cycle écrouissage-relaxation **conserve** le volume de l'échantillon $V_\mathrm{p} = V_0$.*
- *Ces équations sont celles de Hencky. Elles sont plus compliquées que celles de Considère , or, pour un matériau standard ($n \simeq 0$ et $\nu \simeq \frac{1}{2}$), elles prédisent des comportements très voisins. En pratique, on appliquera donc (15)-(17).*

2.6.4 Rapport entre les propriétés géométriques

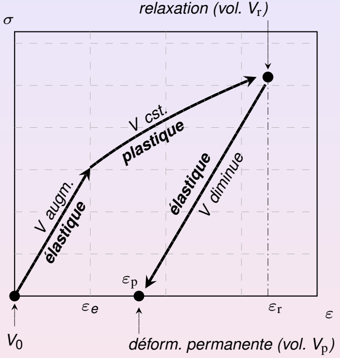
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_{\mathrm{p}} < V_0.$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



- *Il faudrait remplacer les rel. (15)-(17) par des équations qui prédisent qu'un cycle écrouissage-relaxation **conserve** le volume de l'échantillon $V_{\mathrm{p}} = V_0$.*
- *Ces équations sont celles de Hencky. Elles sont plus compliquées que celles de Considère or, pour un matériau standard ($n \simeq 0$ et $\nu \simeq \frac{1}{2}$), elles prédisent des comportements très voisins. En pratique, on appliquera donc (15)-(17).*

2.6.4 Rapport entre les propriétés géométriques

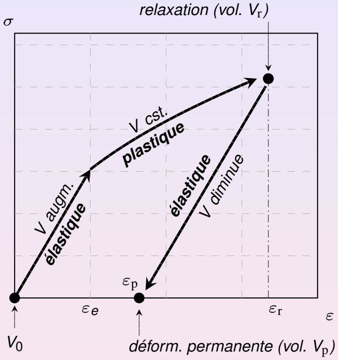
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_{\mathrm{p}} < V_0 .$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



- *Il faudrait remplacer les rel. (15)-(17) par des équations qui prédisent qu'un cycle écrouissage-relaxation* ***conserve*** *le volume de l'échantillon $V_{\mathrm{p}} = V_0$.*
- *Ces équations sont celles de Hencky. Elles sont plus compliquées que celles de Considère or, pour un matériau standard ($n \simeq 0$ et $\nu \simeq \frac{1}{2}$), elles prédisent des comportements très voisins. En pratique, on appliquera donc (15)-(17).*

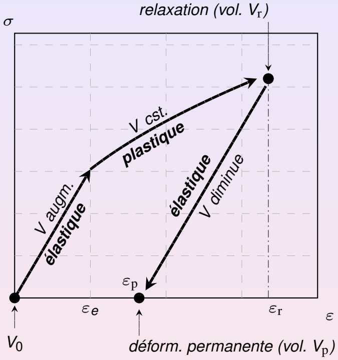
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_{\mathrm{p}} < V_0 .$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



- *Il faudrait remplacer les rel. (15)-(17) par des équations qui prédisent qu'un cycle écrouissage-relaxation **conserve** le volume de l'échantillon $V_{\mathrm{p}} = V_0$.*
- *Ces équations sont celles de Hencky. Elles sont plus compliquées que celles de Considère or, pour un matériau standard ($n \simeq 0$ et $\nu \simeq \frac{1}{2}$), elles prédisent des comportements très voisins. En pratique, on appliquera donc (15)-(17).*

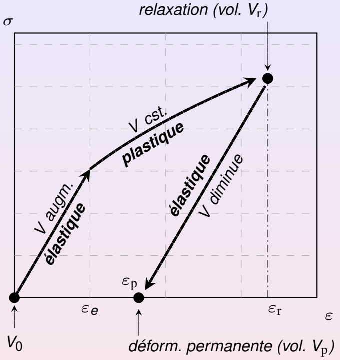
Inconsistance de la Théorie de Considère

- *Dans les faits, la Théorie de Considère est inconsistante. En effet, elle prédit qu'un échantillon soumis à un cycle écrouissage-relaxation diminue de volume (cf. exos) :*

$$V_\mathrm{p} < V_0.$$

et même que l'échantillon disparaît si on répète ce cycle indéfiniment :

$$V_0 \to 0.$$



- *Il faudrait remplacer les rel. (15)-(17) par des équations qui prédisent qu'un cycle écrouissage-relaxation* ***conserve*** *le volume de l'échantillon $V_\mathrm{p} = V_0$.*
- *Ces équations sont celles de Hencky. Elles sont plus compliquées que celles de Considère or, pour un matériau standard ($n \simeq 0$ et $\nu \simeq \frac{1}{2}$), elles prédisent des comportements très voisins. En pratique, on appliquera donc (15)-(17).*

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 :*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 :*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke,* ***Ludwik***[1]*, Poisson, Considère) donnent* σ *et* S *en fonction de* ε *et* S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ *et* $S = S_0 s(\varepsilon)$ *avec* $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ *ou bien* $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.
- *La force de traction* $F = \sigma S$ *est donc proportionelle à* S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.
- *Le rapport* $R = F/S_0$ *est appelé contrainte nominale* : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$

▸ Contrainte et taux de déformation nominaux et réels

1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

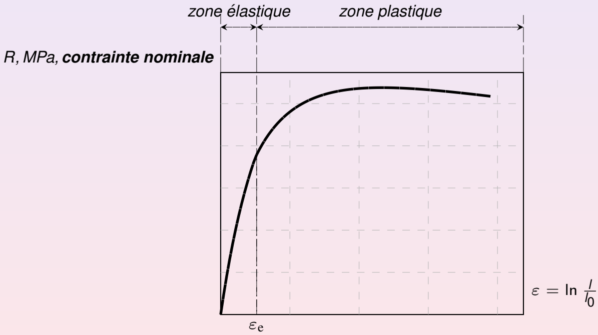
- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent* σ *et* S *en fonction de* ε *et* S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ *et* $S = S_0 s(\varepsilon)$ *avec* $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ *ou bien* $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.
- *La force de traction* $F = \sigma S$ *est donc proportionelle à* S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.
- *Le rapport* $R = F/S_0$ *est appelé contrainte nominale :* $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$

1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

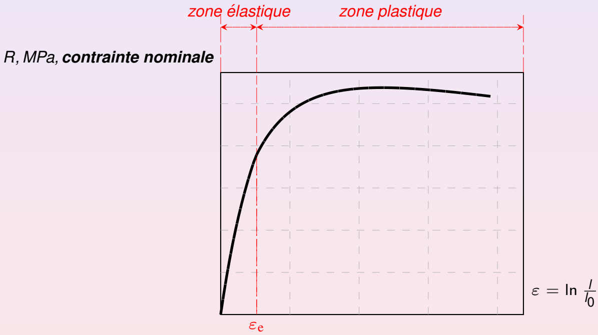


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contraintes nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0 \left[\sigma(\varepsilon) s(\varepsilon)\right]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon) s(\varepsilon)$*

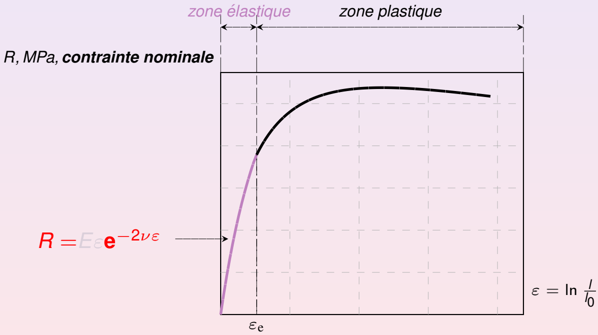


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

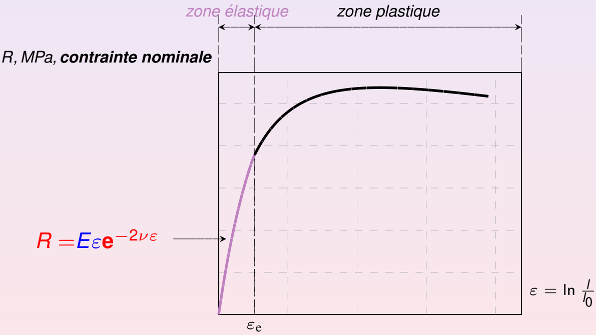


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

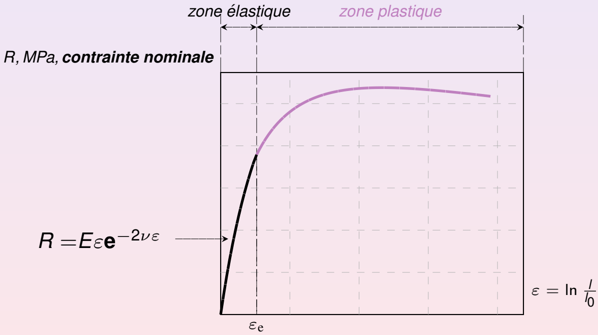


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R=\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

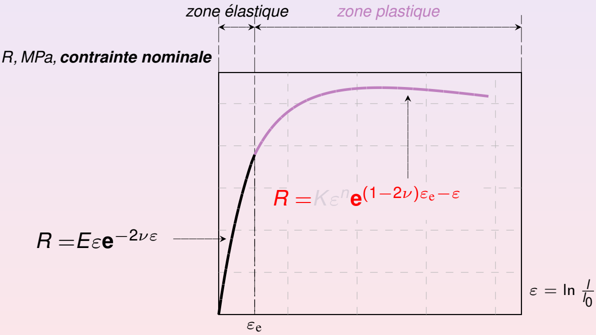


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

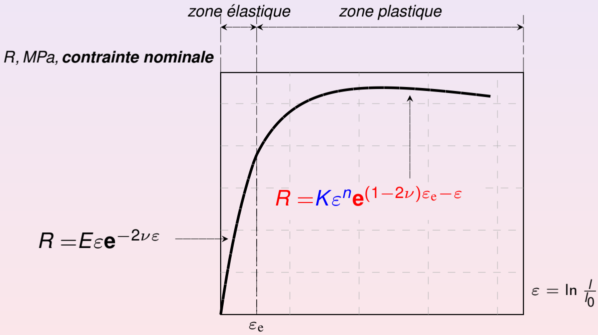
- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e}-\varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*



1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

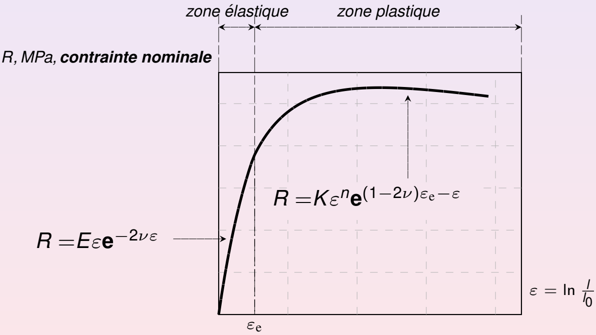


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

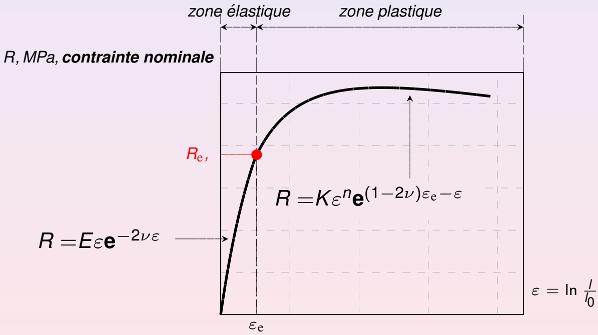


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0 [\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

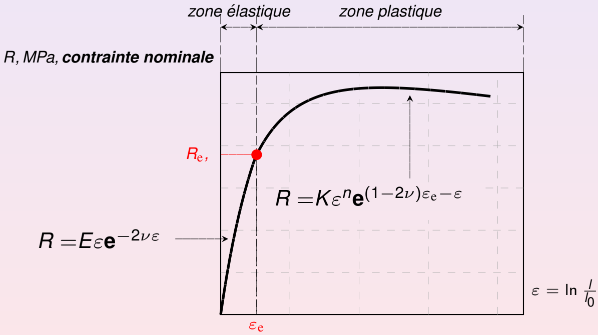


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

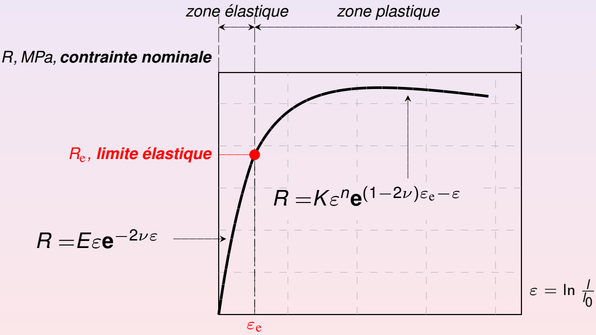


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

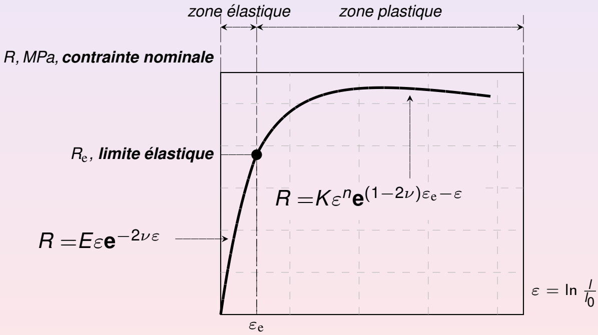


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

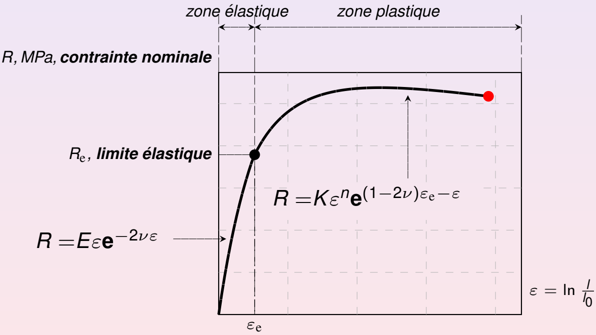
- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*



1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

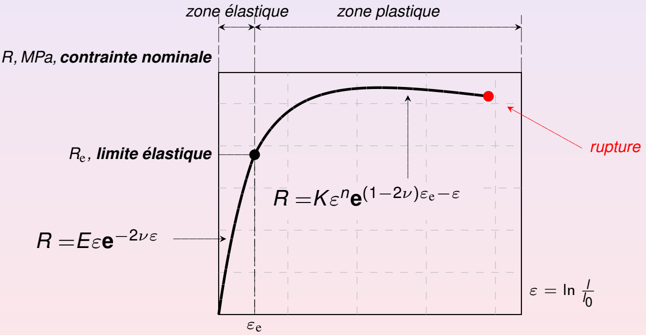


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

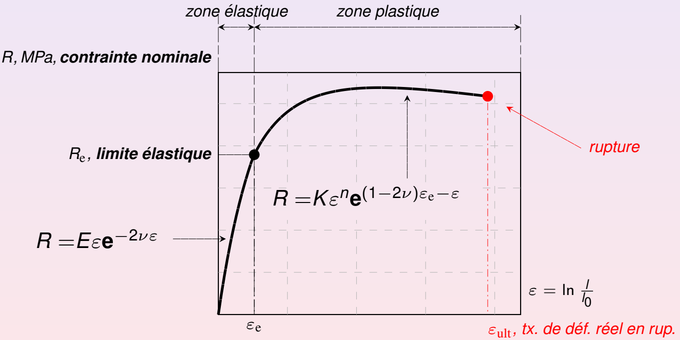
- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*



1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R=\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

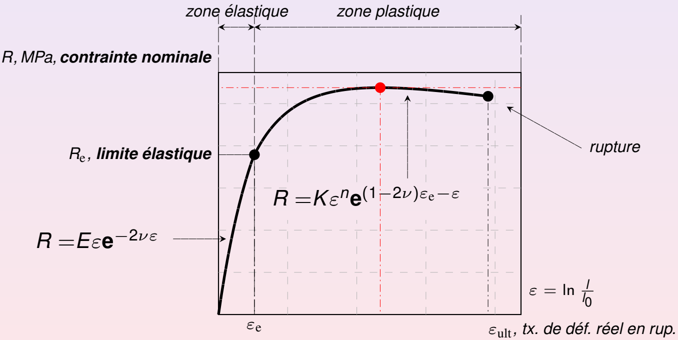


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

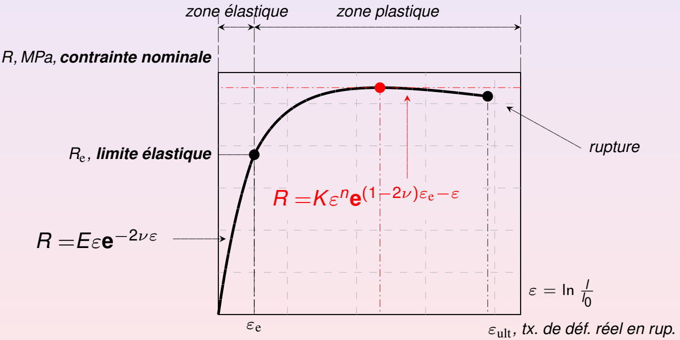


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

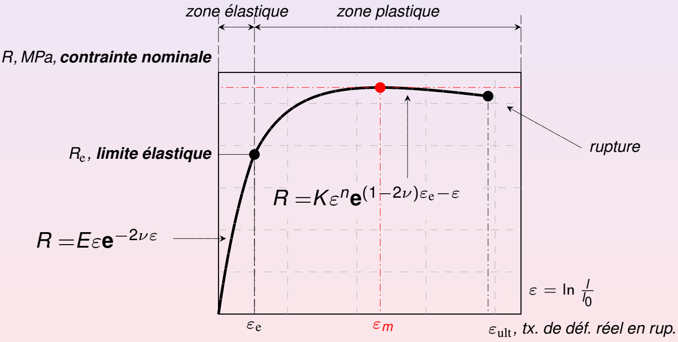


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0 [\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

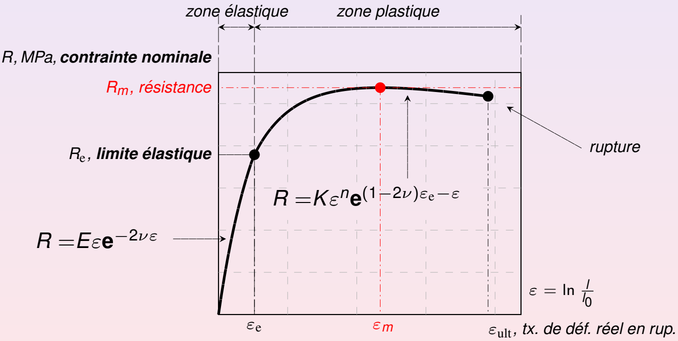


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

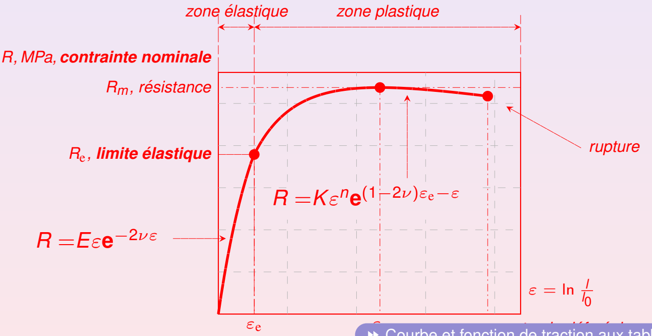


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*

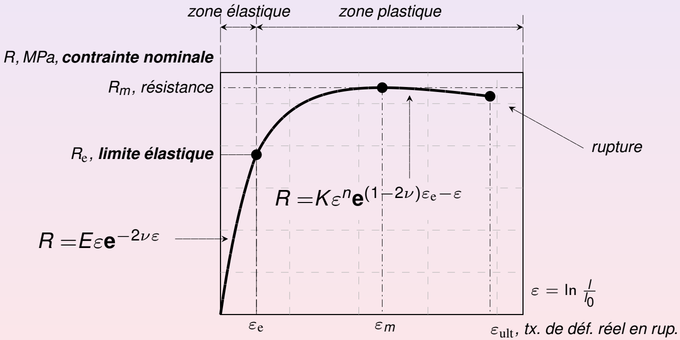


▶▶ Courbe et fonction de traction aux tableaux

1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent* σ *et* S *en fonction de* ε *et* S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ *et* $S = S_0 s(\varepsilon)$ *avec* $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ *ou bien* $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.
- *La force de traction* $F = \sigma S$ *est donc proportionelle à* S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.
- *Le rapport* $R = F/S_0$ *est appelé contrainte nominale :* $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$

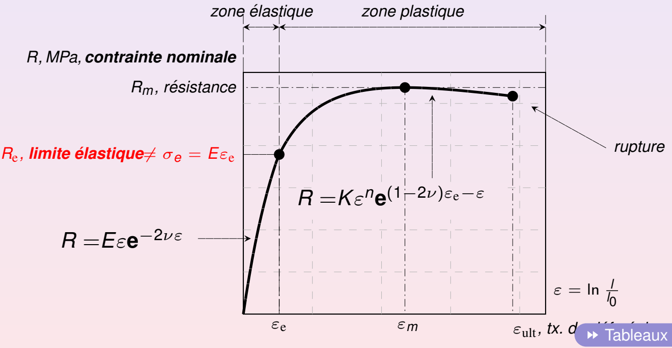


1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent σ et S en fonction de ε et S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ et $S = S_0 s(\varepsilon)$ avec $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ ou bien $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.*
- *La force de traction $F = \sigma S$ est donc proportionelle à S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.*
- *Le rapport $R = F/S_0$ est appelé contrainte nominale : $R{=}\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$*



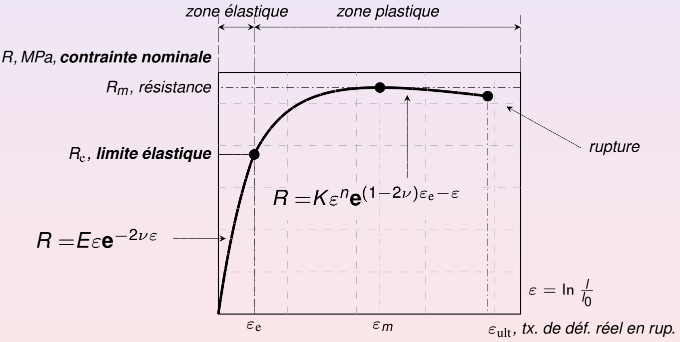
Tableaux 5cTER

1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.1 Force et courbe de traction

Contrainte nominale pour un matériau revenu (appr. de Considère)

- *Les lois (Hooke, **Ludwik**[1], Poisson, Considère) donnent* σ *et* S *en fonction de* ε *et* S_0 : $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ *et* $S = S_0 s(\varepsilon)$ *avec* $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ *ou bien* $s(\varepsilon) = \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$.
- *La force de traction* $F = \sigma S$ *est donc proportionelle à* S_0 : $F = S_0\,[\sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)]$.
- *Le rapport* $R = F/S_0$ *est appelé contrainte nominale :* $R = \sigma(\varepsilon)s(\varepsilon)$



1. La situation obtenue avec d'autres lois d'écrouissage (e.g. Swift) sera traitée en exercice.

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_e

(1) ***(Cas général)*** *Si $\varepsilon_e < n \leq \varepsilon_{ult}$, alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_m = n; \quad R_m = K\left(\frac{n}{e}\right)^n e^{(1-2\nu)\varepsilon_e}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si $n > \varepsilon_{ult}$ alors la résistance est atteinte à la* ***rupture****. Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par σ_{ult} la contrainte de traction ultime réelle, on a :*

$$\varepsilon_m = \varepsilon_{ult}; \quad R_m = F(\varepsilon_{ult}) = \sigma_{ult} e^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon_{ult}}$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si $n < \varepsilon_e$ alors la résistance est atteinte en* ***zone élastique*** *:*

$$\text{si } \varepsilon_e < \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_m = \varepsilon_e; \quad R_m = R_e;$$
$$\text{si } \varepsilon_e \geq \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_m = \frac{1}{2\nu}; \quad R_m = \frac{E}{2\nu e}.$$

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_{e}

(1) ***(Cas général)*** *Si* $\varepsilon_{\mathrm{e}} < n \leq \varepsilon_{\mathrm{ult}}$, *alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = n; \quad R_{\mathrm{m}} = K\left(\frac{n}{\mathbf{e}}\right)^{n} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si* $n > \varepsilon_{\mathrm{ult}}$ *alors la résistance est atteinte à la* ***rupture****. Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par* σ_{ult} *la contrainte de traction ultime réelle, on a :*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R(\varepsilon_{\mathrm{ult}}) = \sigma_{\mathrm{ult}} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{ult}}}.$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si* $n < \varepsilon_{\mathrm{e}}$ *alors la résistance est atteinte en* ***zone élastique*** *:*

$$\text{Si } \varepsilon_{\mathrm{e}} < \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{e}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R_{\mathrm{e}},$$

$$\text{Si } \varepsilon_{\mathrm{e}} \geq \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \frac{1}{2\nu}; \quad R_{\mathrm{m}} = \frac{E}{2\nu\mathbf{e}}.$$

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_{e}

(1) ***(Cas général)*** *Si $\varepsilon_{\mathrm{e}} < n \leq \varepsilon_{\mathrm{ult}}$, alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = n; \quad R_{\mathrm{m}} = K\left(\frac{n}{\mathbf{e}}\right)^{n} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si $n > \varepsilon_{\mathrm{ult}}$ alors la résistance est atteinte à la* ***rupture****. Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par σ_{ult} la contrainte de traction ultime réelle, on a*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R(\varepsilon_{\mathrm{ult}}) = \sigma_{\mathrm{ult}} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon_{\mathrm{ult}}}$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si $n < \varepsilon_{\mathrm{e}}$ alors la résistance est atteinte en* ***zone élastique*** *:*

$$\text{Si } \varepsilon_{\mathrm{e}} < \frac{1}{2\nu}; \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{e}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R_{\mathrm{e}},$$

$$\text{Si } \varepsilon_{\mathrm{e}} \geq \frac{1}{2\nu}; \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \frac{1}{2\nu}; \quad R_{\mathrm{m}} = \frac{E}{2\nu \mathbf{e}}.$$

Résistance aux tableaux

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_{e}

(1) ***(Cas général)*** *Si $\varepsilon_{\mathrm{e}} < n \leq \varepsilon_{\mathrm{ult}}$, alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = n; \quad R_{\mathrm{m}} = K\left(\frac{n}{\mathbf{e}}\right)^{n} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si $n > \varepsilon_{\mathrm{ult}}$ alors la résistance est atteinte à la **rupture**. Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par σ_{ult} la contrainte de traction ultime réelle, on a*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R(\varepsilon_{\mathrm{ult}}) = \sigma_{\mathrm{ult}} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon_{\mathrm{ult}}}$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si $n < \varepsilon_{\mathrm{e}}$ alors la résistance est atteinte en **zone élastique** :*

$$\begin{aligned} &\text{si } \varepsilon_{\mathrm{e}} < \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{e}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R_{\mathrm{e}}, \\ &\text{si } \varepsilon_{\mathrm{e}} \geq \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \frac{1}{2\nu}; \quad R_{\mathrm{m}} = \frac{E}{2\nu\mathbf{e}}. \end{aligned}$$

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_{e}

(1) ***(Cas général)*** *Si $\varepsilon_{\mathrm{e}} < n \leq \varepsilon_{\mathrm{ult}}$, alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = n; \quad R_{\mathrm{m}} = K\left(\frac{n}{\mathbf{e}}\right)^{n} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si $n > \varepsilon_{\mathrm{ult}}$ alors la résistance est atteinte à la* ***rupture****.* *Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par σ_{ult} la contrainte de traction ultime réelle, on a*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R(\varepsilon_{\mathrm{ult}}) = \sigma_{\mathrm{ult}} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon_{\mathrm{ult}}}$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si $n < \varepsilon_{\mathrm{e}}$ alors la résistance est atteinte en* ***zone élastique*** *:*

$$\text{si } \varepsilon_{\mathrm{e}} < \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{e}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R_e,$$

$$\text{si } \varepsilon_{\mathrm{e}} \geq \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \frac{1}{2\nu}; \quad R_{\mathrm{m}} = \frac{E}{2\nu\mathbf{e}}.$$

Matériau fragile

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_e

(1) ***(Cas général)*** *Si* $\varepsilon_\mathrm{e} < n \leq \varepsilon_\mathrm{ult}$*, alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_\mathrm{m} = n; \quad R_\mathrm{m} = K\left(\frac{n}{\mathbf{e}}\right)^n \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e}}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si* $n > \varepsilon_\mathrm{ult}$ *alors la résistance est atteinte à la* ***rupture****. Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par* σ_ult *la contrainte de traction ultime réelle, on a*

$$\varepsilon_\mathrm{m} = \varepsilon_\mathrm{ult}; \quad R_\mathrm{m} = R(\varepsilon_\mathrm{ult}) = \sigma_\mathrm{ult}\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e} - \varepsilon_\mathrm{ult}}$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si* $n < \varepsilon_\mathrm{e}$ *alors la résistance est atteinte en* ***zone élastique*** *:*

$$\text{si } \varepsilon_\mathrm{e} < \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_\mathrm{m} = \varepsilon_\mathrm{e}; \qquad R_\mathrm{m} = R_\mathrm{e},$$

$$\text{si } \varepsilon_\mathrm{e} \geq \frac{1}{2\nu}: \quad \varepsilon_\mathrm{m} = \frac{1}{2\nu}; \quad R_\mathrm{m} = \frac{E}{2\nu\mathbf{e}}.$$

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_{e}

(1) ***(Cas général)*** *Si $\varepsilon_{\mathrm{e}} < n \leq \varepsilon_{\mathrm{ult}}$, alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = n; \quad R_{\mathrm{m}} = K \left(\frac{n}{\mathbf{e}}\right)^{n} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si $n > \varepsilon_{\mathrm{ult}}$ alors la résistance est atteinte à la **rupture**. Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par σ_{ult} la contrainte de traction ultime réelle, on a*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R(\varepsilon_{\mathrm{ult}}) = \sigma_{\mathrm{ult}} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon_{\mathrm{ult}}}$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si $n < \varepsilon_{\mathrm{e}}$ alors la résistance est atteinte en **zone élastique** :*

$$\text{si } \varepsilon_{\mathrm{e}} < \frac{1}{2\nu} : \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{e}}; \qquad R_{\mathrm{m}} = R_{e},$$

$$\text{si } \varepsilon_{\mathrm{e}} \geq \frac{1}{2\nu} : \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \frac{1}{2\nu}; \quad R_{\mathrm{m}} = \frac{E}{2\nu \mathbf{e}}.$$

▸ Matériau dur

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_e

(1) ***(Cas général)*** *Si $\varepsilon_\mathrm{e} < n \leq \varepsilon_\mathrm{ult}$, alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_\mathrm{m} = n; \quad R_\mathrm{m} = K\left(\frac{n}{\mathbf{e}}\right)^n \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e}}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si $n > \varepsilon_\mathrm{ult}$ alors la résistance est atteinte à la **rupture**. Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par σ_ult la contrainte de traction ultime réelle, on a*

$$\varepsilon_\mathrm{m} = \varepsilon_\mathrm{ult}; \quad R_\mathrm{m} = R(\varepsilon_\mathrm{ult}) = \sigma_\mathrm{ult}\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e}-\varepsilon_\mathrm{ult}}$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si $n < \varepsilon_\mathrm{e}$ alors la résistance est atteinte en **zone élastique** :*

$$\begin{aligned} &\textit{si } \varepsilon_\mathrm{e} < \tfrac{1}{2\nu} : \quad \varepsilon_\mathrm{m} = \varepsilon_\mathrm{e}; \qquad R_\mathrm{m} = R_e, \\ &\textit{si } \varepsilon_\mathrm{e} \geq \tfrac{1}{2\nu} : \quad \varepsilon_\mathrm{m} = \tfrac{1}{2\nu}; \quad R_\mathrm{m} = \tfrac{E}{2\nu\mathbf{e}}. \end{aligned}$$

2.7.2 Courbe de traction et résistance

La valeur de la résistance dépend de la localisation de n et ε_{e}

(1) ***(Cas général)*** *Si $\varepsilon_{\mathrm{e}} < n \leq \varepsilon_{\mathrm{ult}}$, alors la résistance est atteinte en phase d'écrouissage (cf. trspt. 2.7.1). Pour un matériau revenu et sous l'hyp. de Considère :*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = n; \quad R_{\mathrm{m}} = K\left(\frac{n}{\mathbf{e}}\right)^{n} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}}.$$

(2) ***(Cas matériau fragile)*** *Si $n > \varepsilon_{\mathrm{ult}}$ alors la résistance est atteinte à la **rupture**. Si on applique l'hypothèse de Considère et qu'on désigne par σ_{ult} la contrainte de traction ultime réelle, on a*

$$\varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{ult}}; \quad R_{\mathrm{m}} = R(\varepsilon_{\mathrm{ult}}) = \sigma_{\mathrm{ult}} \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}} - \varepsilon_{\mathrm{ult}}}$$

(3) ***(Cas matériau dur)*** *Si $n < \varepsilon_{\mathrm{e}}$ alors la résistance est atteinte en **zone élastique** :*

$$\begin{aligned} &\text{si } \varepsilon_{\mathrm{e}} < \tfrac{1}{2\nu} : \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \varepsilon_{\mathrm{e}}; \qquad R_{\mathrm{m}} = R_e, \\ &\text{si } \varepsilon_{\mathrm{e}} \geq \tfrac{1}{2\nu} : \quad \varepsilon_{\mathrm{m}} = \tfrac{1}{2\nu}; \quad R_{\mathrm{m}} = \tfrac{E}{2\nu\mathbf{e}}. \end{aligned}$$

2.7.3 Résistance et contrainte de traction utlime

Résistance et contrainte de traction ultime

- *La résistance R_{m} est la **force maximale** qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction**. Il ne faut par confondre R_{m} avec la contrainte de traction ultime σ_{ult} (cf. trspt. 2.5.3) qui correspond à la **contrainte de traction réelle** qu'on mesure au moment de la rupture. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction réelle**. A cause de la diminution des dimensions latérales (Poisson), on a toujours que*

$$\sigma_{\mathrm{ult}} > R_{\mathrm{m}}.$$

σ, *R*, *Pa*

ε, -

***Fig.** courbes de traction, matériau ductile*

Résistance et contrainte de traction ultime

- *La résistance R_m est la **force maximale** qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction**. Il ne faut par confondre R_m avec la contrainte de traction ultime σ_ult (cf. trspt. 2.5.3) qui correspond à la **contrainte de traction réelle** qu'on mesure au moment de la rupture. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction réelle**. A cause de la diminution des dimensions latérales (Poisson), on a toujours que*

$$\sigma_\mathrm{ult} > R_\mathrm{m}.$$

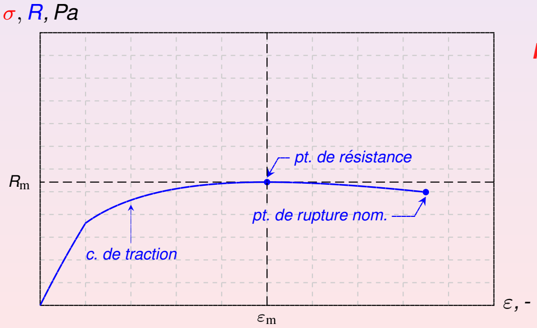


***Fig.** courbes de traction, matériau ductile*

Résistance et contrainte de traction ultime

- *La résistance R_m est la **force maximale** qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction**. Il ne faut par confondre R_m avec la contrainte de traction ultime σ_ult (cf. trspt. 2.5.3) qui correspond à la **contrainte de traction réelle** qu'on mesure au moment de la rupture. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction réelle**. A cause de la diminution des dimensions latérales (Poisson), on a toujours que*

$$\sigma_\mathrm{ult} > R_\mathrm{m}.$$

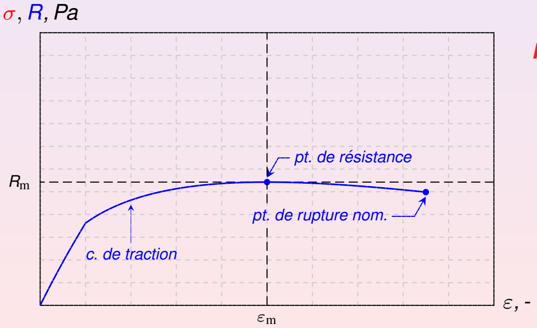


***Fig.** courbes de traction, matériau ductile*

2.7.3 Résistance et contrainte de traction utlime

Résistance et contrainte de traction ultime

- *La résistance R_m est la **force maximale** qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction**. Il ne faut par confondre R_m avec la contrainte de traction ultime σ_{ult} (cf. trspt. 2.5.3) qui correspond à la **contrainte de traction réelle** qu'on mesure au moment de la rupture. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction réelle**. A cause de la diminution des dimensions latérales (Poisson), on a toujours que*

$$\sigma_{ult} > R_m.$$

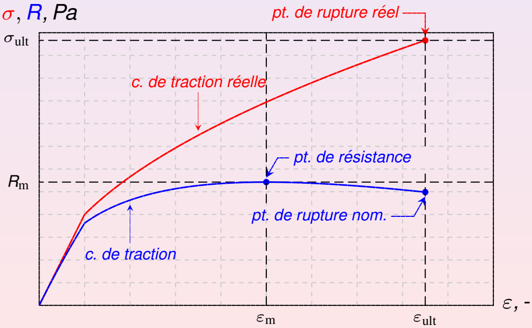


***Fig.** courbes de traction, matériau ductile*

Résistance et contrainte de traction ultime

- *La résistance R_m est la **force maximale** qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction**. Il ne faut par confondre R_m avec la contrainte de traction ultime σ_ult (cf. trspt. 2.5.3) qui correspond à la **contrainte de traction réelle** qu'on mesure au moment de la rupture. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction réelle**. A cause de la diminution des dimensions latérales (Poisson), on a toujours que*

$$\sigma_\mathrm{ult} > R_\mathrm{m}.$$

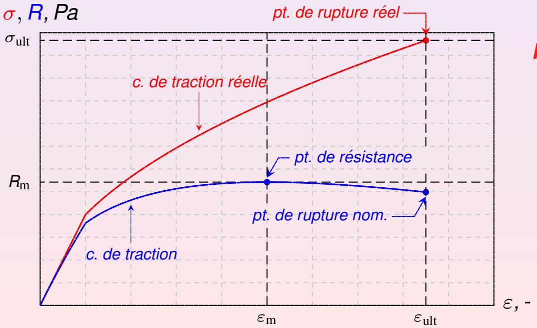


***Fig.** courbes de traction, matériau ductile*

Résistance et contrainte de traction ultime

- *La résistance R_m est la **force maximale** qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction**. Il ne faut par confondre R_m avec la contrainte de traction ultime σ_ult (cf. trspt. 2.5.3) qui correspond à la **contrainte de traction réelle** qu'on mesure au moment de la rupture. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction réelle**. A cause de la diminution des dimensions latérales (Poisson), on a toujours que*

$$\sigma_\mathrm{ult} > R_\mathrm{m}.$$

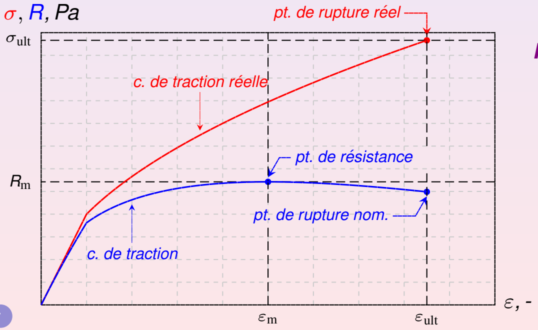


***Fig.** courbes de traction, matériau ductile*

▸ aller

Résistance et contrainte de traction ultime

- *La résistance R_{m} est la **force maximale** qu'un échantillon de traction de section initiale unité peut supporter. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction**. Il ne faut par confondre R_{m} avec la contrainte de traction ultime σ_{ult} (cf. trspt. 2.5.3) qui correspond à la **contrainte de traction réelle** qu'on mesure au moment de la rupture. Cette quantité se lit sur la **courbe de traction réelle**. A cause de la diminution des dimensions latérales (Poisson), on a toujours que*

$$\sigma_{\mathrm{ult}} > R_{\mathrm{m}}.$$

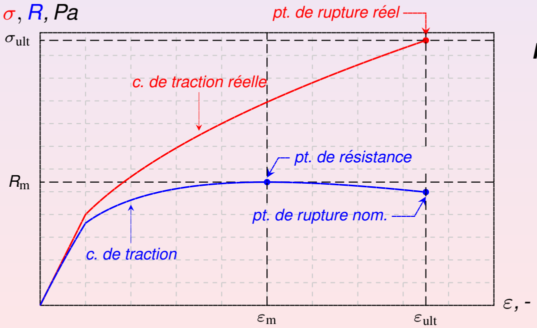


***Fig.** courbes de traction, matériau ductile*

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n} \right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

Tableaux 5cQAR

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

Module d'écrouissage aux tableaux

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m\left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

Tableaux 5cQIN

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e}}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

Fonction de traction aux tableaux

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

Tableaux 5d

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n} \right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

Utilisation de la fonction de traction

- *La fonction de traction permet de calculer la **force de traction** F nécessaire à atteindre un **taux de déformation** ε connu.*
- *Pour calculer le **taux de déformation** ε qu'on atteint lorsque la **force de traction** F est imposée, il faut inverser la fonction de traction.*

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_e}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

Utilisation de la fonction de traction

- *La fonction de traction permet de calculer la* ***force de traction*** *F nécessaire à atteindre un* ***taux de déformation*** *ε connu.*
- *Pour calculer le* ***taux de déformation*** *ε qu'on atteint lorsque la* ***force de traction*** *F est imposée, il faut inverser la fonction de traction.*

2.7.4 Fonction de traction

Fonction de traction (avec l'approximation de Considère)

- *Le module d'écrouissage est lié à la résistance. Pour un matériau revenu, on a*

$$K = R_m \left(\frac{\mathbf{e}}{n}\right)^n \mathbf{e}^{-(1-2\nu)\varepsilon_\mathrm{e}}$$

- *Pour un matériau revenu, on obtient ainsi une expression simple de la contrainte nominale*

$$R = \begin{cases} E\varepsilon\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}, & \varepsilon \leq \varepsilon_e \\ R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n, & \varepsilon \geq \varepsilon_e \end{cases}$$

Utilisation de la fonction de traction

- *La fonction de traction permet de calculer la **force de traction** F nécessaire à atteindre un **taux de déformation** ε connu.*
- *Pour calculer le **taux de déformation** ε qu'on atteint lorsque la **force de traction** F est imposée, il faut inverser la fonction de traction.*

Exo 3, Série 2 et Exo 1, Série 3 : manipulation de la contrainte et de la fonction de traction réelles

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{ult}}$$

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{ult}}$$

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ult}}$$

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{ult}}$$

▸ Inversion de la fonction de traction

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ult}}$$

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\mathrm{ult}}$$

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ult}}$$

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ult}}$$

▸▸ Equation de la déformation maximale aux tabl.

2.8.1 Inversion de la fonction de traction (cas général)

Trois cas se présentent :

(1) ***Cas élastique :*** *Si $F/S_0 \leq R_e$, l'équation à résoudre est*

$$\frac{F}{S_0} = E\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}.$$

(2) ***Cas plastique :*** *Si $R_e < F/S_0 < R_m$, l'équation à résoudre pour un matériau revenu et sous l'hypothèse de Considère, est*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n.$$

(3) ***Cas de rupture :*** *Si $F/S_0 > R_m$, la déformation peut être menée jusqu'à la rupture :*

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ult}}$$

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n .$$

▸ *Algorithme*

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est **transcendante**. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n .$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$*, on effectue l'itération de pt. fixe*
- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel*

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n .$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$*, on effectue l'itération de pt. fixe*
- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel*

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n.$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}}\sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$, *on effectue l'itération de pt. fixe*

$$x_{m+1} = \alpha \mathbf{e}^{x_m},\ m = 0, 1, 2 \ldots$$

- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel*

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n .$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$*, on effectue l'itération de pt. fixe*

$$x_{m+1} = \alpha \mathbf{e}^{x_m}, \ m = 0, 1, 2 \ldots$$

- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel*

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n .$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$*, on effectue l'itération de pt. fixe*

$$x_{m+1} = \alpha \mathbf{e}^{x_m}, \; m = 0, 1, 2 \ldots$$

- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel*

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n .$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$*, on effectue l'itération de pt. fixe*

$$x_{m+1} = \alpha \mathbf{e}^{x_m}, \; m = 0, 1, 2 \ldots$$

- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel* ($\varepsilon < n \equiv \varepsilon_m$)

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}}\right)^n .$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}}\sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$*, on effectue l'itération de pt. fixe*

$$x_{m+1} = \alpha \mathbf{e}^{x_m}, \; m = 0, 1, 2 \ldots$$

- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel* ($\varepsilon < n \equiv \varepsilon_m$)

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

▸ Exemple

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n .$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$, *on effectue l'itération de pt. fixe*

$$x_{m+1} = \alpha \mathbf{e}^{x_m}, \ m = 0, 1, 2 \ldots$$

- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel* ($\varepsilon < n \equiv \varepsilon_m$)

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

2.8.2 Inversion de la fonc. de traction, (cas plastique)

Observation

- *Même sous l'hypothèse de Considère, l'équation à résoudre est* ***transcendante****. dans le cas d'un matériau revenu, cette équation est :*

$$\frac{F}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon}{n}} \right)^n .$$

Méthode de résolution pour trouver $\varepsilon < n$

- *On pose* $\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$.
- *A partir de la condition initiale* $x_0 = \alpha$*, on effectue l'itération de pt. fixe*

$$x_{m+1} = \alpha \mathbf{e}^{x_m}, \ m = 0, 1, 2 \ldots$$

- *On appelle* $\bar{x}$ *sa limite et on trouve le taux de déformation réel* ($\varepsilon < n \equiv \varepsilon_m$)

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

Exo 2, Série 3 : inversion de la fonction de traction

Programme de la troisième partie

9. Energie de déformation
10. L'expérience de dureté
11. L'expérience de compression

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_f vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_f} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_f} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma d\varepsilon \qquad \text{(énergie spécifique de déformation)}$$

  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

Episode de traction

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon \qquad \textit{(énergie spécifique de déformation)}$$

  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
  - *Pour un matériau général, $V_{\mathrm{f}}\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon \qquad \textbf{\textit{(énergie spécifique de déformation)}}$$

  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
  - *Pour un matériau général, $V_f\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0\eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon \qquad \textbf{\textit{(énergie spécifique de déformation)}}$$

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
- *Pour un matériau général, $V_{\mathrm{f}}\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0\eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon$$ ***(énergie spécifique de déformation)***

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
- *Pour un matériau général, $V_f\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0\eta$$

où $\eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon$ ***(énergie spécifique de déformation)***

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est* ***incompressible*** *alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

où $\eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon$ ***(énergie spécifique de déformation)***

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une* ***sur-estimation*** *du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0\eta$$

où $\eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon$ ***(énergie spécifique de déformation)***

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

▸ Energie spécifique de déformation

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

où $\eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon$ ***(énergie spécifique de déformation)***

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

▸▸ L'unité de η est celle de σ, est-ce compatible pour une énergie spécifique ? (Tableaux 7f)

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

où $\eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon$ ***(énergie spécifique de déformation)***

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon \qquad \textbf{\textit{(énergie spécifique de déformation)}}$$

  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est*
  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

▸▸ Même si le matériau est compressible le produit $V_0\eta$ a un sens, lequel ? (Tableaux 7d)

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon \qquad \textbf{(énergie spécifique de déformation)}$$

  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sous-estimation** du travail A.*
  - *Pour un matériau général, $V_f\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_f vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_\mathrm{f}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est* ***incompressible*** *alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_\mathrm{f}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

où $\eta = \int_0^{\varepsilon_\mathrm{f}} \sigma d\varepsilon$ ***(énergie spécifique de déformation)***

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une* ***sous-estimation*** *du travail A.*
- *Pour un matériau général, $V_\mathrm{f}\eta$ est une* ***sur-estimation*** *du travail A.*

Il est aussi possible d'obtenir une sur-estimation du travail A (Tableaux 7e)

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est* ***incompressible*** *alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon \qquad \textbf{(énergie spécifique de déformation)}$$

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une* ***sous-estimation*** *du travail A.*
- *Pour un matériau général, $V_{\mathrm{f}}\eta$ est une* ***sur-estimation*** *du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon$$ ***(énergie spécifique de déformation)***

  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sous-estimation** du travail A.*
  - *Pour un matériau général, $V_{\mathrm{f}}\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_f vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_\mathrm{f}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_\mathrm{f}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

où $\eta = \int_0^{\varepsilon_\mathrm{f}} \sigma d\varepsilon$ ***(énergie spécifique de déformation)***

  - *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sous-estimation** du travail A.*
  - *Pour un matériau général, $V_\mathrm{f}\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

2.9.1 Energie spécifique de déformation

Travail et énergie spécifique

- *Le travail fourni sur un épisode de l'expérience de traction est*

$$dA = S\sigma dl \Longrightarrow dA = V\sigma d\varepsilon.$$

- *Le travail total pour amener l'échantillon au taux de déformation réel ε_{f} vaut :*

$$A = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} V\sigma d\varepsilon$$

- *Si le matériau est **incompressible** alors $V = V_0$ et*

$$A = V_0 \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon = V_0 \eta$$

$$\text{où} \quad \eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon \qquad \textbf{(énergie spécifique de déformation)}$$

- *Pour un matériau général, $V_0\eta$ est une **sous-estimation** du travail A.*
- *Pour un matériau général, $V_{\mathrm{f}}\eta$ est une **sur-estimation** du travail A.*

Exo 1, Série 4 : énergie nécessaire pour étirer des agrafes

2.9.2 Ténacité

Définition de la ténacité

*La **ténacité** T est l'énergie spécifique de déformation jusqu'en rupture :*

$$T = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{ult}}} \sigma d\varepsilon$$

2.9.2 Ténacité

Définition de la ténacité

*La **ténacité** T est l'énergie spécifique de déformation jusqu'en rupture :*

$$T = \int_0^{\varepsilon_{\text{ult}}} \sigma d\varepsilon$$

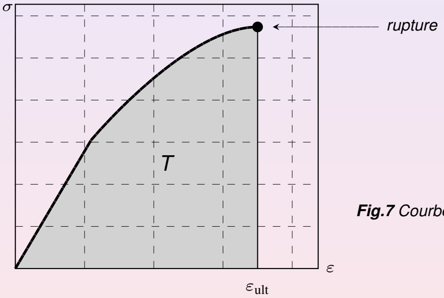


Fig.7 *Courbe de traction réelle*

2.9.2 Ténacité

Définition de la ténacité

*La **ténacité** T est l'énergie spécifique de déformation jusqu'en rupture :*

$$T = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{ult}}} \sigma d\varepsilon$$

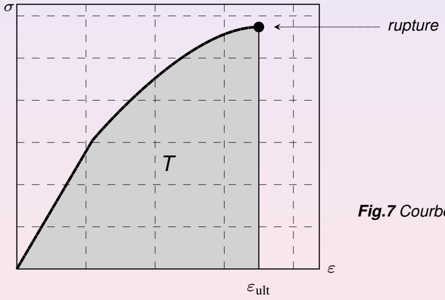


***Fig.7** Courbe de traction réelle*

‣ Il ne faut surtout pas confondre résistance et ténacité !

2.9.2 Ténacité

Définition de la ténacité

*La **ténacité** T est l'énergie spécifique de déformation jusqu'en rupture :*

$$T = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{ult}}} \sigma d\varepsilon$$

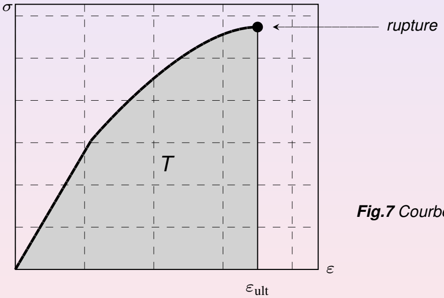


Fig.7 *Courbe de traction réelle*

2.9.2 Ténacité

Définition de la ténacité

*La **ténacité** T est l'énergie spécifique de déformation jusqu'en rupture :*

$$T = \int_0^{\varepsilon_{\text{ult}}} \sigma d\varepsilon$$

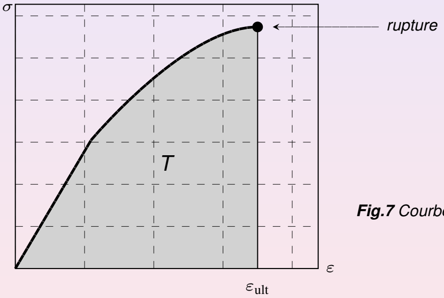


***Fig.7** Courbe de traction réelle*

Quelle est l'unité de la ténacité ?

2.10.1 L’expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l’usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

la pièce à mesurer

$$HB = \frac{\text{charge en [kg]}}{\text{surface de l'empreinte en [mm}^2\text{]}} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.* *fin*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

la pièce à mesurer

$$HB = \frac{\text{charge en [kg]}}{\text{surface de l'empreinte en [mm}^2\text{]}} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

la pièce à mesurer

$$HB = \frac{\text{charge en [kg]}}{\text{surface de l'empreinte en [mm}^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L’expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l’usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

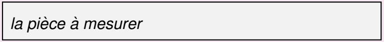
la pièce à mesurer

$$HB = \frac{\text{charge en [kg]}}{\text{surface de l'empreinte en [mm}^2\text{]}} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

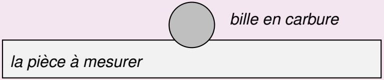


$$HB = \frac{\text{charge en [kg]}}{\text{surface de l'empreinte en [mm}^2\text{]}} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

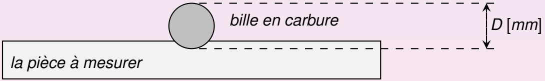


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L’expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l’usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

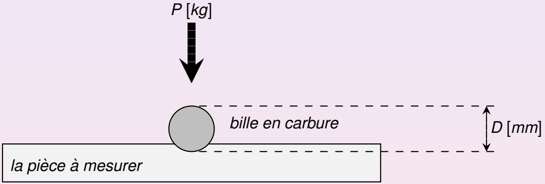


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

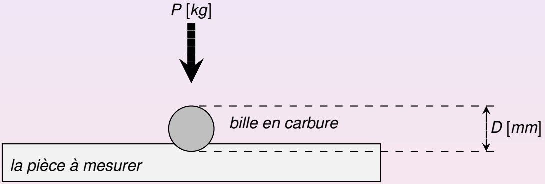


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

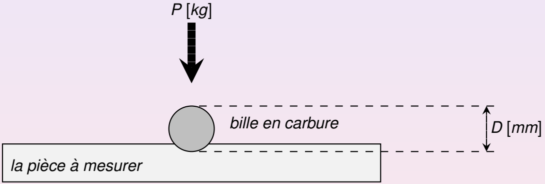


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

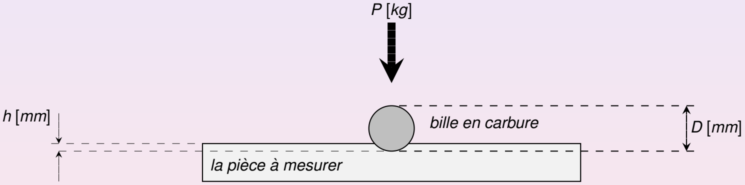


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

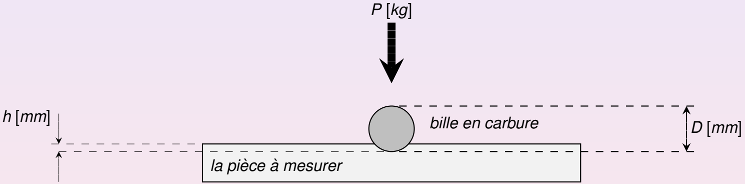


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

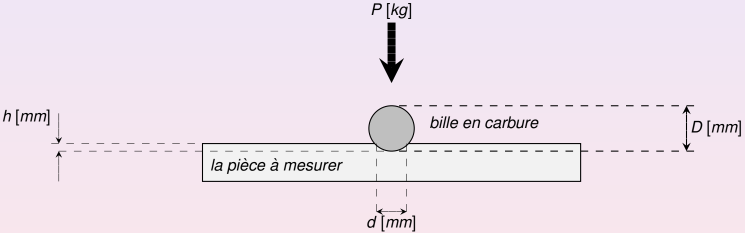


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

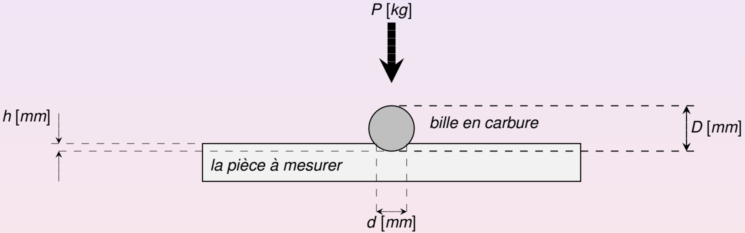


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

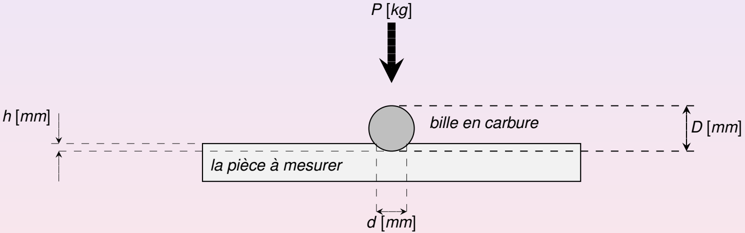


$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} \Longrightarrow \textbf{Tableau 10} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*



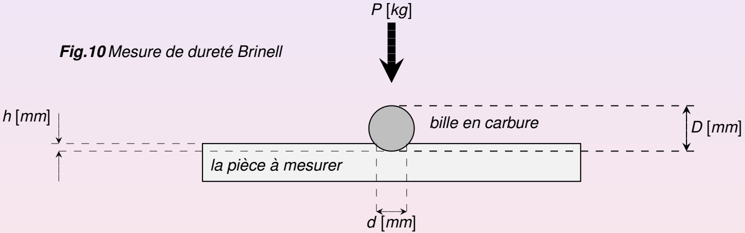
$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

Fig.10 *Mesure de dureté Brinell*



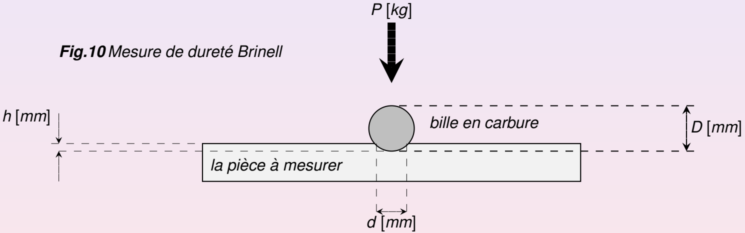
$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.1 L'expérience de dureté

Définition

- *La dureté est une mesure hybride corrélée à la limite élastique mais aussi à l'usure.*
- *Les mesures de dureté standardisées sont nombreuses (Brinell, Vickers, Rockwell). Elles sont en principe simples et non destructives.*
- *La mesure la plus classique est due à Brinell (dureté HB).*

Fig.10 *Mesure de dureté Brinell*



$$HB = \frac{\text{charge en } [kg]}{\text{surface de l'empreinte en } [mm^2]} = \frac{P}{\pi D h} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2.10.2 Dureté et Limite élastique.

Observation empirique

- *Il existe une relation approximative entre la dureté et la limite élastique.*
- *Lorsque l'on donne HB en unité de* $[kg/mm^2]$*, on peut approcher* R_e *en unité de* $[MPa]$ *grâce aux formules :*
  - $R_e \simeq 3.5HB$*, pour des matériaux écrouis,*
  - $R_e \simeq 2.0HB$*, pour des matériaux recuits.*

2.10.2 Dureté et Limite élastique.

Observation empirique

- *Il existe une relation approximative entre la dureté et la limite élastique.*
- *Lorsque l'on donne HB en unité de $[kg/mm^2]$, on peut approcher R_e en unité de $[MPa]$ grâce aux formules :*
  - $R_e \simeq 3.5HB$, *pour des matériaux écrouis,*
  - $R_e \simeq 2.0HB$, *pour des matériaux recuits.*

J.A.Brinell (1849-1925)

2.10.2 Dureté et Limite élastique.

Observation empirique

- *Il existe une relation approximative entre la dureté et la limite élastique.*
- *Lorsque l'on donne HB en unité de* $[kg/mm^2]$*, on peut approcher* R_e *en unité de* $[MPa]$ *grâce aux formules :*
  - $R_e \simeq 3.5HB$*, pour des matériaux écrouis,*
  - $R_e \simeq 2.0HB$*, pour des matériaux recuits.*

J.A.Brinell (1849-1925)

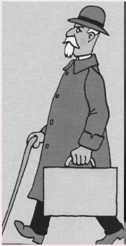
Basil Zaharoff (1849-1936)
former CEO of Vickers Ltd

2.10.2 Dureté et Limite élastique.

Observation empirique

- *Il existe une relation approximative entre la dureté et la limite élastique.*
- *Lorsque l'on donne HB en unité de* $[kg/mm^2]$, *on peut approcher* R_e *en unité de* $[MPa]$ *grâce aux formules :*
  - $R_e \simeq 3.5HB$, *pour des matériaux écrouis,*
  - $R_e \simeq 2.0HB$, *pour des matériaux recuits.*

J.A.Brinell (1849-1925)



M. Bazaroff
Ds "L'oreille cassée"

Basil Zaharoff (1849-1936)
former CEO of Vickers Ltd

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

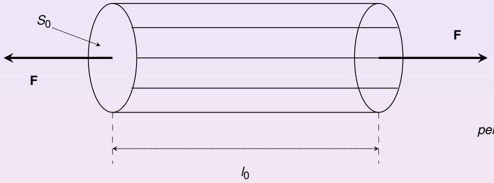
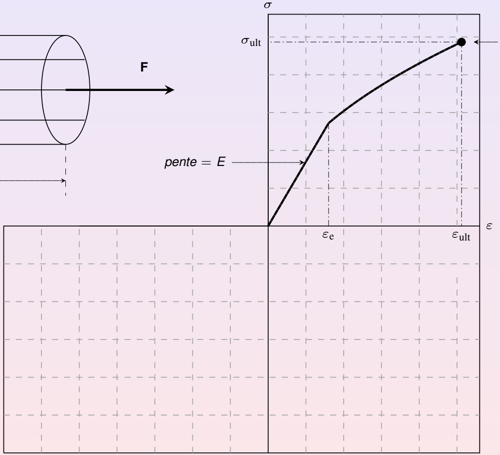


Fig.11 *Courbe de traction réelle*



2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

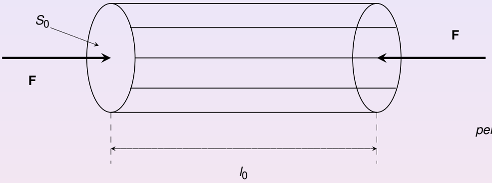
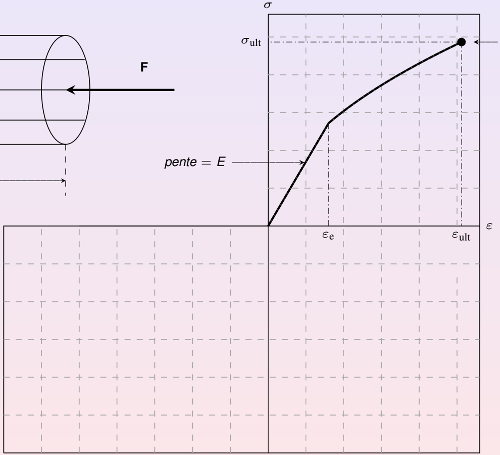


Fig.11 *Courbe de traction réelle*



2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

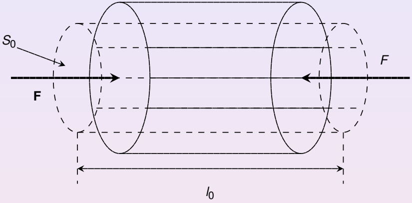
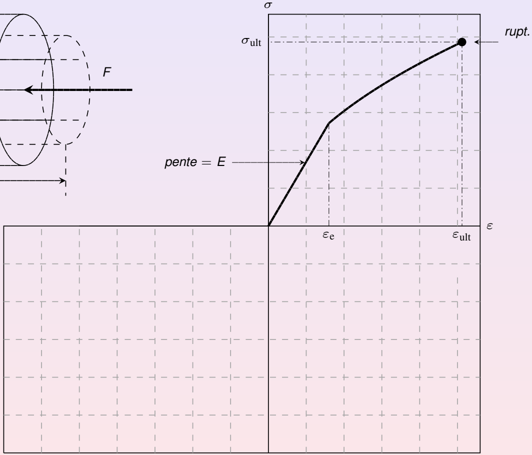
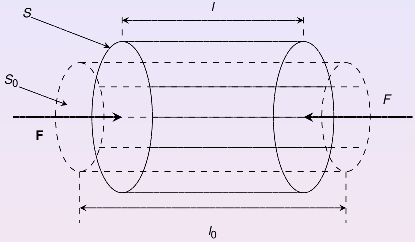


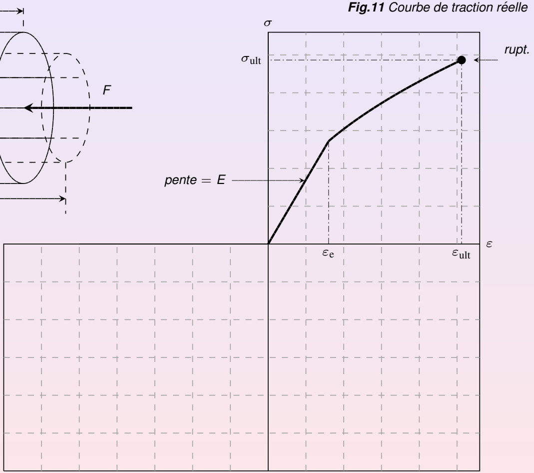
Fig.11 *Courbe de traction réelle*



2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0





Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

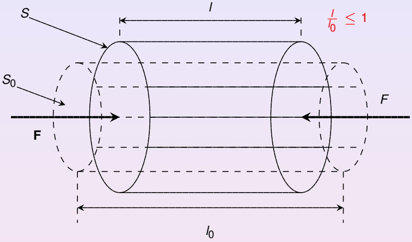
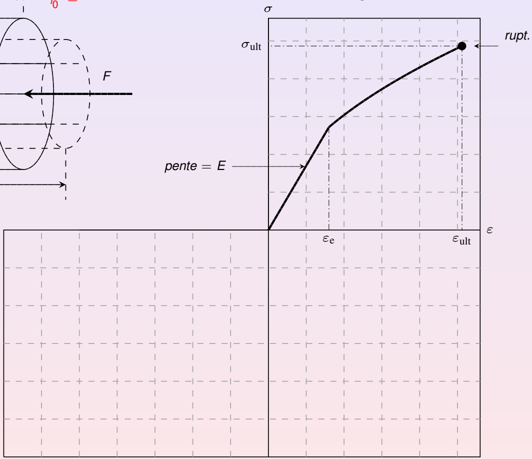
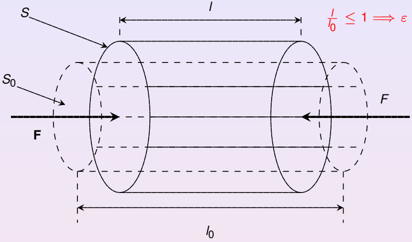


Fig.11 Courbe de traction réelle



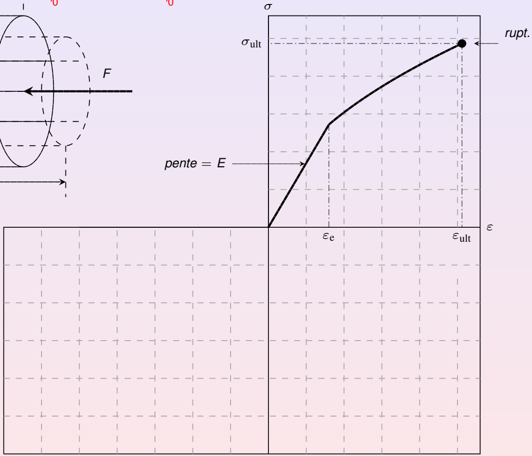
2.11.1 L’expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



$\frac{l}{l_0} \leq 1 \Longrightarrow \varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \leq 0$

Fig.11 *Courbe de traction réelle*



2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

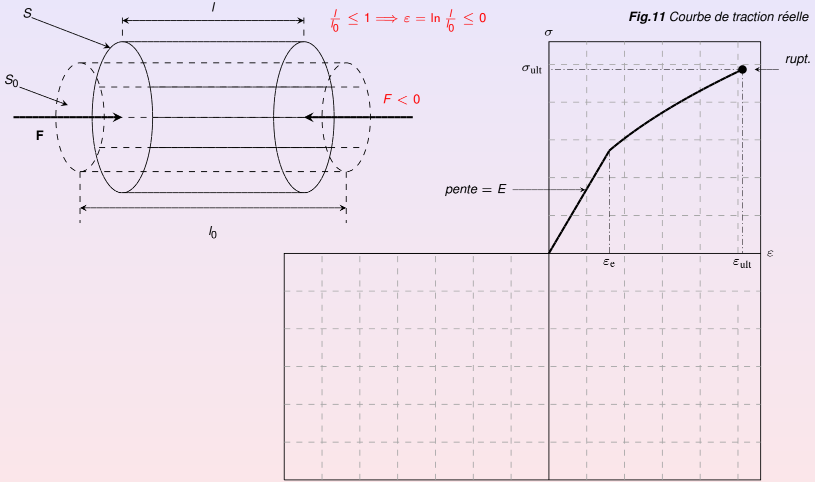
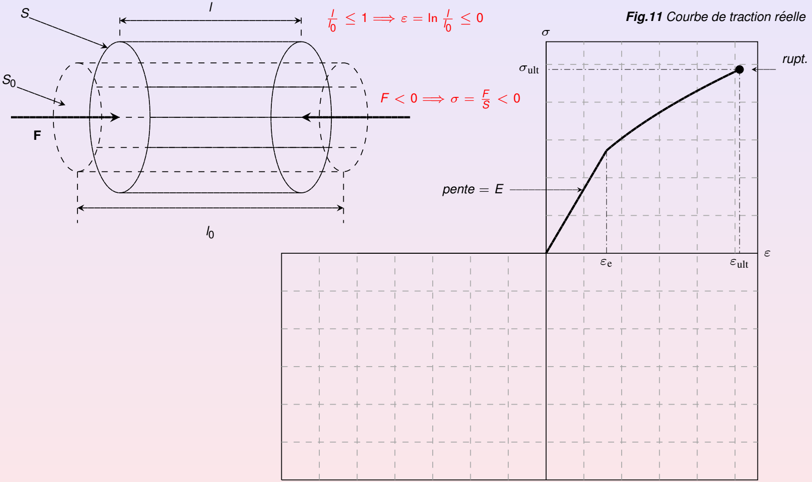


Fig.11 *Courbe de traction réelle*

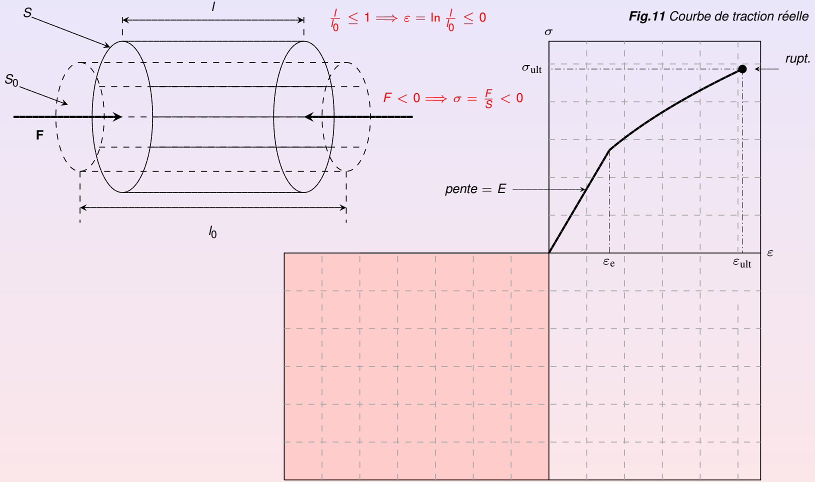
2.11.1 L’expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



2.11.1 L'expérience de compression

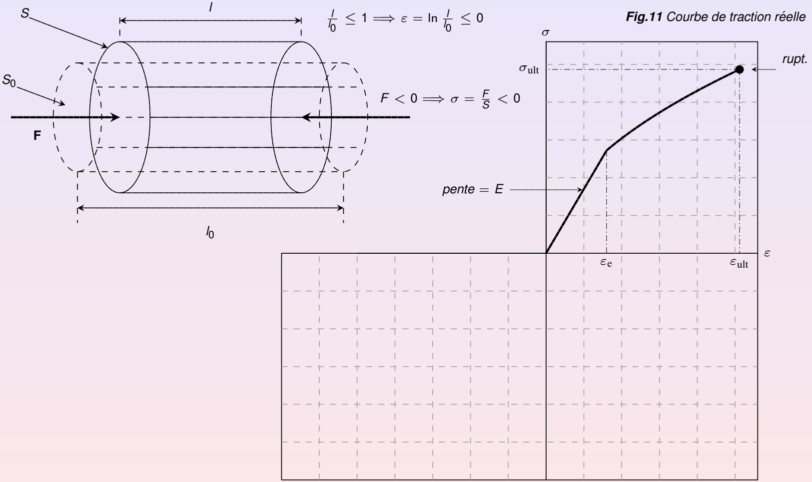
Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



- *Concevoir l'éch. (l_0, S_0) pour rester sous le seuil de flambage (= multiplicité de l'état de déf.)*

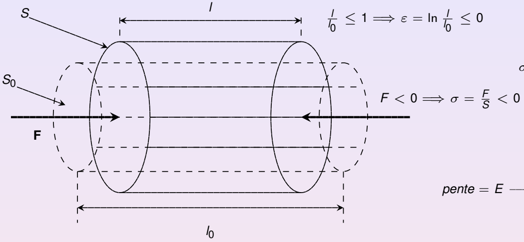
2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



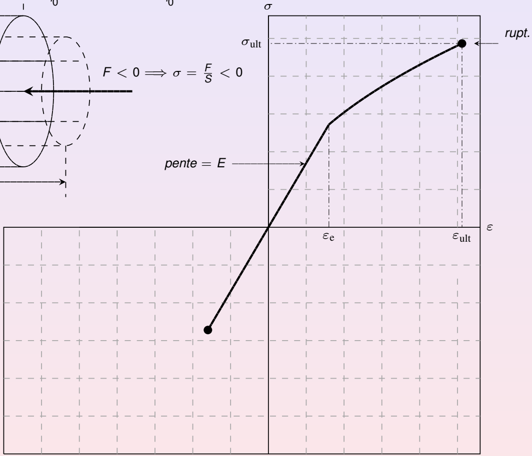


Fig.11 *Courbe de traction réelle*

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

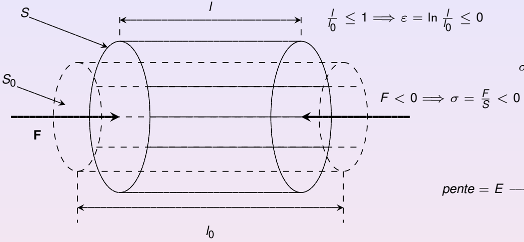
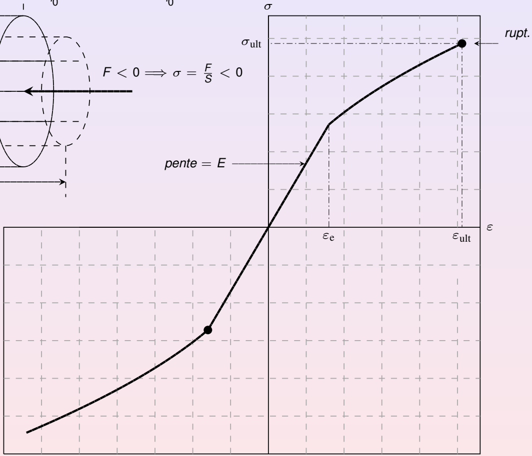
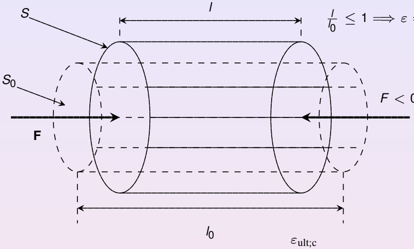


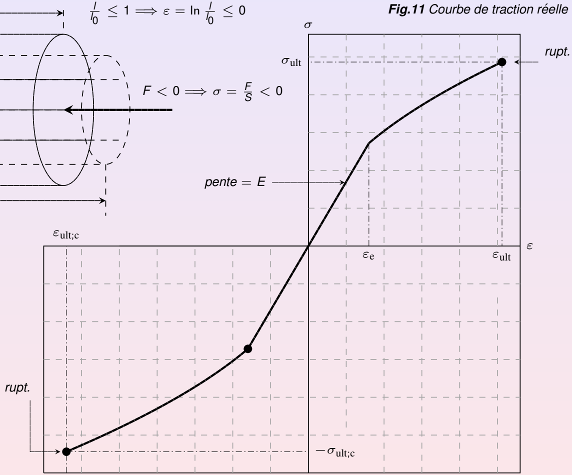
Fig.11 Courbe de traction réelle



2.11.1 L'expérience de compression

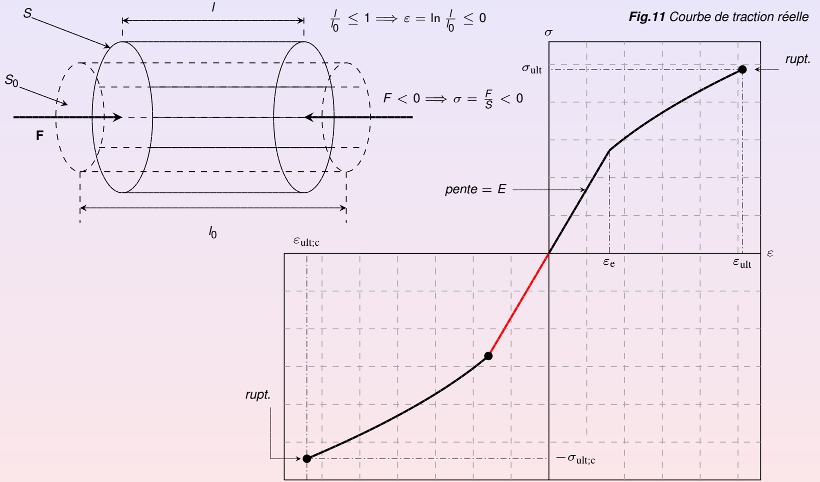
Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



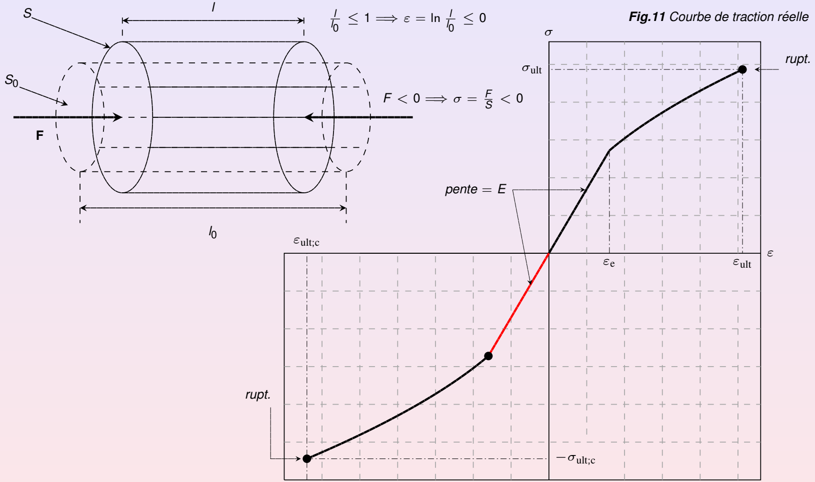


2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

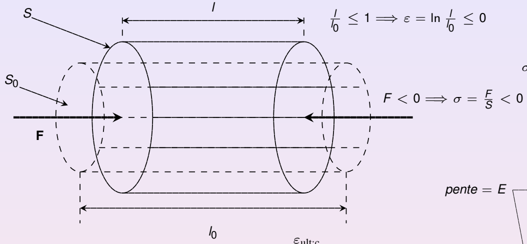
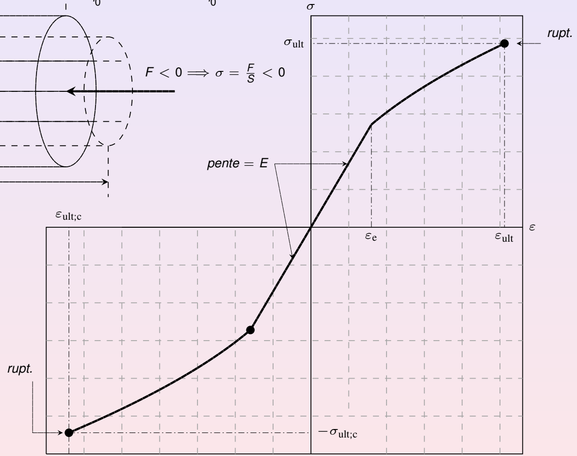
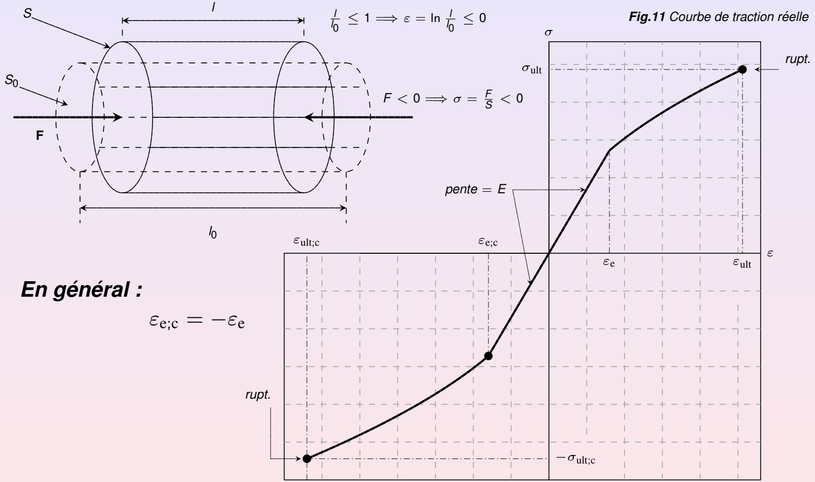


Fig.11 *Courbe de traction réelle*



2.11.1 L'expérience de compression

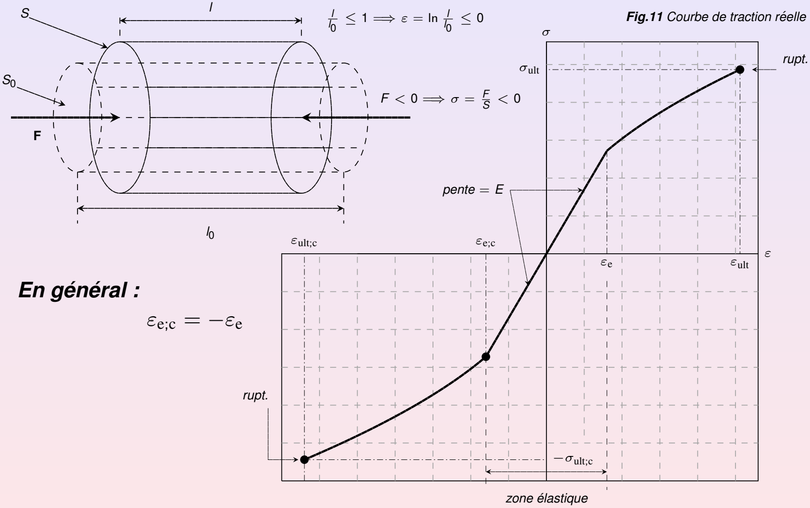
Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



En général :

$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

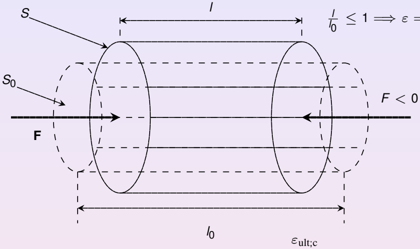


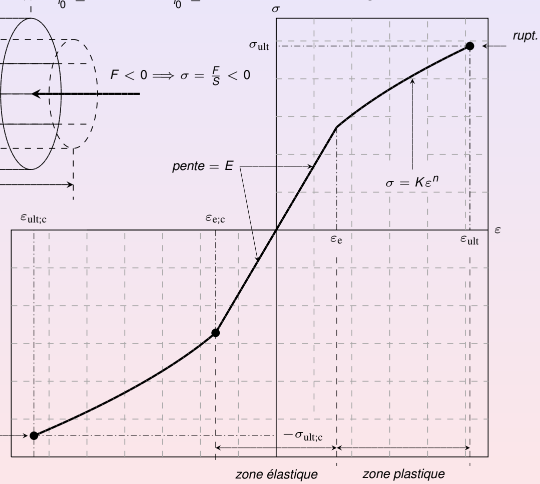
En général :

$$\varepsilon_{\text{e;c}} = -\varepsilon_{\text{e}}$$

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



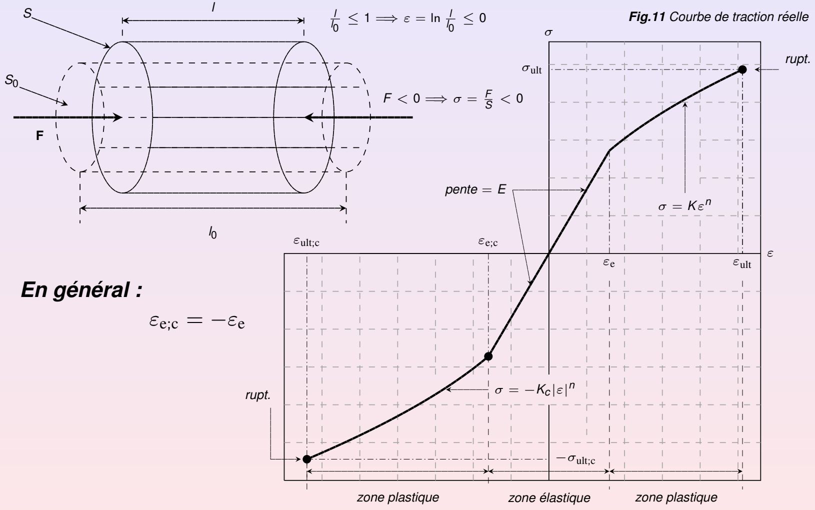


En général :

$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

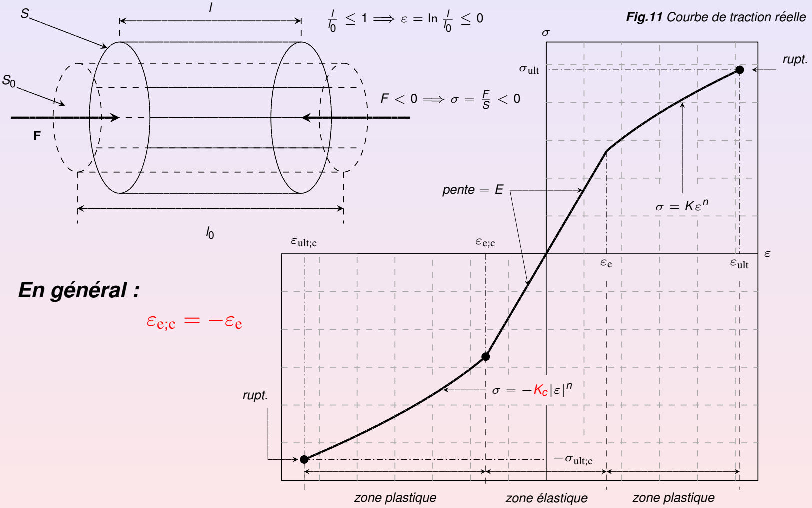


En général :

$$\varepsilon_{\text{e;c}} = -\varepsilon_{\text{e}}$$

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

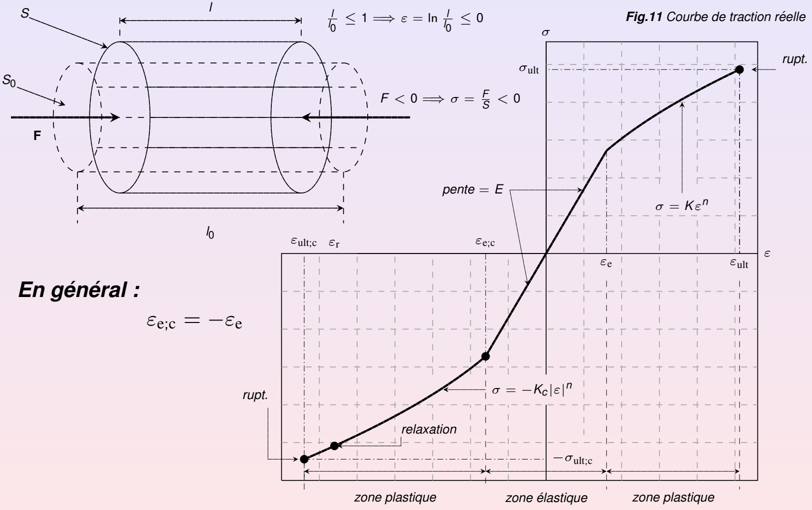


En général :

$$\varepsilon_{\text{e;c}} = -\varepsilon_{\text{e}}$$

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

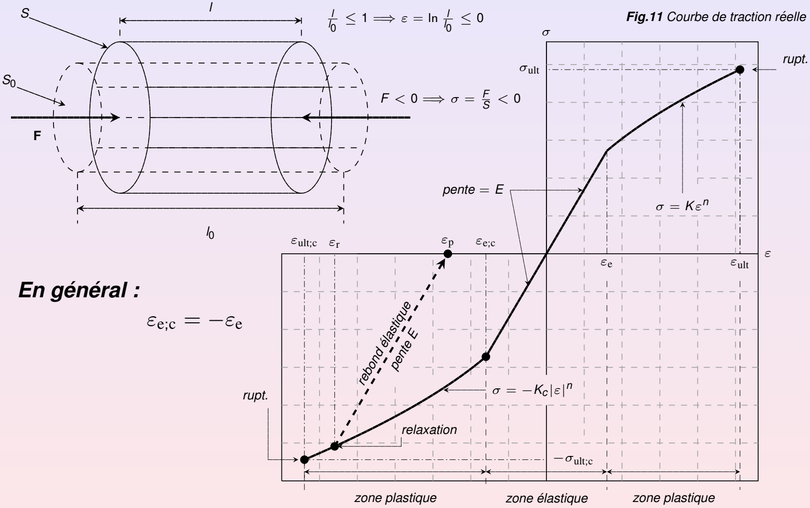


En général :

$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



En général :

$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0

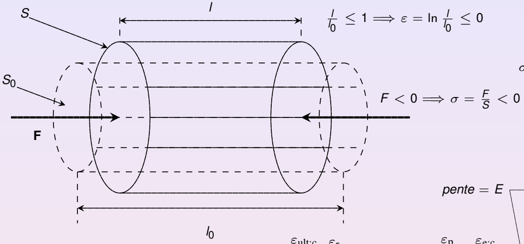
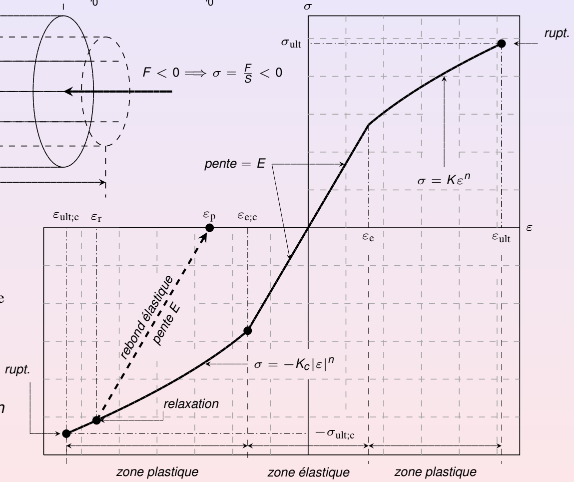


Fig.11 *Courbe de traction réelle*



En général :

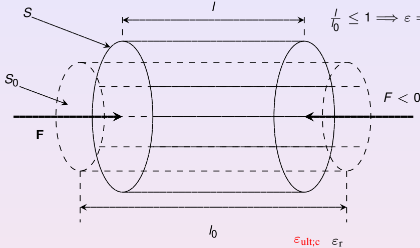
$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

Déf. permanente :

$$\frac{\varepsilon_{\mathrm{p}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} = \frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} - \left(\frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}\right)^n$$

2.11.1 L'expérience de compression

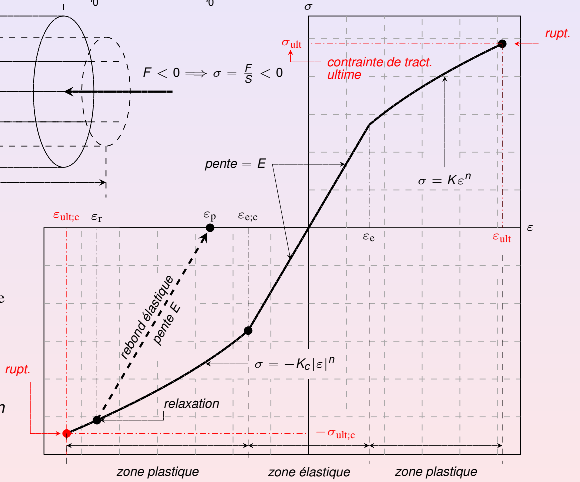
Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



$\frac{l}{l_0} \leq 1 \Longrightarrow \varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \leq 0$

$F < 0 \Longrightarrow \sigma = \frac{F}{S} < 0$

Fig.11 *Courbe de traction réelle*



En général :

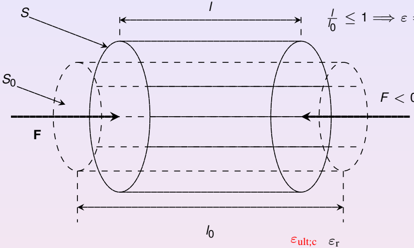
$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

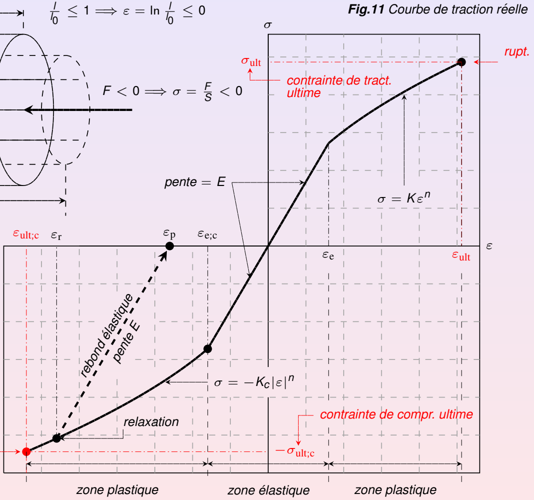
Déf. permanente :

$$\frac{\varepsilon_{\mathrm{p}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} = \frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} - \left(\frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}\right)^n$$

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0





En général :

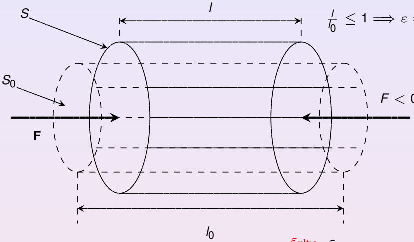
$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

Déf. permanente :

$$\frac{\varepsilon_{\mathrm{p}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} = \frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} - \left(\frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}\right)^n$$

2.11.1 L'expérience de compression

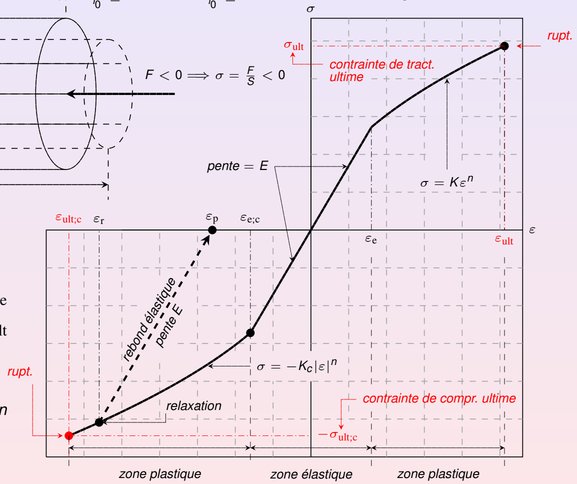
Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



$$\frac{l}{l_0} \leq 1 \Longrightarrow \varepsilon = \ln\frac{l}{l_0} \leq 0$$

$$F < 0 \Longrightarrow \sigma = \frac{F}{S} < 0$$

Fig.11 *Courbe de traction réelle*



En général :

$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

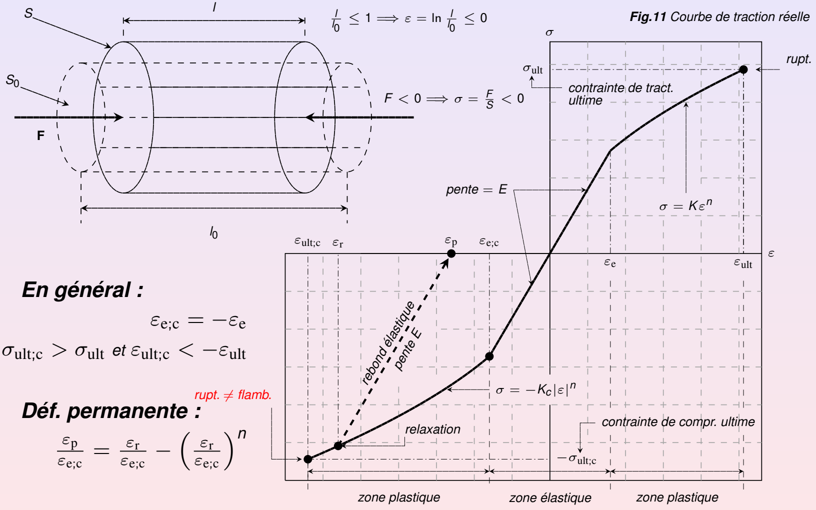
$$\sigma_{\mathrm{ult;c}} > \sigma_{\mathrm{ult}} \text{ et } \varepsilon_{\mathrm{ult;c}} < -\varepsilon_{\mathrm{ult}}$$

Déf. permanente :

$$\frac{\varepsilon_{\mathrm{p}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} = \frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} - \left(\frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}\right)^n$$

2.11.1 L'expérience de compression

Elle permet de compléter la courbe de traction pour les déf. < 0



En général :

$$\varepsilon_{\mathrm{e;c}} = -\varepsilon_{\mathrm{e}}$$

$$\sigma_{\mathrm{ult;c}} > \sigma_{\mathrm{ult}} \text{ et } \varepsilon_{\mathrm{ult;c}} < -\varepsilon_{\mathrm{ult}}$$

Déf. permanente :

$$\frac{\varepsilon_{\mathrm{p}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} = \frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}} - \left(\frac{\varepsilon_{\mathrm{r}}}{\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}\right)^n$$

2.11.2 L'expérience de compression (suite)

Loi de Poisson et de Considère en compression

- *Les lois de Poisson et de Considère se maintiennent avec la même valeur du coefficient de Poisson ν que pour la traction.*

Situation	$\varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ *(**élasticité**)*	$\varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ *(**plasticité**)*
$\frac{r}{r_0}$	$\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\frac{1}{2}\varepsilon}$
$\frac{S}{S_0}$	$\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\varepsilon}$
$\frac{V}{V_0}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}$

- *Il faut noter que les taux de déformations ε et $\varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ sont **négatifs**.*
- *Les formules ci-dessus prévoient donc des **augmentations** de rayon et de section mais des **diminutions** de volume (car $\nu \leq \frac{1}{2}$).*
- *L'hypothèse de Considère est toujours inconsistante puisqu'elle prédit une augmentation plastique du volume après rebond. Cependant, pour la plupart des matériaux, elle donne lieu à de bonnes sur-estimations de la réalité (formule de Hencky).*

2.11.2 L'expérience de compression (suite)

Loi de Poisson et de Considère en compression

- *Les lois de Poisson et de Considère se maintiennent avec la même valeur du coefficient de Poisson ν que pour la traction.*

Situation	$\varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ *(**élasticité**)*	$\varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ *(**plasticité**)*
$\frac{r}{r_0}$	$\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\frac{1}{2}\varepsilon}$
$\frac{S}{S_0}$	$\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\varepsilon}$
$\frac{V}{V_0}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}$

- *Il faut noter que les taux de déformations ε et $\varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ sont **négatifs**.*
- *Les formules ci-dessus prévoient donc des **augmentations** de rayon et de section, mais des **diminutions** de volume (car $\nu \leq \frac{1}{2}$).*
- *L'hypothèse de Considère est toujours inconsistante puisqu'elle prédit une augmentation plastique du volume après rebond. Cependant, pour la plupart des matériaux, elle donne lieu à de bonnes sur-estimations de la réalité (formule de Hencky).*

Loi de Poisson et de Considère en compression

- *Les lois de Poisson et de Considère se maintiennent avec la même valeur du coefficient de Poisson ν que pour la traction.*

Situation	$\varepsilon \le \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ (***élasticité***)	$\varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ (***plasticité***)
$\frac{r}{r_0}$	$\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\frac{1}{2}\varepsilon}$
$\frac{S}{S_0}$	$\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\varepsilon}$
$\frac{V}{V_0}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}$

- *Il faut noter que les taux de déformations ε et $\varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ sont **négatifs**.*
- *Les formules ci-dessus prévoient donc des **augmentations** de rayon et de section mais des **diminutions** de volume (car $\nu \le \frac{1}{2}$).*
- *L'hypothèse de Considère est toujours inconsistante puisqu'elle prédit une augmentation plastique du volume après rebond. Cependant, pour la plupart des matériaux, elle donne lieu à de bonnes sur-estimations de la réalité (formule de Hencky).*

2.11.2 L'expérience de compression (suite)

Loi de Poisson et de Considère en compression

- *Les lois de Poisson et de Considère se maintiennent avec la même valeur du coefficient de Poisson ν que pour la traction.*

Situation	$\varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ *(**élasticité**)*	$\varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ *(**plasticité**)*
$\frac{r}{r_0}$	$\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\frac{1}{2}\varepsilon}$
$\frac{S}{S_0}$	$\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\varepsilon}$
$\frac{V}{V_0}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}$

- *Il faut noter que les taux de déformations ε et $\varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ sont **négatifs**.*
- *Les formules ci-dessus prévoient donc des **augmentations** de rayon et de section mais des **diminutions** de volume (car $\nu \leq \frac{1}{2}$).*
- *L'hypothèse de Considère est toujours inconsistante puisqu'elle prédit une augmentation plastique du volume après rebond. Cependant, pour la plupart des matériaux, elle donne lieu à de bonnes sur-estimations de la réalité (formule de Hencky).*

2.11.2 L'expérience de compression (suite)

Loi de Poisson et de Considère en compression

- *Les lois de Poisson et de Considère se maintiennent avec la même valeur du coefficient de Poisson ν que pour la traction.*

Situation	$\varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ (***élasticité***)	$\varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ (***plasticité***)
$\frac{r}{r_0}$	$\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\frac{1}{2}\varepsilon}$
$\frac{S}{S_0}$	$\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\varepsilon}$
$\frac{V}{V_0}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}$

- *Il faut noter que les taux de déformations ε et $\varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ sont **négatifs**.*
- *Les formules ci-dessus prévoient donc des **augmentations** de rayon et de section mais des **diminutions** de volume (car $\nu \leq \frac{1}{2}$).*
- *L'hypothèse de Considère est toujours inconsistante puisqu'elle prédit une augmentation plastique du volume après rebond. Cependant, pour la plupart des matériaux, elle donne lieu à de bonnes sur-estimations de la réalité (formule de Hencky).*

2.11.2 L'expérience de compression (suite)

Loi de Poisson et de Considère en compression

- *Les lois de Poisson et de Considère se maintiennent avec la même valeur du coefficient de Poisson ν que pour la traction.*

Situation	$\varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ (***élasticité***)	$\varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ (***plasticité***)
$\frac{r}{r_0}$	$\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\frac{1}{2}\varepsilon}$
$\frac{S}{S_0}$	$\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\varepsilon}$
$\frac{V}{V_0}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}$

- *Il faut noter que les taux de déformations ε et $\varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ sont **négatifs**.*
- *Les formules ci-dessus prévoient donc des **augmentations** de rayon et de section mais des **diminutions** de volume (car $\nu \leq \frac{1}{2}$).*
- *L'hypothèse de Considère est toujours inconsistante puisqu'elle prédit une augmentation plastique du volume après rebond. Cependant, pour la plupart des matériaux, elle donne lieu à de bonnes sur-estimations de la réalité (formule de Hencky).*

2.11.2 L'expérience de compression (suite)

Loi de Poisson et de Considère en compression

- *Les lois de Poisson et de Considère se maintiennent avec la même valeur du coefficient de Poisson ν que pour la traction.*

Situation	$\varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ *(**élasticité**)*	$\varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ *(**plasticité**)*
$\frac{r}{r_0}$	$\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\frac{1}{2}\varepsilon}$
$\frac{S}{S_0}$	$\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\varepsilon}$
$\frac{V}{V_0}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}$

- *Il faut noter que les taux de déformations ε et $\varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ sont **négatifs**.*
- *Les formules ci-dessus prévoient donc des **augmentations** de rayon et de section mais des **diminutions** de volume (car $\nu \leq \frac{1}{2}$).*
- *L'hypothèse de Considère est toujours inconsistante puisqu'elle prédit une augmentation plastique du volume après rebond. Cependant, pour la plupart des matériaux, elle donne lieu à de bonnes sur-estimations de la réalité (formule de Hencky).*

2.11.2 L'expérience de compression (suite)

Loi de Poisson et de Considère en compression

- *Les lois de Poisson et de Considère se maintiennent avec la même valeur du coefficient de Poisson ν que pour la traction.*

Situation	$\varepsilon \leq \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ ***(élasticité)***	$\varepsilon > \varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ ***(plasticité)***
$\frac{r}{r_0}$	$\mathbf{e}^{-\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(\frac{1}{2}-\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\frac{1}{2}\varepsilon}$
$\frac{S}{S_0}$	$\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}-\varepsilon}$
$\frac{V}{V_0}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon}$	$\mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e;c}}}$

- *Il faut noter que les taux de déformations ε et $\varepsilon_{\mathrm{e;c}}$ sont **négatifs**.*
- *Les formules ci-dessus prévoient donc des **augmentations** de rayon et de section mais des **diminutions** de volume (car $\nu \leq \frac{1}{2}$).*
- *L'hypothèse de Considère est toujours inconsistante puisqu'elle prédit une augmentation plastique du volume après rebond. Cependant, pour la plupart des matériaux, elle donne lieu à de bonnes sur-estimations de la réalité (formule de Hencky).*

Exo 2, Série 4 : écrouissage, ténacité et dureté

ANNEXES, TABLES ET BIBLIOGRAPHIE

Terminologie anglaise

Glossaire des concepts importants en anglais

Français	***Anglais***
Taux de déformation :	*Real strain*
Taux de déformation nominal : .	*Engineering strain*
Contrainte (réel, nominale) :	*(Real, engineering) stress*
Essai de traction :	*Tensile test*
Courbe de traction :	*Tensile curve*
Essai de compression :	*Compressive test*
Essai de cisaillement :	*Shear test*
Limite élastique :	*Yield (tensile) strength*
Résistance :	*Ultimate (tensile) strength*
Dureté :	*Hardness*
Ténacité :	*Tenacity*
Module d'elasticité :	*Elasticity modulus*
Module de cisaillement :	*Shear modulus*
Coefficient de Poisson :	*Poisson ratio*
Ecrouissage :	*(Work or strain) hardening*
Dislocation :	*Dislocation*

Terminologie anglaise

Glossaire des concepts importants en anglais

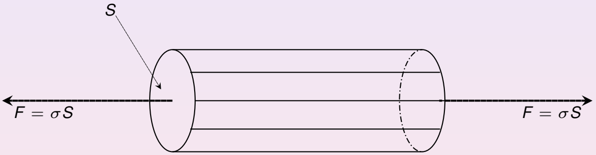
Français	***Anglais***
Taux de déformation :	*Real strain*
Taux de déformation nominal :	*Engineering strain*
Contrainte (réel, nominale) :	*(Real, engineering) stress*
Essai de traction :	*Tensile test*
Courbe de traction :	*Tensile curve*
Essai de compression :	*Compressive test*
Essai de cisaillement :	*Shear test*
Limite élastique :	*Yield (tensile) strength*
Résistance :	*Ultimate (tensile) strength*
Dureté :	*Hardness*
Ténacité :	*Tenacity*
Module d'elasticité :	*Elasticity modulus*
Module de cisaillement :	*Shear modulus*
Coefficient de Poisson :	*Poisson ratio*
Ecrouissage :	*(Work or strain) hardening*
Dislocation :	*Dislocation*

retour

Etat de contrainte local

Réponse de l'échantillon aux efforts externes

- *La contrainte de traction $\sigma(\varepsilon)$ ne s'applique pas que sur les faces extrêmes de l'échantillon. L'équilibre mécanique de chaque portion d'échantillon implique que la contrainte σ se répercute sur chaque surface interne de l'échantillon perpendiculaire à l'axe de traction. Ce fait est illustré à la Fig. ci-dessous.*

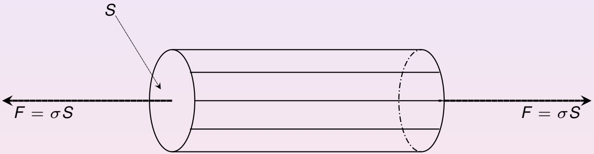


- *En cours d'une expérience de traction, l'échantillon est le siège d'un **état de contrainte homogène** : une traction uniaxiale dont l'amplitude est égale à la contrainte réelle σ. On peut donc mesurer σ à l'aide d'une **jauge de contraintes**.*

Etat de contrainte local

Réponse de l'échantillon aux efforts externes

- *La contrainte de traction $\sigma(\varepsilon)$ ne s'applique pas que sur les faces extrêmes de l'échantillon. L'équilibre mécanique de chaque portion d'échantillon implique que la contrainte σ se répercute sur chaque surface interne de l'échantillon perpendiculaire à l'axe de traction. Ce fait est illustré à la Fig. ci-dessous.*

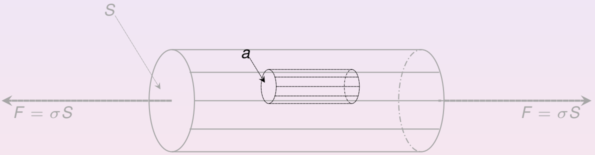


- *En cours d'une expérience de traction, l'échantillon est le siège d'un* ***état de contrainte homogène*** *: une traction uniaxiale dont l'amplitude est égale à la contrainte réelle σ. On peut donc mesurer σ à l'aide d'une* ***jauge de contraintes***.

Etat de contrainte local

Réponse de l'échantillon aux efforts externes

- *La contrainte de traction $\sigma(\varepsilon)$ ne s'applique pas que sur les faces extrêmes de l'échantillon. L'équilibre mécanique de chaque portion d'échantillon implique que la contrainte σ se répercute sur chaque surface interne de l'échantillon perpendiculaire à l'axe de traction. Ce fait est illustré à la Fig. ci-dessous.*

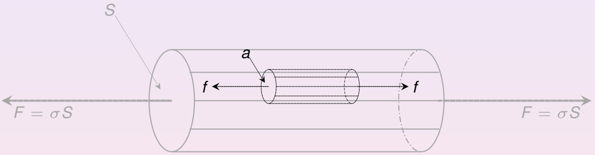


- *En cours d'une expérience de traction, l'échantillon est le siège d'un* ***état de contrainte homogène*** *: une traction uniaxiale dont l'amplitude est égale à la contrainte réelle σ. On peut donc mesurer σ à l'aide d'une* ***jauge de contraintes****.*

Etat de contrainte local

Réponse de l'échantillon aux efforts externes

- *La contrainte de traction $\sigma(\varepsilon)$ ne s'applique pas que sur les faces extrêmes de l'échantillon. L'équilibre mécanique de chaque portion d'échantillon implique que la contrainte σ se répercute sur chaque surface interne de l'échantillon perpendiculaire à l'axe de traction. Ce fait est illustré à la Fig. ci-dessous.*

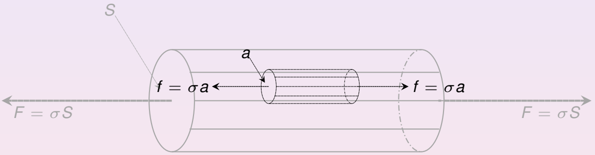


- *En cours d'une expérience de traction, l'échantillon est le siège d'un* ***état de contrainte homogène*** *: une traction uniaxiale dont l'amplitude est égale à la contrainte réelle σ. On peut donc mesurer σ à l'aide d'une* ***jauge de contraintes****.*

Etat de contrainte local

Réponse de l'échantillon aux efforts externes

- *La contrainte de traction $\sigma(\varepsilon)$ ne s'applique pas que sur les faces extrêmes de l'échantillon. L'équilibre mécanique de chaque portion d'échantillon implique que la contrainte σ se répercute sur chaque surface interne de l'échantillon perpendiculaire à l'axe de traction. Ce fait est illustré à la Fig. ci-dessous.*

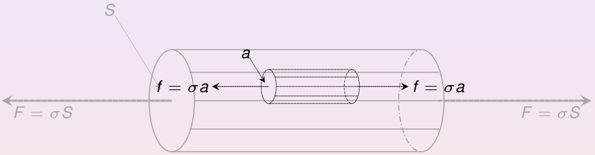


- *En cours d'une expérience de traction, l'échantillon est le siège d'un* ***état de contrainte homogène*** *: une traction uniaxiale dont l'amplitude est égale à la contrainte réelle σ. On peut donc mesurer σ à l'aide d'une* ***jauge de contraintes***

Etat de contrainte local

Réponse de l'échantillon aux efforts externes

- *La contrainte de traction $\sigma(\varepsilon)$ ne s'applique pas que sur les faces extrêmes de l'échantillon. L'équilibre mécanique de chaque portion d'échantillon implique que la contrainte σ se répercute sur chaque surface interne de l'échantillon perpendiculaire à l'axe de traction. Ce fait est illustré à la Fig. ci-dessous.*

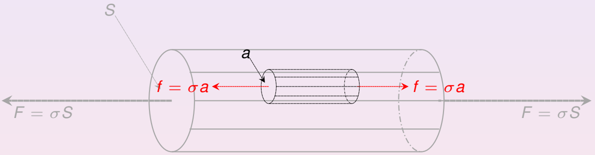


- *En cours d'une expérience de traction, l'échantillon est le siège d'un* ***état de contrainte homogène*** *: une traction uniaxiale dont l'amplitude est égale à la contrainte réelle σ. On peut donc mesurer σ à l'aide d'une* ***jauge de contraintes****.*

Etat de contrainte local

Réponse de l'échantillon aux efforts externes

- *La contrainte de traction $\sigma(\varepsilon)$ ne s'applique pas que sur les faces extrêmes de l'échantillon. L'équilibre mécanique de chaque portion d'échantillon implique que la contrainte σ se répercute sur chaque surface interne de l'échantillon perpendiculaire à l'axe de traction. Ce fait est illustré à la Fig. ci-dessous.*

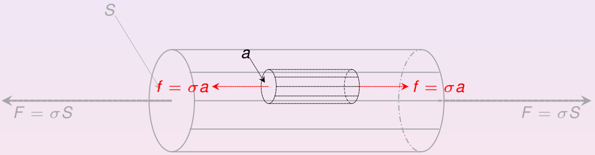


- *En cours d'une expérience de traction, l'échantillon est le siège d'un **état de contrainte homogène** : une traction uniaxiale dont l'amplitude est égale à la contrainte réelle σ. On peut donc mesurer σ à l'aide d'une **jauge de contraintes**.*

Etat de contrainte local

Réponse de l'échantillon aux efforts externes

- *La contrainte de traction $\sigma(\varepsilon)$ ne s'applique pas que sur les faces extrêmes de l'échantillon. L'équilibre mécanique de chaque portion d'échantillon implique que la contrainte σ se répercute sur chaque surface interne de l'échantillon perpendiculaire à l'axe de traction. Ce fait est illustré à la Fig. ci-dessous.*



- *En cours d'une expérience de traction, l'échantillon est le siège d'un* ***état de contrainte homogène*** *: une traction uniaxiale dont l'amplitude est égale à la contrainte réelle σ. On peut donc mesurer σ à l'aide d'une* ***jauge de contraintes****.*

Linéarisation de la loi de Hooke

Théorie de l'élasticité linéaire

- *Vous connaissez sans doute la loi*

$$\sigma = Ee,\ e \leq e_{\mathrm{e}} \quad \textit{\textbf{(loi de Hooke approchée)}}$$

où $e = \frac{l-l_0}{l_0}$ est ***le taux de déformation nominal****.*

- *La loi de Hooke approchée ne peut pas être vraie en général car elle conduit à des prédictions aberantes comme une* ***diminution de la déformabilité*** *de la matière sous précontraintes (cf.exos).*
- *Cependant, dans le cas où e est assez petit ($e < 0.05$), alors on a que $\varepsilon \simeq e$ et les lois de Hooke et exactes sont à peu-près équivalentes.*
- *Comme $e > \varepsilon$, la loi de Hooke approchée* ***surestime*** *systématiquement la contrainte réelle σ.*

Linéarisation de la loi de Hooke

Théorie de l'élasticité linéaire

- *Vous connaissez sans doute la loi*

$$\sigma = Ee,\ e \leq e_{\mathrm{e}} \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke approchée)}}$$

où $e = \frac{l - l_0}{l_0}$ *est* ***le taux de déformation nominal****.*

- *La loi de Hooke approchée ne peut pas être vraie en général car elle conduit à des prédictions aberantes comme une* ***diminution de la déformabilité*** *de la matière sous précontraintes (cf.exos).*
- *Cependant, dans le cas où e est assez petit (*$e < 0.05$*), alors on a que* $\varepsilon \simeq e$ *et les lois de Hooke et exactes sont à peu-près équivalentes.*
- *Comme* $e > \varepsilon$*, la loi de Hooke approchée* ***surestime*** *systématiquement la contrainte réelle* σ*.*

Linéarisation de la loi de Hooke

Théorie de l'élasticité linéaire

- *Vous connaissez sans doute la loi*

$$\sigma = Ee, \; e \leq e_\mathrm{e} \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke approchée)}}$$

où $e = \frac{l - l_0}{l_0}$ *est* ***le taux de déformation nominal****.*

- *La loi de Hooke approchée ne peut pas être vraie en général car elle conduit à des prédictions aberantes comme une* ***diminution de la déformabilité*** *de la matière sous précontraintes (cf.exos).*
- *Cependant, dans le cas où e est assez petit (*$e < 0.05$*), alors on a que* $\varepsilon \simeq e$ *et les lois de Hooke et exactes sont à peu-près équivalentes.*
- *Comme* $e > \varepsilon$*, la loi de Hooke approchée* ***surestime*** *systématiquement la contrainte réelle* σ*.*

Linéarisation de la loi de Hooke

Théorie de l'élasticité linéaire

- *Vous connaissez sans doute la loi*

$$\sigma = Ee,\ e \leq e_{\mathrm{e}} \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke approchée)}}$$

*où $e = \frac{l-l_0}{l_0}$ est **le taux de déformation nominal**.*

- *La loi de Hooke approchée ne peut pas être vraie en général car elle conduit à des prédictions aberantes comme une **diminution de la déformabilité** de la matière sous précontraintes (cf.exos).*
- *Cependant, dans le cas où e est assez petit ($e < 0.05$), alors on a que $\varepsilon \simeq e$ et les lois de Hooke et exactes sont à peu-près équivalentes.*
- *Comme $e > \varepsilon$, la loi de Hooke approchée **surestime** systématiquement la contrainte réelle σ.*

Linéarisation de la loi de Hooke

Théorie de l'élasticité linéaire

- *Vous connaissez sans doute la loi*

$$\sigma = Ee, \; e \leq e_{\mathrm{e}} \quad \textbf{\textit{(loi de Hooke approchée)}}$$

où $e = \frac{l - l_0}{l_0}$ *est **le taux de déformation nominal**.*

- *La loi de Hooke approchée ne peut pas être vraie en général car elle conduit à des prédictions aberantes comme une **diminution de la déformabilité** de la matière sous précontraintes (cf.exos).*
- *Cependant, dans le cas où e est assez petit (*$e < 0.05$*), alors on a que* $\varepsilon \simeq e$ *et les lois de Hooke et exactes sont à peu-près équivalentes.*
- *Comme* $e > \varepsilon$*, la loi de Hooke approchée **surestime** systématiquement la contrainte réelle* σ*.*

Exo 2, série 1

Linéarisation de la loi de Hooke

Théorie de l'élasticité linéaire

- *Vous connaissez sans doute la loi*

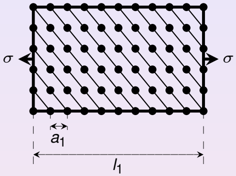
$$\sigma = Ee,\ e \leq e_{\mathrm{e}} \quad \textit{\textbf{(loi de Hooke approchée)}}$$

où $e = \frac{l - l_0}{l_0}$ *est* ***le taux de déformation nominal****.*

- *La loi de Hooke approchée ne peut pas être vraie en général car elle conduit à des prédictions aberantes comme une* ***diminution de la déformabilité*** *de la matière sous précontraintes (cf.exos).*
- *Cependant, dans le cas où e est assez petit* ($e < 0.05$)*, alors on a que* $\varepsilon \simeq e$ *et les lois de Hooke et exactes sont à peu-près équivalentes.*
- *Comme* $e > \varepsilon$*, la loi de Hooke approchée* ***surestime*** *systématiquement la contrainte réelle* σ*.*

Mobilisation des dislocations

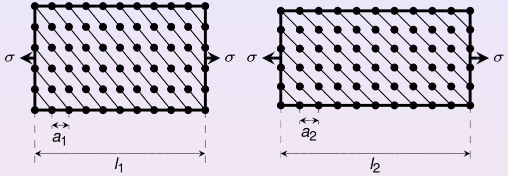
Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille



Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

Mobilisation des dislocations

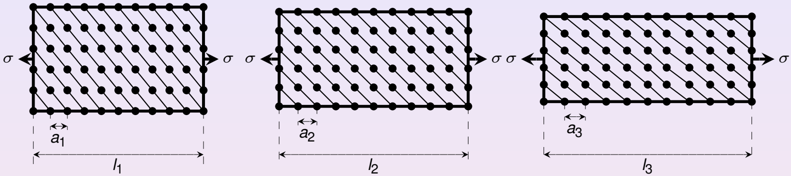
Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille



Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

Mobilisation des dislocations

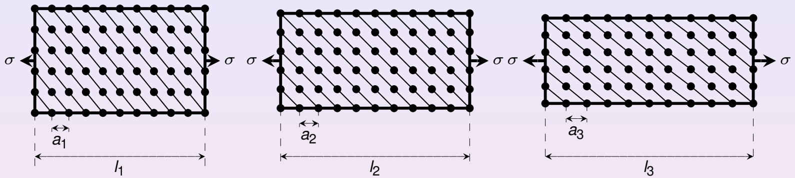
Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille



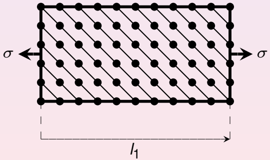
Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille

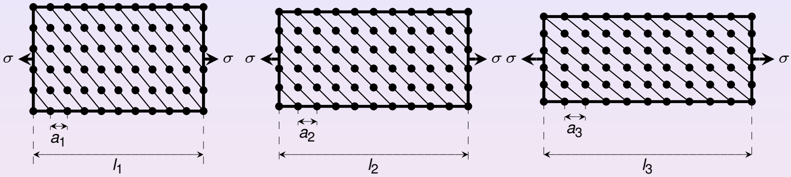


Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

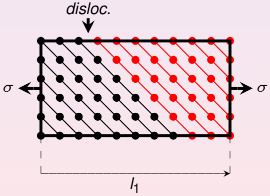


Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille

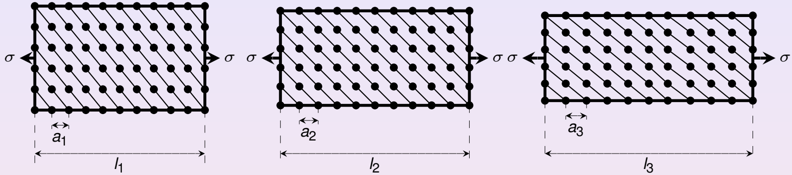


Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

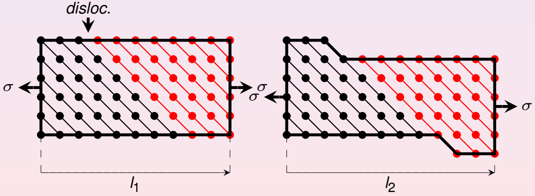


Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille

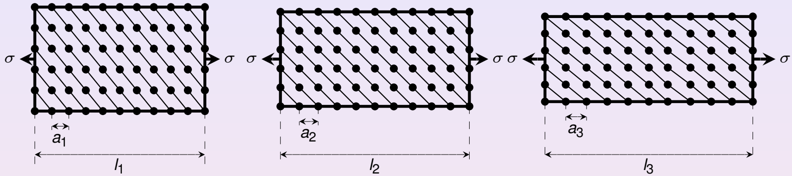


Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

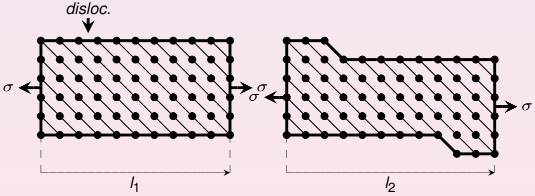


Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille

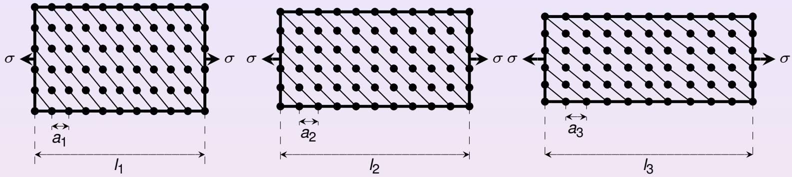


Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

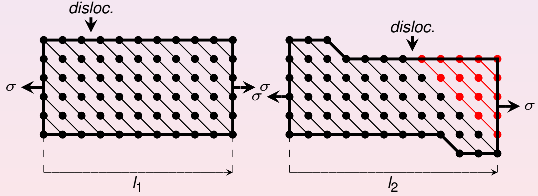


Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille

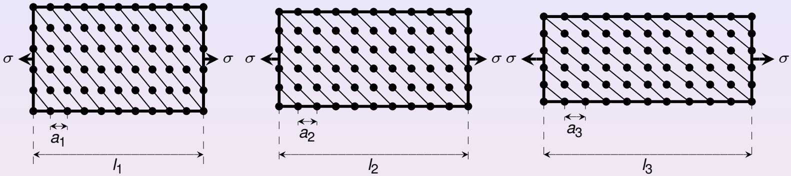


Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

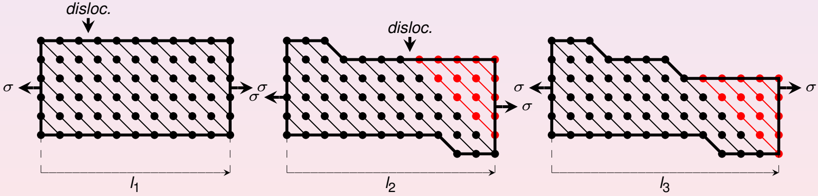


Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille

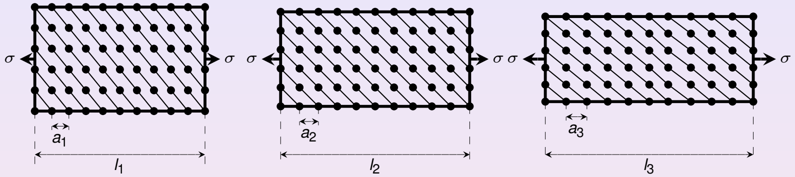


Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

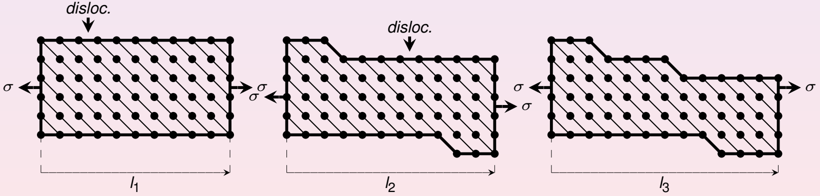


Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille

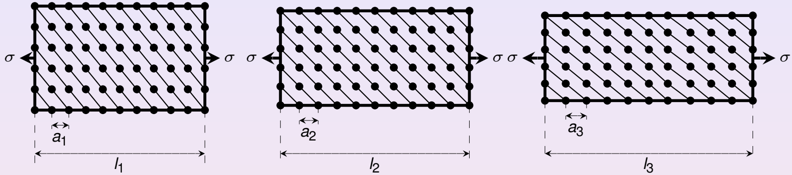


Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

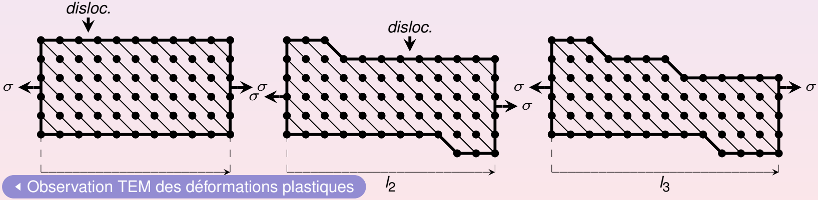


Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille



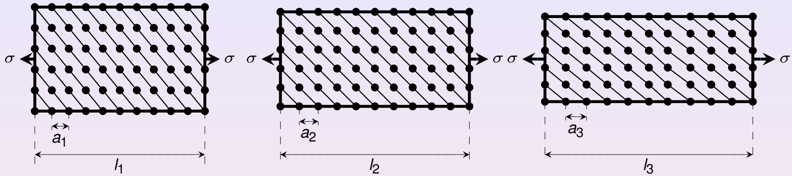
Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations



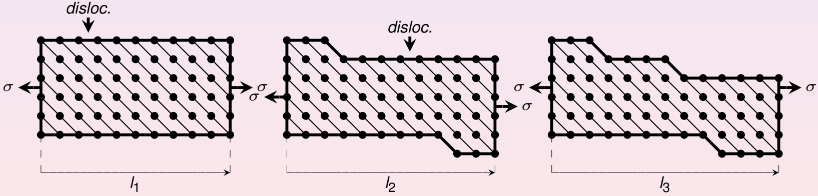
◂ Observation TEM des déformations plastiques

Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille

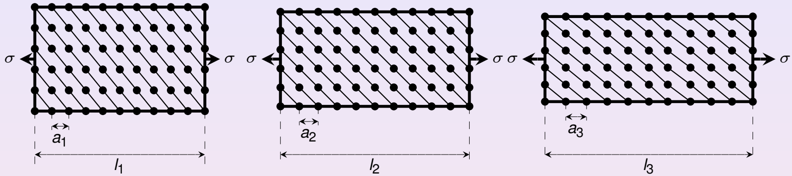


Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations

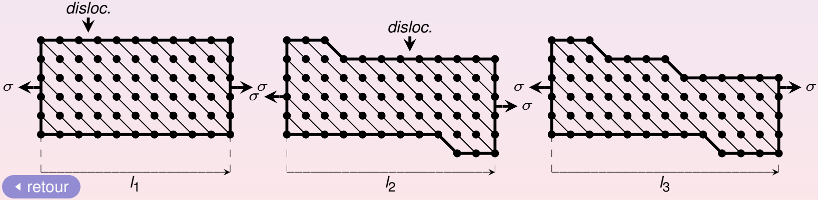


Mobilisation des dislocations

Elasticité ($\sigma < \sigma_e$) : modification des paramètres de maille



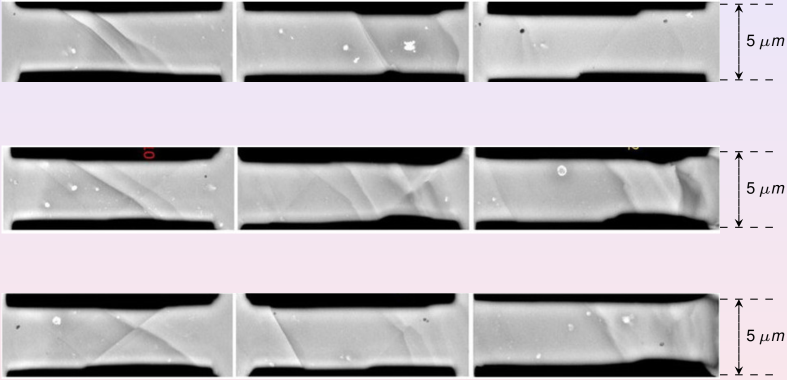
Plasticité ($\sigma > \sigma_e$) : création et mouvement de dislocations



retour

Déformation plastiques

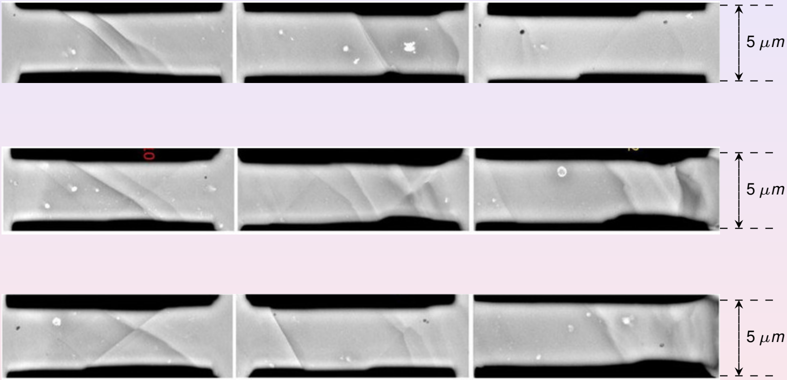
Observation TEM de micro-spécimens de traction



source : Hu, Zuqi et al., Microstructure Formation and Micropillar Compression of Al-TiC Nanocomposite Manufactured by Solidification Nanoprocessing, Metallurgical and Materials Transactions A, 08.2019

Déformation plastiques

Observation TEM de micro-spécimens de traction



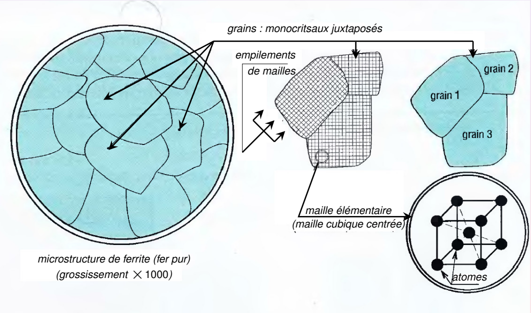
source : Hu, Zuqi et al., Microstructure Formation and Micropillar Compression of Al-TiC Nanocomposite Manufactured by Solidification Nanoprocessing, Metallurgical and Materials Transactions A, 08.2019

retour

Microstructures et grains

Grains, monocristaux et mailles

- *Les métaux sont formés de monocristaux ou **grains** placés côte à côte et de forme polygonale plus ou moins régulière.*
- *A l'intérieur d'un grain, les atomes sont disposés de façons périodiques. La structure répétée périodiquement est appelée **maille** (e.g. maille cubique centré, maille cubique face centrée).*



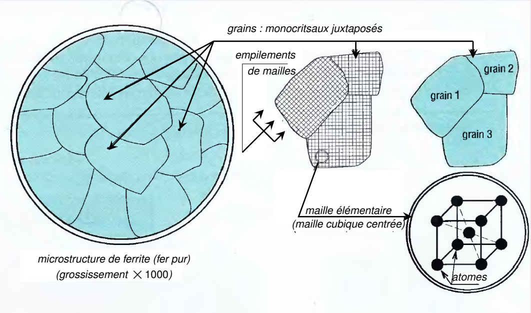
source : Fanchon

- *Les traitements thermiques sont susceptibles de modifier la microstrutcure (i.e la taille et la morphologie des grains).*

Microstructures et grains

Grains, monocristaux et mailles

- *Les métaux sont formés de monocristaux ou **grains** placés côte à côte et de forme polygonale plus ou moins régulière.*
- *A l'intérieur d'un grain, les atomes sont disposés de façons périodiques. La structure répétée périodiquement est appelée **maille** (e.g. maille cubique centré, maille cubique face centrée).*



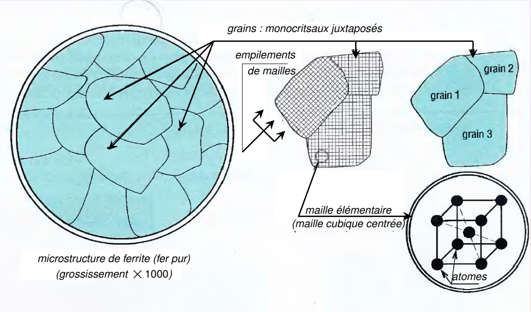
source : Fanchon

- *Les traitements thermiques sont susceptibles de modifier la microstrutcure (i.e la taille et la morphologie des grains).*

Microstructures et grains

Grains, monocristaux et mailles

- *Les métaux sont formés de monocristaux ou* ***grains*** *placés côte à côte et de forme polygonale plus ou moins régulière.*
- *A l'intérieur d'un grain, les atomes sont disposés de façons périodiques. La structure répétée périodiquement est appelée* ***maille*** *(e.g. maille cubique centré, maille cubique face centrée).*



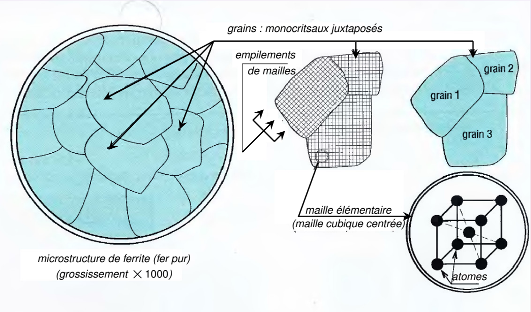
source : Fanchon

- *Les traitements thermiques sont susceptibles de modifier la microstrutcure (i.e la taille et la morphologie des grains).*

Microstructures et grains

Grains, monocristaux et mailles

- *Les métaux sont formés de monocristaux ou **grains** placés côte à côte et de forme polygonale plus ou moins régulière.*
- *A l'intérieur d'un grain, les atomes sont disposés de façons périodiques. La structure répétée périodiquement est appelée **maille** (e.g. maille cubique centré, maille cubique face centrée).*



source : Fanchon

- *Les traitements thermiques sont susceptibles de modifier la microstrutcure (i.e la taille et la morphologie des grains).*

◂ retour

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

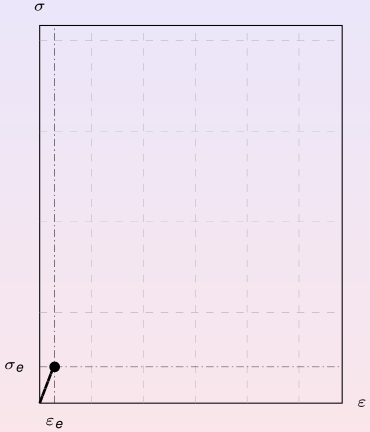


Fig. *Courbe de traction réelle*

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

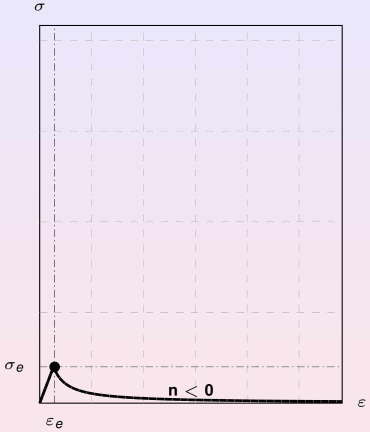


Fig. *Courbe de traction réelle*

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

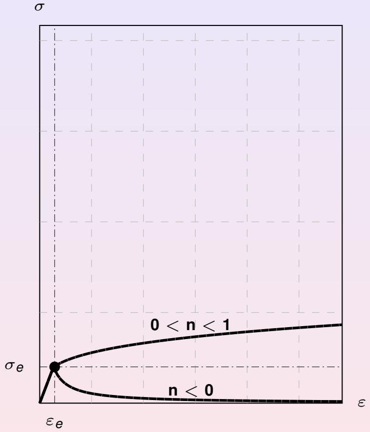


Fig. *Courbe de traction réelle*

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

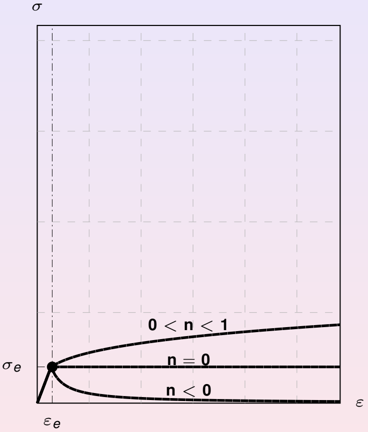


Fig. *Courbe de traction réelle*

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

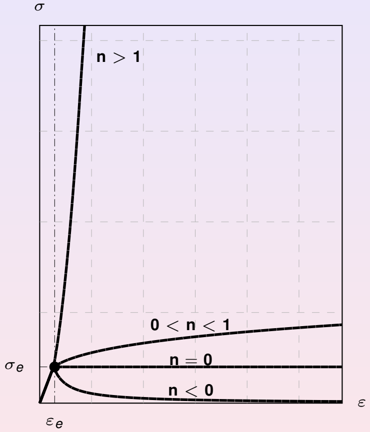


Fig. *Courbe de traction réelle*

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

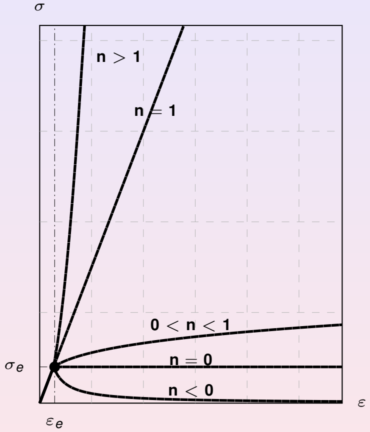


Fig. *Courbe de traction réelle*

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

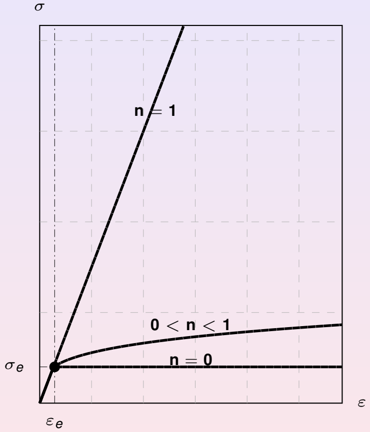


Fig. *Courbe de traction réelle*

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

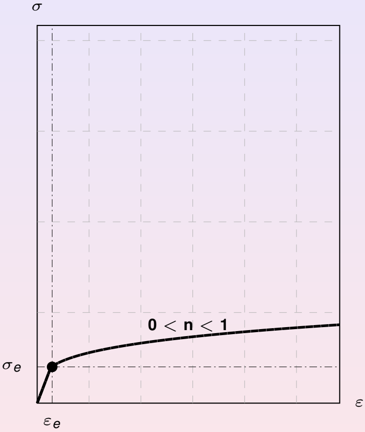


Fig. *Courbe de traction réelle*

Courbe de traction réelles pour diff. val. de n

Exemples de courbes de traction réelles

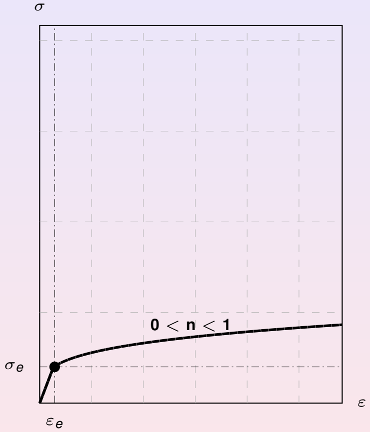


Fig. Courbe de traction réelle

◂ retour

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l-l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l-l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	*nominal*
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- $R \leq \sigma$ *à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- $e \geq \varepsilon$ *à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{dl'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{dl'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	**nominal**
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{dl'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{dl'}{l'}$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	**nominal**
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$\int_{l_0}^{l} \frac{dl'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{dl'}{l'}$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	*nominal*
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	**nominal**
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l-l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l-l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l-l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	*nominal*
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- $R \leq \sigma$ *à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- $e \geq \varepsilon$ *à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur* ***fondamentale****. En effet, elle représente la* ***force*** *développée par la machine de traction* ***normalisée par la surface initiale*** *de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de* ***charge****, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l-l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	*nominal*
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

▸ Expérience de traction et état de contrainte

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l-l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Contrainte nominale aux tableaux

retour

Valeurs nominales et valeurs réelles

Relations systématiques

	réel	***nominal***
taux de déformation	$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0}$	$e = \frac{l - l_0}{l_0}$
contrainte	$\sigma = \frac{F}{S}$	$R = \frac{F}{S_0}$

- *$R \leq \sigma$ à cause de la décroissance de la section de l'échantillon.*
- *$e \geq \varepsilon$ à cause de la croissance de la longueur de l'échantillon :*

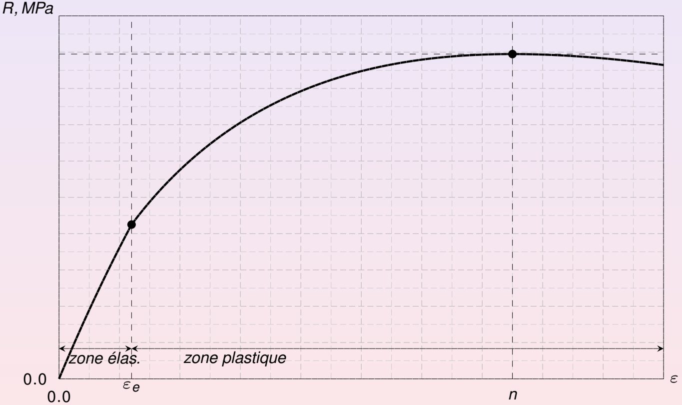
$$e = \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l_0} \geq \int_{l_0}^{l} \frac{\mathrm{d}l'}{l'} = \varepsilon$$

- *Si le taux de déformation nominal n'est usité que dans le contexte des petites déformations, la contrainte nominale est une grandeur **fondamentale**. En effet, elle représente la **force** développée par la machine de traction **normalisée par la surface initiale** de l'échantillon.*
- *La contrainte nominale R est directement liée à la notion de **charge**, tandis que la contrainte de traction réelle σ représente la contrainte de traction qu'on peut mesurer à l'intérieur de l'échantillon.*

Courbe de traction lorsque $\varepsilon_m = n > \varepsilon_{\text{ult}}$

Exemple de courbe de traction : cas $n > \varepsilon_{\text{ult}}$

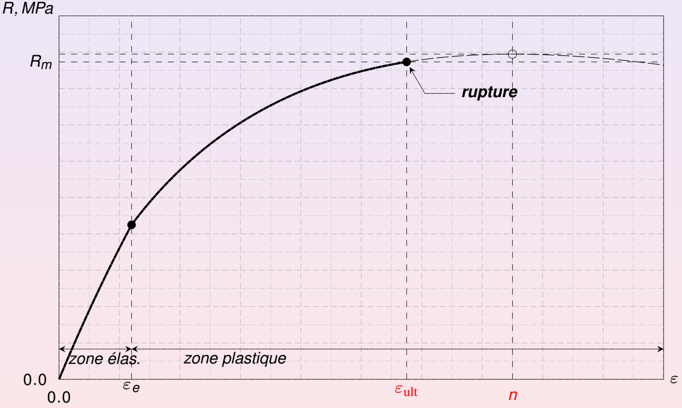
- *La contrainte nominale maximale est réalisée au moment de la rupture !*



Courbe de traction lorsque $\varepsilon_m = n > \varepsilon_{\text{ult}}$

Exemple de courbe de traction : cas $n > \varepsilon_{\text{ult}}$

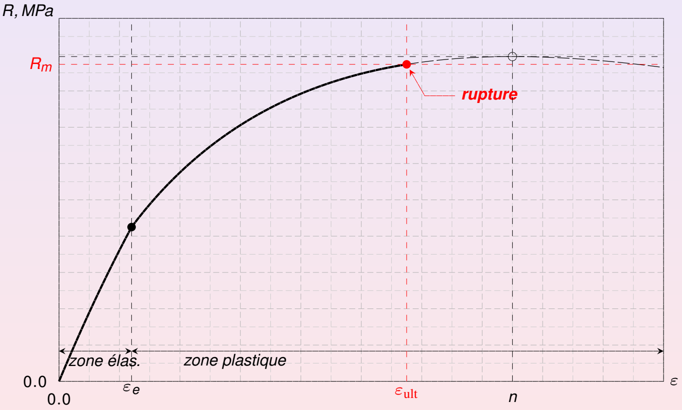
- *La contrainte nominale maximale est réalisée au moment de la rupture !*



Courbe de traction lorsque $\varepsilon_m = n > \varepsilon_{\text{ult}}$

Exemple de courbe de traction : cas $n > \varepsilon_{\text{ult}}$

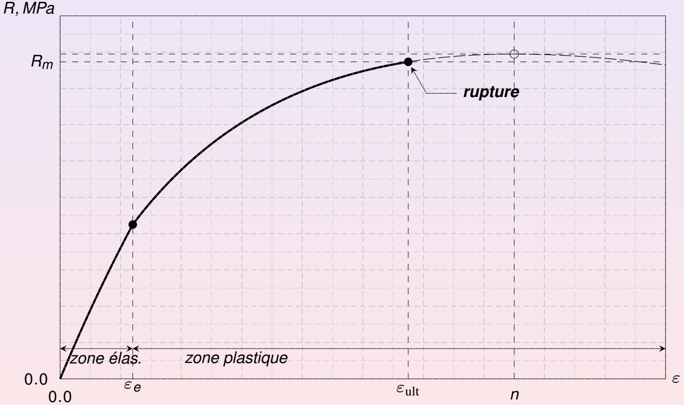
- *La contrainte nominale maximale est réalisée au moment de la rupture !*



Courbe de traction lorsque $\varepsilon_m = n > \varepsilon_{\text{ult}}$

Exemple de courbe de traction : cas $n > \varepsilon_{\text{ult}}$

- *La contrainte nominale maximale est réalisée au moment de la rupture !*

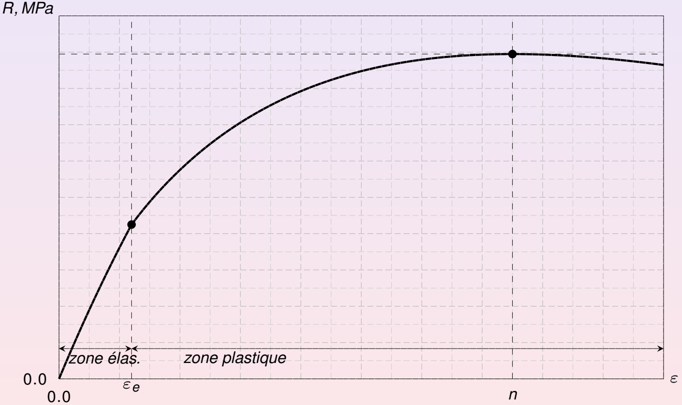


◂ retour

Courbe de traction lorsque $\varepsilon_m > \varepsilon_{rup}$

Exemple de courbe de traction : cas $n > \varepsilon_{\mathrm{ult}}$

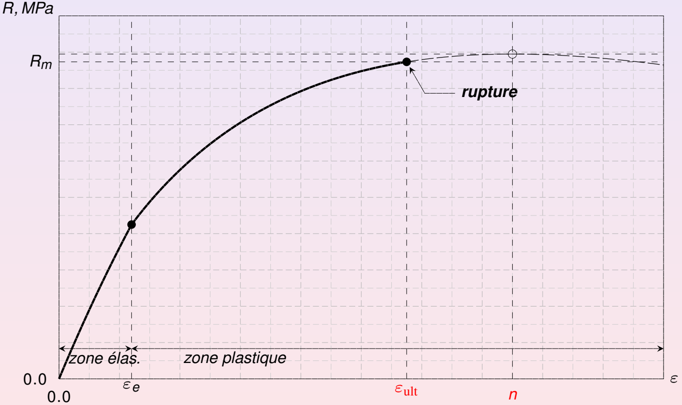
- *La contrainte nominale maximale est réalisée au moment de la rupture !*



Courbe de traction lorsque $\varepsilon_m > \varepsilon_{rup}$

Exemple de courbe de traction : cas $n > \varepsilon_{\text{ult}}$

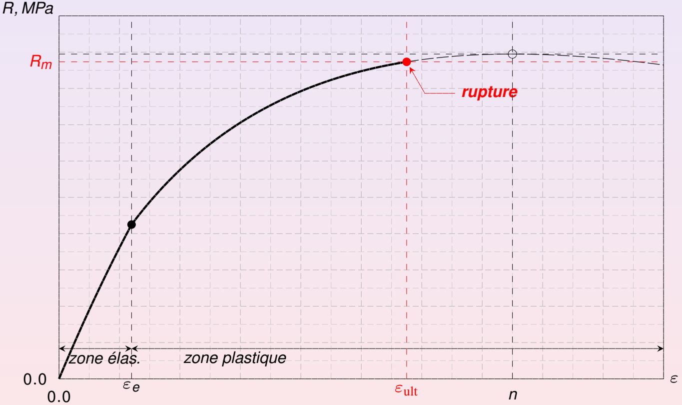
- *La contrainte nominale maximale est réalisée au moment de la rupture !*



Courbe de traction lorsque $\varepsilon_m > \varepsilon_{rup}$

Exemple de courbe de traction : cas $n > \varepsilon_{\text{ult}}$

- *La contrainte nominale maximale est réalisée au moment de la rupture !*

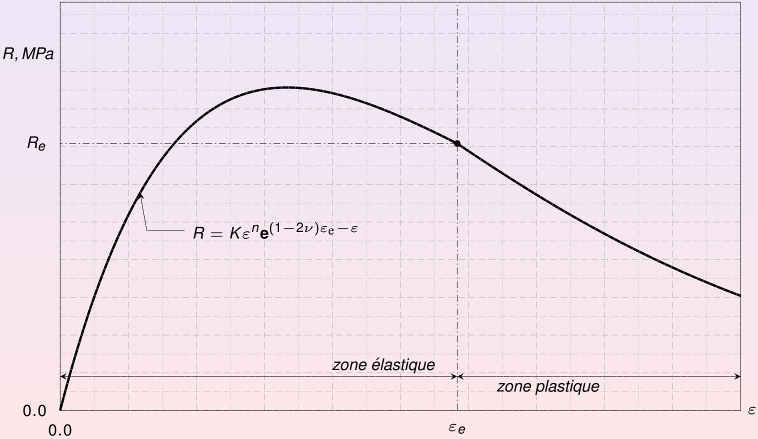


retour

Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$

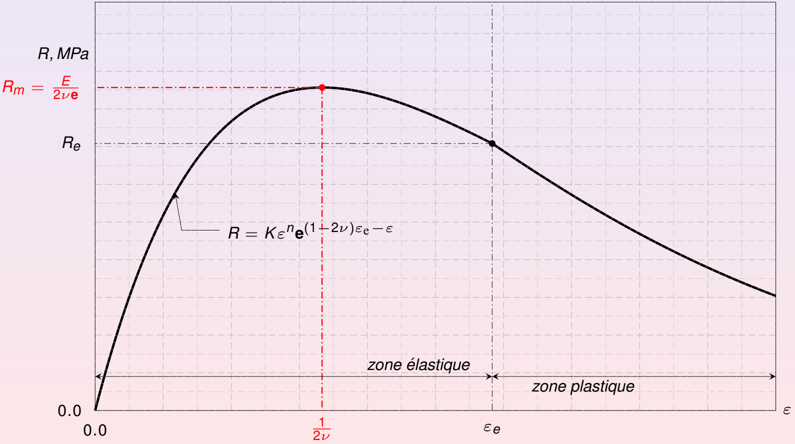
- *Dans le cas où $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique :* en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$



Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$

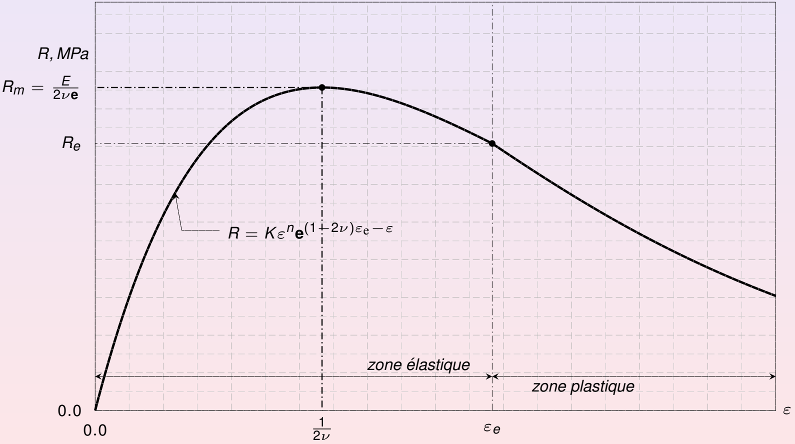
- *Dans le cas où $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique : en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$*



Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_\mathrm{e} > \frac{1}{2\nu}$

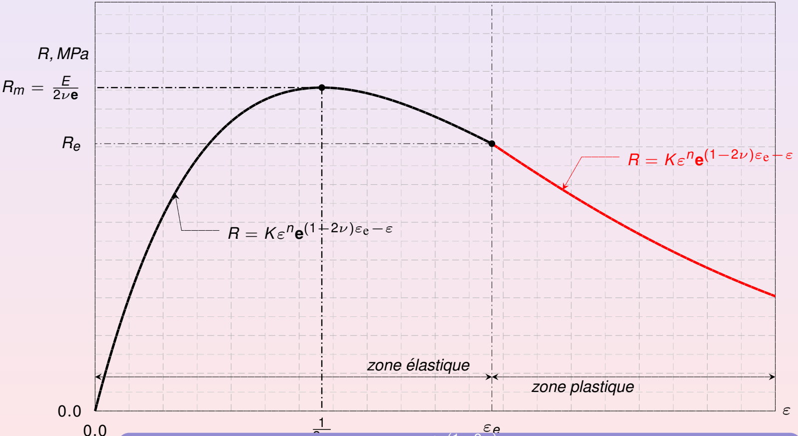
- *Dans le cas où $\varepsilon_\mathrm{e} > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique : en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$*



Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$

- *Dans le cas où $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique : en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$*

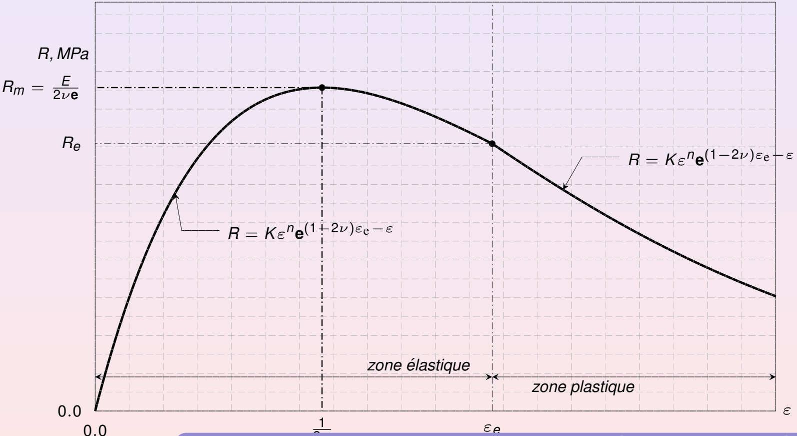


Est-on sûr que le graphe de $\varepsilon \to R = K\varepsilon^n \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_e - \varepsilon}$ est décroissant en zone plastique ?

Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$

- *Dans le cas où $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique : en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$*

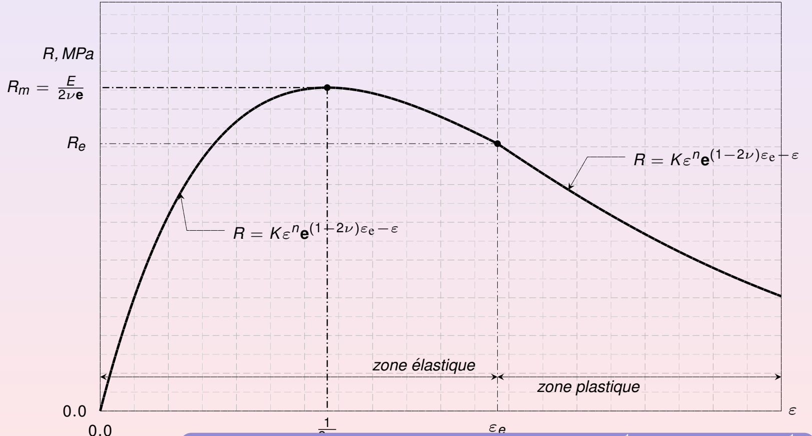


Oui parce que son maximum est en $\varepsilon = n$ et que $n < 1 \leq \frac{1}{2\nu} < \varepsilon_e$ (Rappel $\nu < \frac{1}{2}$)

Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$

- *Dans le cas où $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique : en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$*

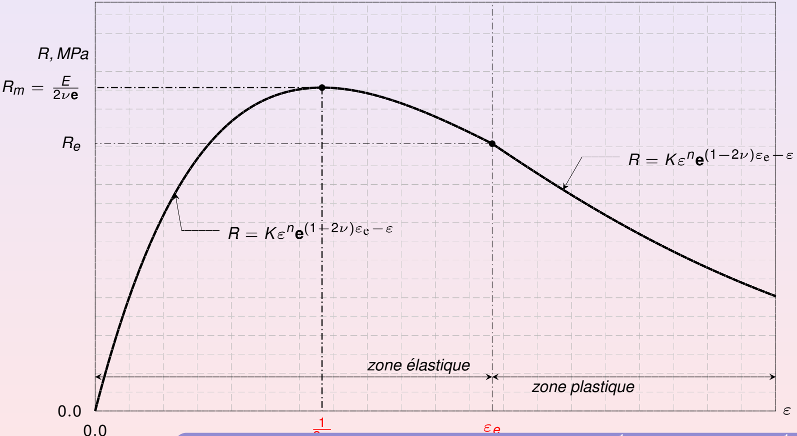


Oui parce que son maximum est en $\varepsilon = n$ et que $n < 1 \leq \frac{1}{2\nu} < \varepsilon_e$ (Rappel $\nu < \frac{1}{2}$)

Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$

- *Dans le cas où $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique : en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$*

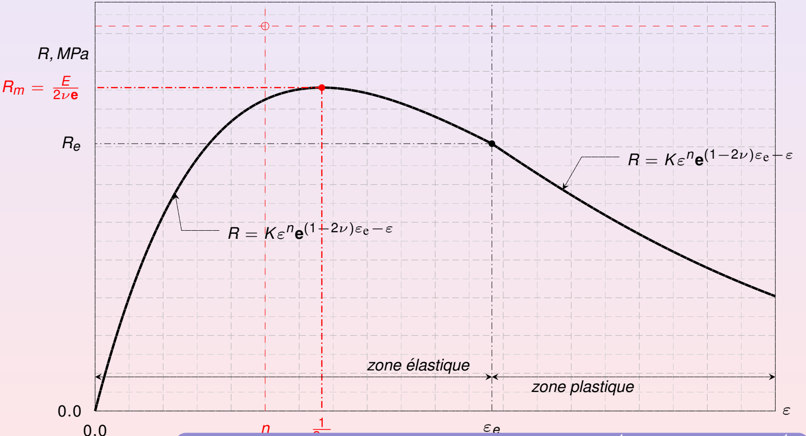


Oui parce que son maximum est en $\varepsilon = n$ et que $n < 1 \leq \frac{1}{2\nu} < \varepsilon_e$ (Rappel $\nu < \frac{1}{2}$)

Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$

- *Dans le cas où $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique : en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$*

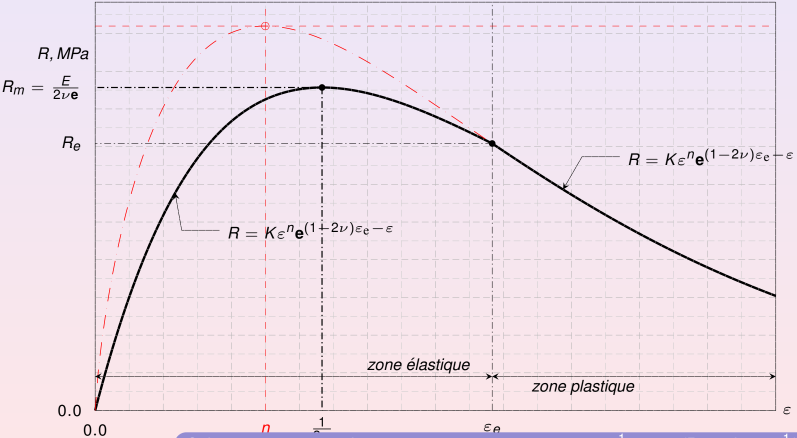


Oui parce que son maximum est en $\varepsilon = n$ et que $n < 1 \leq \frac{1}{2\nu} < \varepsilon_e$ (Rappel $\nu < \frac{1}{2}$)

Courbe de traction pour un mat. dur

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$

- *Dans le cas où $\varepsilon_e > \frac{1}{2\nu}$, la contrainte nominale maximale est réalisée à l'intérieur de la zone élastique : en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu}$*

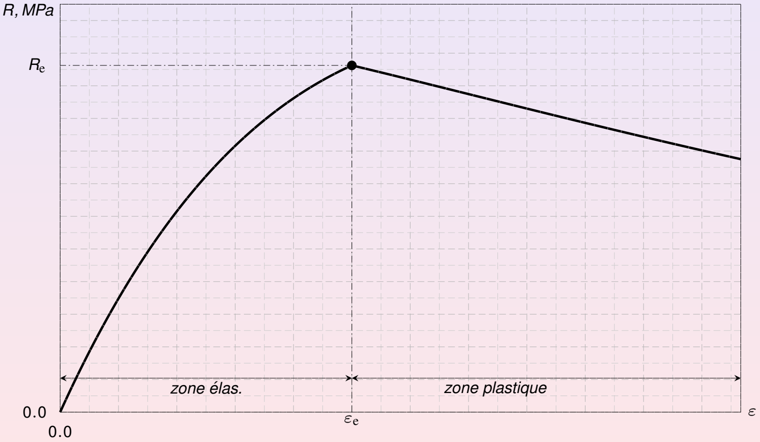


Oui parce que son maximum est en $\varepsilon = n$ et que $n < 1 \leq \frac{1}{2\nu} < \varepsilon_e$ (Rappel $\nu < \frac{1}{2}$)

Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e < \frac{1}{2\nu}$

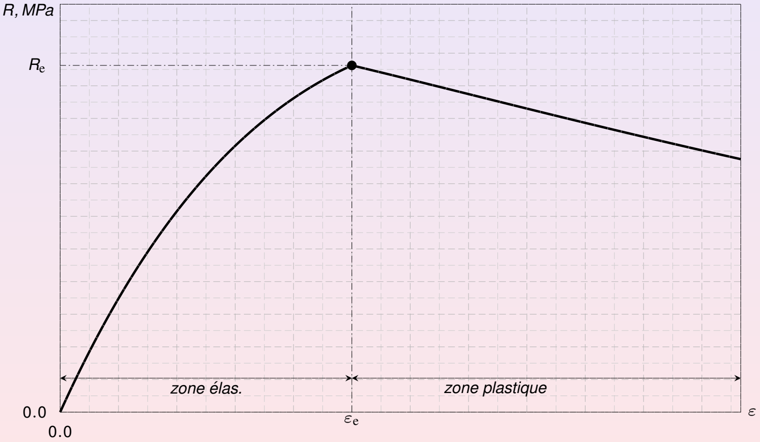
- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*



Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e < \frac{1}{2\nu}$

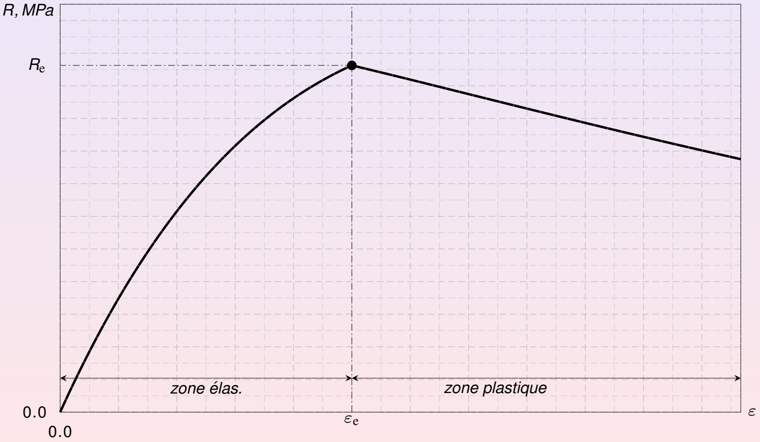
- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*



Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_e > n$

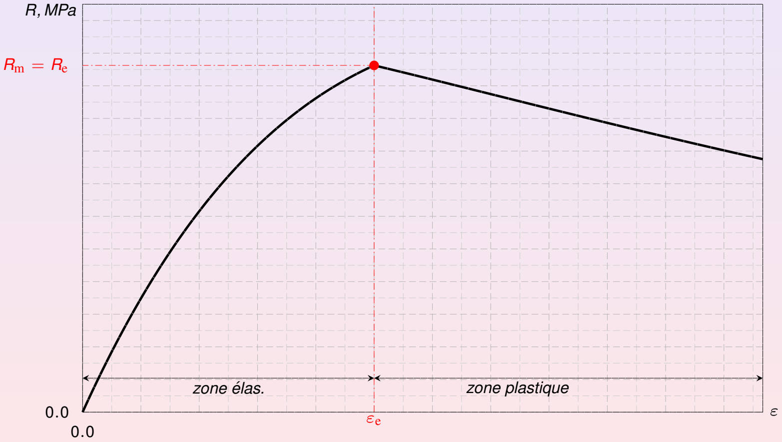
- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*



Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_\mathrm{e} < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_\mathrm{e} > n$

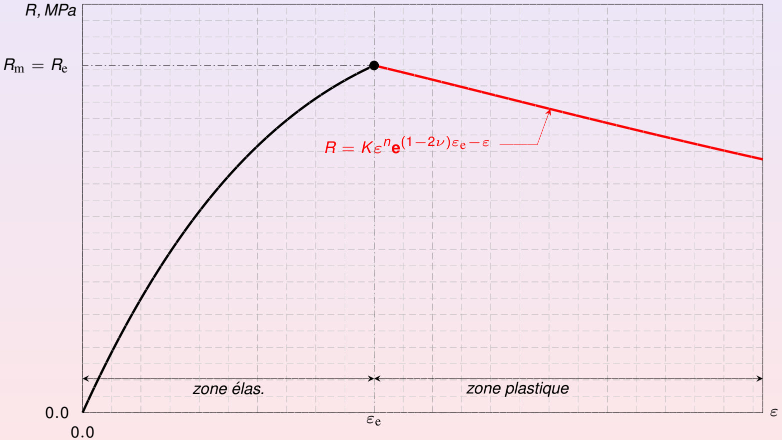
- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*



Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_{\mathrm{e}} < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_{\mathrm{e}} > n$

- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*

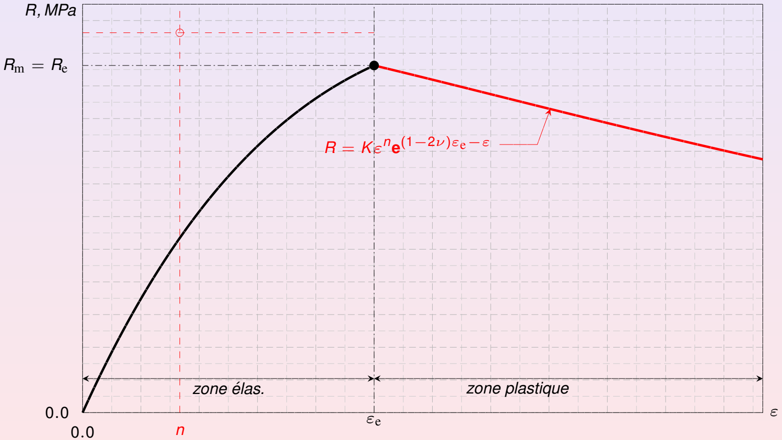


Comment se fait-il que le graphe de $\varepsilon \to R = K\varepsilon^n \mathbf{e}^{(1-2\nu)\varepsilon_{\mathrm{e}}-\varepsilon}$ soit décroissant ?

Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_e > n$

- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*

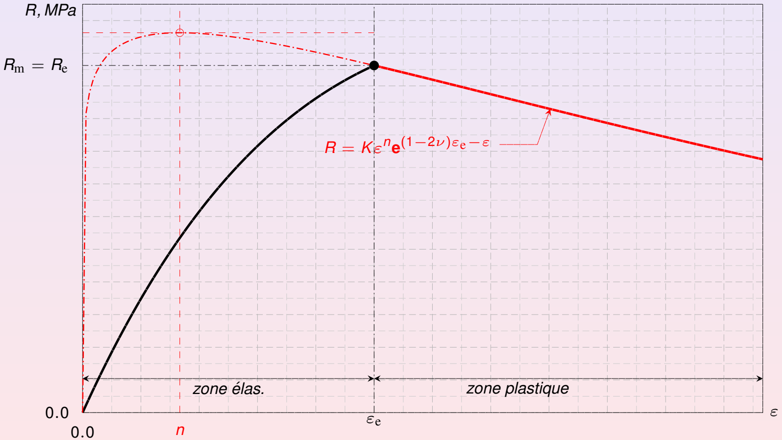


C'est parce que son maximum en $\varepsilon = n$ se situe en deça du taux déf. en limite élatisque

Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_e > n$

- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*

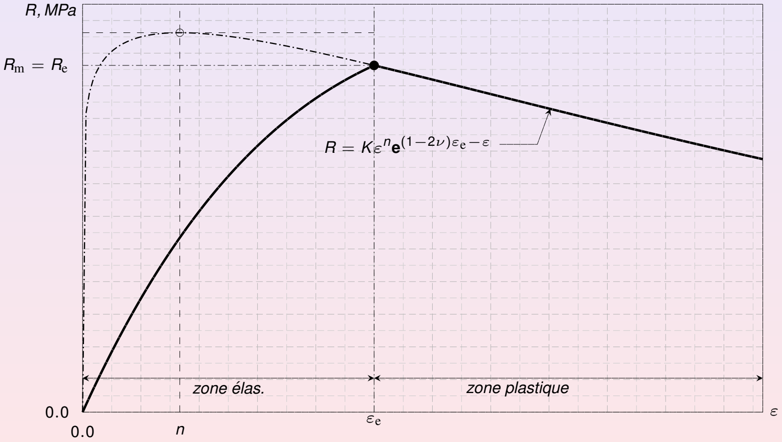


C'est parce que son maximum en $\varepsilon = n$ se situe en deça du taux déf. en limite élatisque

Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_\mathrm{e} < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_\mathrm{e} > n$

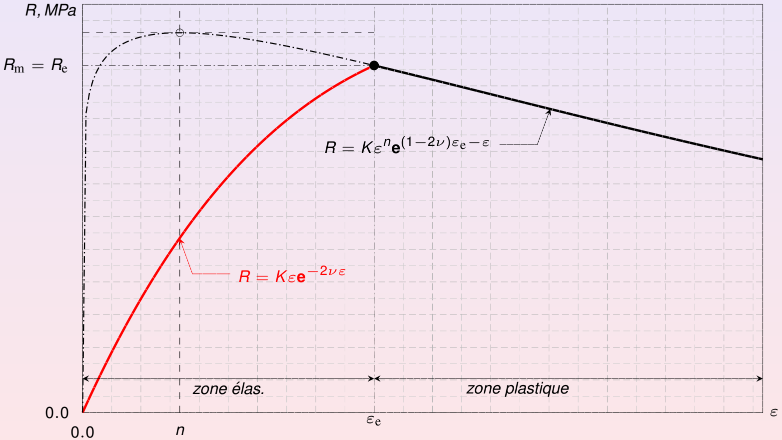
- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*



Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_\mathrm{e} < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_\mathrm{e} > n$

- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*

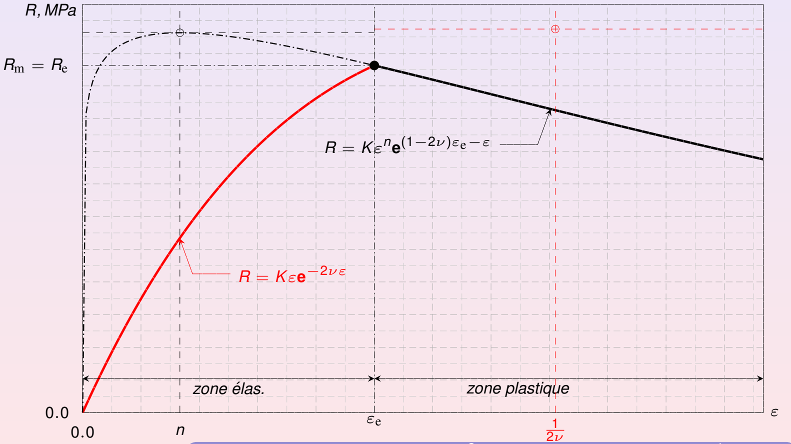


Est-on certain que le graphe de $\varepsilon \to R = K\varepsilon \mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ est croissant jusqu'en $\varepsilon = \varepsilon_\mathrm{e}$?

Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_e > n$

- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*

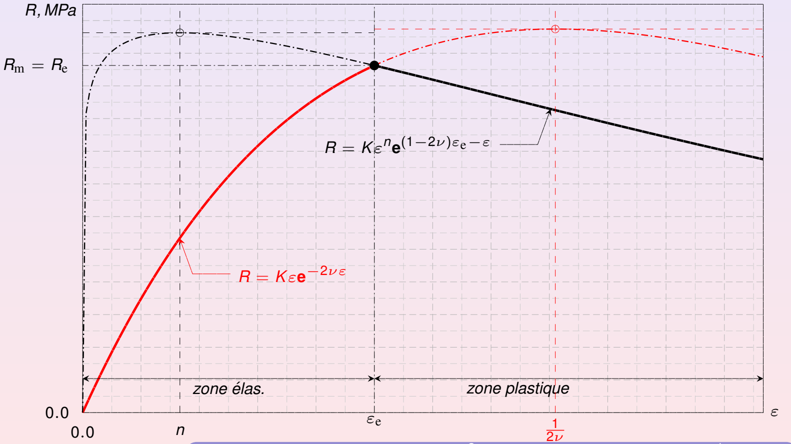


Oui car le graphe de $\varepsilon \to R = K\varepsilon\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ atteint son maximum en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu} > \varepsilon_e$?

Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_e < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_e > n$

- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*

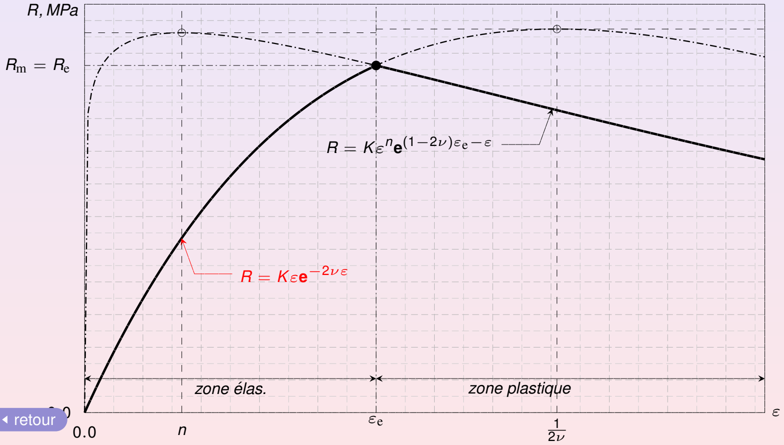


Oui car le graphe de $\varepsilon \to R = K\varepsilon\mathbf{e}^{-2\nu\varepsilon}$ atteint son maximum en $\varepsilon = \frac{1}{2\nu} > \varepsilon_e$?

Courbe de traction pour un mat. dur (suite)

Exemple de courbe de traction : cas $\varepsilon_\mathrm{e} < \frac{1}{2\nu}$ mais $\varepsilon_\mathrm{e} > n$

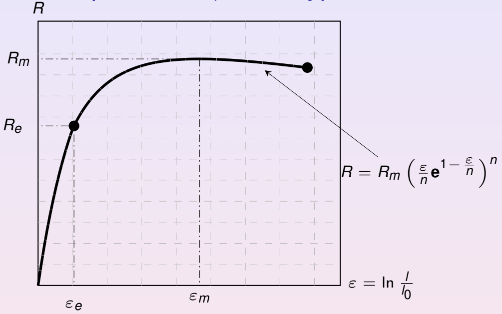
- *La contrainte nominale maximale est réalisée en limite élastique !*



◂ retour

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)



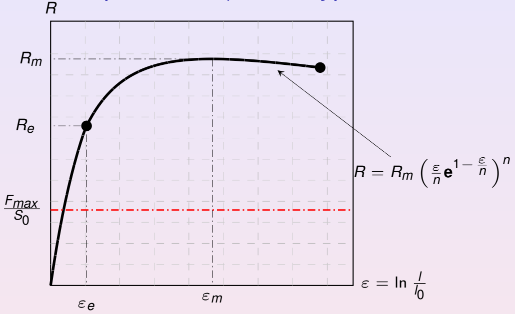
- *Le taux de déf. atteignable ε_{max} avec une charge adaptée F_{max} satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} e^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}} \right)^n \quad \textit{(Equation de la déformation maximale)}$$

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)

la charge est sous-dimensionnée :
all. possible jusqu'au tx ε_{max} :

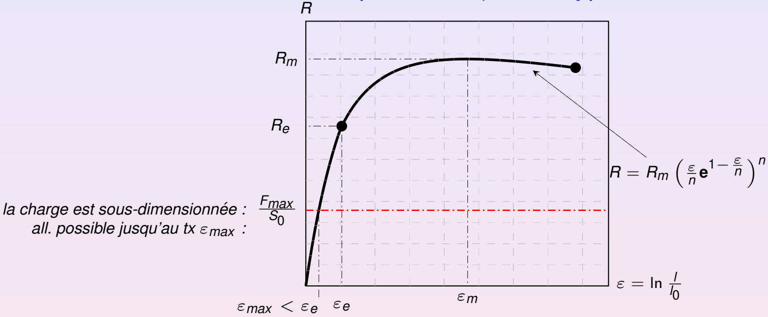


- *Le taux de déf. atteignable ε_{max} avec une charge adaptée F_{max} satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} e^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}}\right)^n \quad \text{(Equation de la déformation maximale)}$$

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)

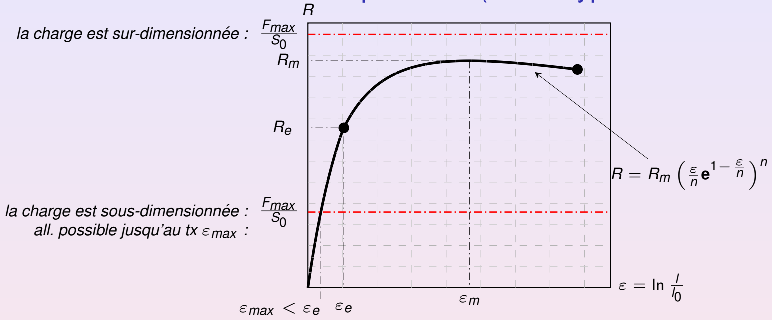


- *Le taux de déf. atteignable* ε_{max} *avec une charge adaptée* F_{max} *satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}} \right)^n \quad \textit{(Equation de la déformation maximale)}$$

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)

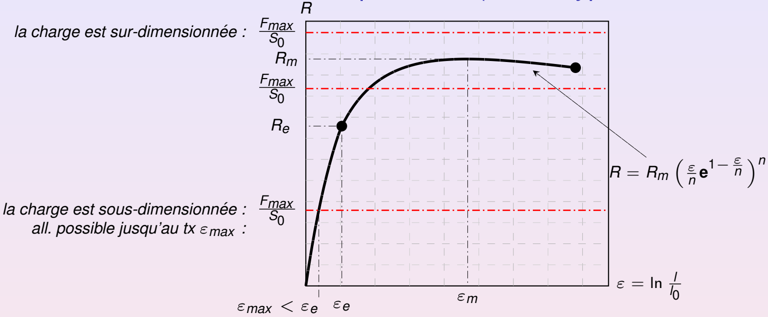


- *Le taux de déf. atteignable* ε_{max} *avec une charge* *adaptée* F_{max} *satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} e^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}}\right)^n \quad \text{(Equation de la déformation maximale)}$$

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)



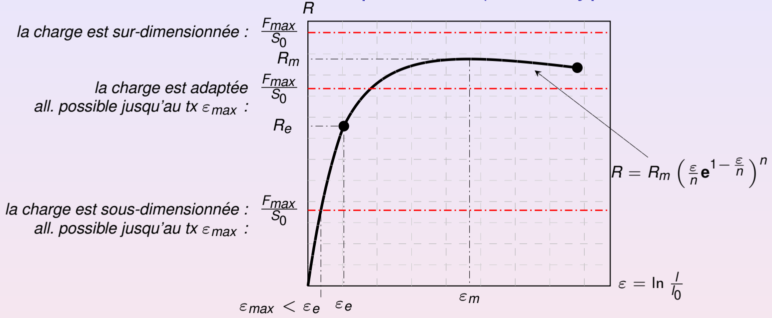
- *Le taux de déf. atteignable ε_{max} avec une charge adaptée F_{max} satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} e^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}}\right)^n$$

(Equation de la déformation maximale)

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)

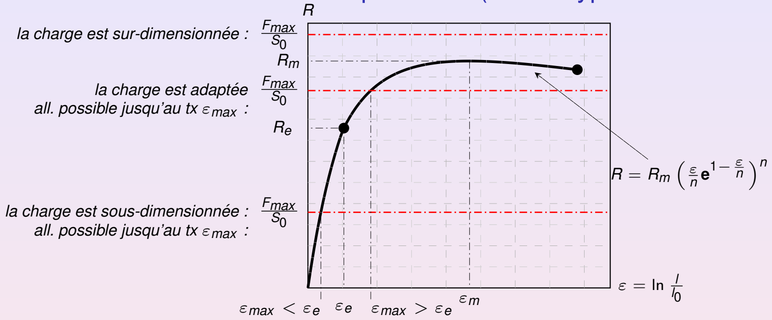


- *Le taux de déf. atteignable ε_{max} avec une charge adaptée F_{max} satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}} \right)^n \quad \text{(Equation de la déformation maximale)}$$

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)

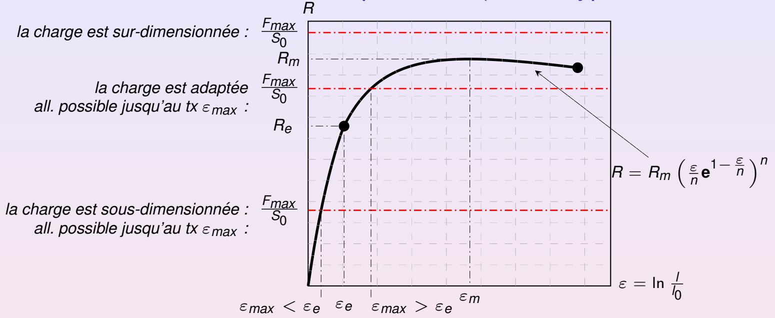


- *Le taux de déf. atteignable ε_{max} avec une charge adaptée F_{max} satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}} \right)^n \quad \text{(Equation de la déformation maximale)}$$

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)



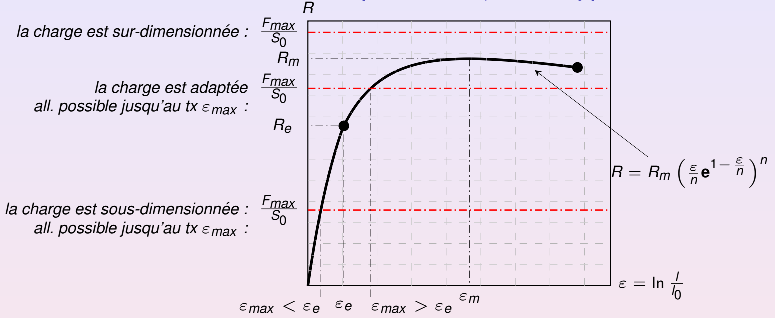
- *Le taux de déf. atteignable ε_{max} avec une charge <u>adaptée</u> F_{max} satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} \mathbf{e}^{1 - \frac{\varepsilon_{max}}{n}} \right)^n .$$

(Equation de la déformation maximale)

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)



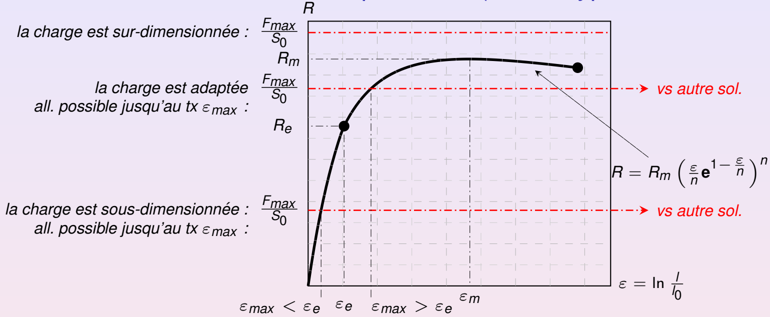
- *Le taux de déf. atteignable* ε_{max} *avec une charge adaptée* F_{max} *satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n}\mathbf{e}^{1-\dfrac{\varepsilon_{max}}{n}}\right)^n .$$

(Equation de la déformation maximale)

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)

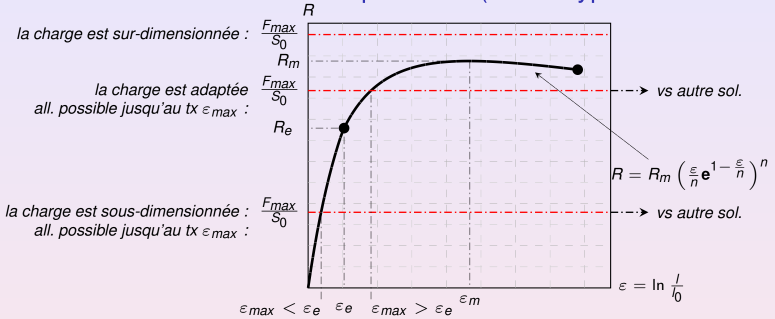


- *Le taux de déf. atteignable ε_{max} avec une charge adaptée F_{max} satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n}\mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}}\right)^n . \quad \textbf{\textit{(Equation de la déformation maximale)}}$$

Inversion de la fonction de traction

Illustration des trois situations possibles (sous l'hypo. de Considère)



- *Le taux de déf. atteignable ε_{max} avec une charge adaptée F_{max} satisfait :*

$$\frac{F_{max}}{S_0} = R_m \left(\frac{\varepsilon_{max}}{n} \mathbf{e}^{1-\frac{\varepsilon_{max}}{n}} \right)^n . \quad \textbf{\textit{(Equation de la déformation maximale)}}$$

◂ retour

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

STO	$*$	exp	RCL								

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

STO	*	exp	RCL								

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	**résistance**	**coeff. Poisson**	**coeff. écr.**
$R_e = 450$ MPa	$R_m = 904.2$ MPa	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

***Tab. 1** Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ MPa $\geq R_e$ **(cas plastique)**

STO	$*$	exp	RCL								

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	*exp*	*RCL*								

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	**résistance**	**coeff. Poisson**	**coeff. écr.**
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	exp	RCL	0.	0	4	7	3	3	0	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	résistance	coeff. Poisson	coeff. écr.
$R_e = 450$ MPa	$R_m = 904.2$ MPa	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ MPa $\geq R_e$ **(cas plastique)**

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	7	3	3	0	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	7	3	3	0	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	1.	0	4	8	4	6	8	2

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	*résistance*	*coeff. Poisson*	*coeff. écr.*
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$

STO	*	exp	RCL	1.	0	4	8	4	6	8	2

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	0.	0	4	9	6	2	4	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ MPa	$R_m = 904.2$ MPa	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ MPa $\geq R_e$ ***(cas plastique)*** $\quad \alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	6	2	4	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ MPa	$R_m = 904.2$ MPa	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ MPa $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	6	2	4	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	**résistance**	**coeff. Poisson**	**coeff. écr.**
$R_e = 450$ MPa	$R_m = 904.2$ MPa	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ MPa $\geq R_e$ **(cas plastique)**

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	exp	RCL	0.	0	4	9	7	3	8	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	3	8	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	3	8	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	0

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	0

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	0.	0	4	9	7	4	4	0

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	**résistance**	**coeff. Poisson**	**coeff. écr.**
$R_e = 450$ MPa	$R_m = 904.2$ MPa	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ MPa $\geq R_e$ **(cas plastique)** $\quad \alpha = \frac{1}{\mathbf{e}}\sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	2

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	0.	0	4	9	7	4	4	2

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	0.	0	4	9	7	4	4	2

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	**résistance**	**coeff. Poisson**	**coeff. écr.**
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}}\sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	*résistance*	*coeff. Poisson*	*coeff. écr.*
$R_e = 450$ MPa	$R_m = 904.2$ MPa	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ MPa $\geq R_e$ **(cas plastique)**

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	**résistance**	**coeff. Poisson**	**coeff. écr.**
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	0.	0	4	9	7	4	4	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	*résistance*	*coeff. Poisson*	*coeff. écr.*
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}}\sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	0.	0	4	9	7	4	4	3

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)*** $\quad \alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	3	$\longrightarrow \bar{x}$

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

***Tab. 1** Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	0.	0	4	9	7	4	4	3

$\longrightarrow \bar{x}$

$\varepsilon = n\bar{x}$

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ MPa	$R_m = 904.2$ MPa	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ MPa $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	*	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	3

$\longrightarrow \bar{x}$

$$\downarrow \ \varepsilon = n\bar{x}$$

$$\varepsilon = 0.0099488$$

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\downarrow \quad \alpha = \frac{1}{\mathbf{e}}\sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	exp	RCL	0.	0	4	9	7	4	4	3

$\longrightarrow \bar{x}$

$$\downarrow \quad \varepsilon = n\bar{x}$$

$$\varepsilon = 0.0099488$$

Calcul des taux de déformation, cas plastique

Problème

- *On reçoit un matériau recuit de caractéristiques connues.*
  - *Il faut calculer le taux de déformation réel d'une barre de section $S_0 = 150.0\,\mathrm{mm}^2$ soumise à une force de traction de $F = 90$ kN.*

limite élastique	***résistance***	***coeff. Poisson***	***coeff. écr.***
$R_e = 450$ *MPa*	$R_m = 904.2$ *MPa*	$\nu = 0.400$	$n = 0.2$

Tab. 1 *Données relatives au matériau*

$\frac{F}{S_0} = 600.0$ *MPa* $\geq R_e$ ***(cas plastique)***

$$\alpha = \frac{1}{\mathbf{e}} \sqrt[n]{\frac{F}{R_m S_0}}$$

STO	$*$	*exp*	*RCL*	0.	0	4	9	7	4	4	3

$\longrightarrow \bar{x}$

$$\varepsilon = n\bar{x}$$

◂ retour

$$\varepsilon = 0.0099488$$

Résistance et contrainte ultime

Cas du matériau fragile

- *Dans le cas d'un matériau fragile, la différence entre la résistance et la contrainte de traction ultime est moindre. On a généralement que $R_{\mathrm{m}} \simeq \sigma_{\mathrm{ult}}$.*

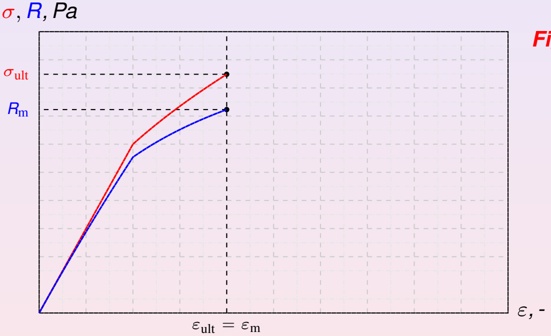


***Fig.** courbes de traction, matériau fragile*

- ***N.B.** Pour évaluer la tenue des matériaux sous charge externes, la valeur à utiliser pour la **résistance ultime à la traction (UTS)** est R_{m}, car le calcul des forces se fait (généralement) par rapport à la **géométrie initale non déformée**.*

Résistance et contrainte ultime

Cas du matériau fragile

- *Dans le cas d'un matériau fragile, la différence entre la résistance et la contrainte de traction ultime est moindre.* *On a généralement que* $R_{\mathrm{m}} \simeq \sigma_{\mathrm{ult}}$.

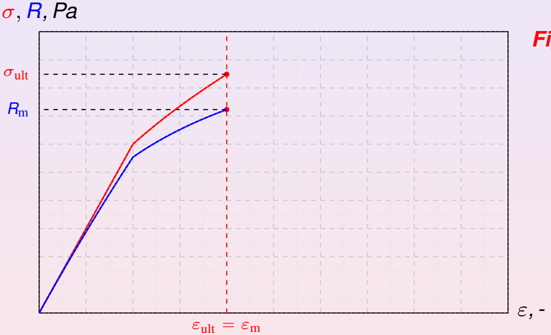


Fig. *courbes de traction, matériau fragile*

- ***N.B.*** *Pour évaluer la tenue des matériaux sous charge externes, la valeur à utiliser pour la* ***résistance ultime à la traction (UTS)*** *est* R_{m}, *car le calcul des forces se fait (généralement) par rapport à la* ***géométrie initale non déformée.***

Résistance et contrainte ultime

Cas du matériau fragile

- *Dans le cas d'un matériau fragile, la différence entre la résistance et la contrainte de traction ultime est moindre. On a généralement que $R_\mathrm{m} \simeq \sigma_\mathrm{ult}$.*

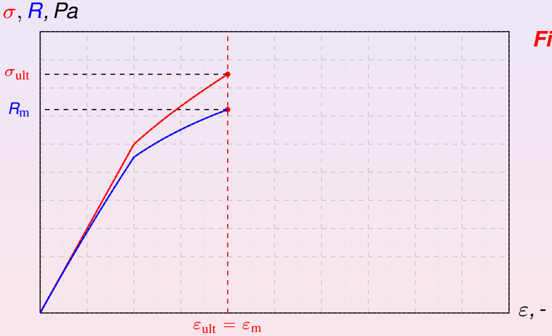


***Fig.** courbes de traction, matériau fragile*

- ***N.B.** Pour évaluer la tenue des matériaux sous charge externes, la valeur à utiliser pour la **résistance ultime à la traction (UTS)** est R_m, car le calcul des forces se fait (généralement) par rapport à la **géométrie initale non déformée**.*

Résistance et contrainte ultime

Cas du matériau fragile

- *Dans le cas d'un matériau fragile, la différence entre la résistance et la contrainte de traction ultime est moindre. On a généralement que* $R_{\mathrm{m}} \simeq \sigma_{\mathrm{ult}}$.

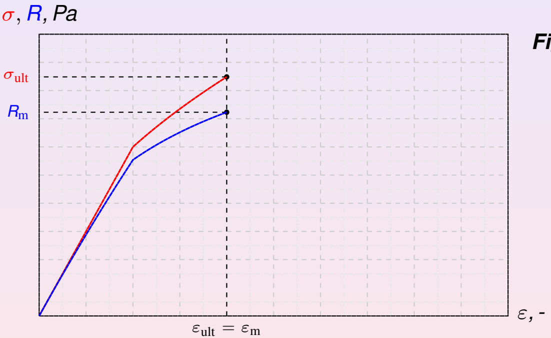


***Fig.** courbes de traction, matériau fragile*

- ***N.B.** Pour évaluer la tenue des matériaux sous charge externes, la valeur à utiliser pour la **résistance ultime à la traction (UTS)** est* R_{m}, *car le calcul des forces se fait (généralement) par rapport à la **géométrie initale non déformée**.*

Résistance et contrainte ultime

Cas du matériau fragile

- *Dans le cas d'un matériau fragile, la différence entre la résistance et la contrainte de traction ultime est moindre. On a généralement que* $R_{\mathrm{m}} \simeq \sigma_{\mathrm{ult}}$.

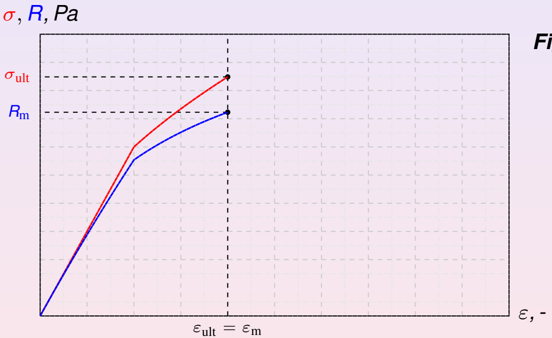


Fig. *courbes de traction, matériau fragile*

- ***N.B.*** *Pour évaluer la tenue des matériaux sous charge externes, la valeur à utiliser pour la* ***résistance ultime à la traction (UTS)*** *est* R_{m}, *car le calcul des forces se fait (généralement) par rapport à la* ***géométrie initale non déformée****.*

Résistance et contrainte ultime

Cas du matériau fragile

- *Dans le cas d'un matériau fragile, la différence entre la résistance et la contrainte de traction ultime est moindre. On a généralement que $R_\mathrm{m} \simeq \sigma_\mathrm{ult}$.*

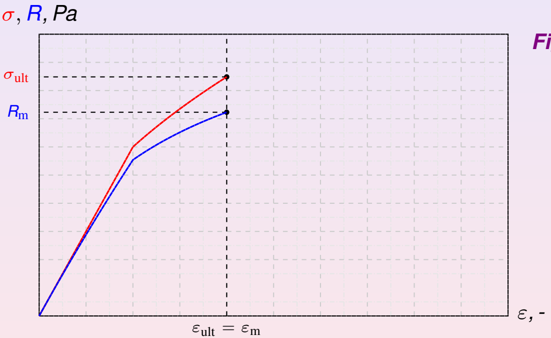


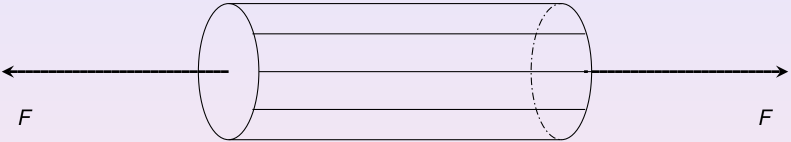
***Fig.** courbes de traction, matériau fragile*

- ***N.B.** Pour évaluer la tenue des matériaux sous charge externes, la valeur à utiliser pour la **résistance ultime à la traction (UTS)** est R_m, car le calcul des forces se fait (généralement) par rapport à la **géométrie initale non déformée**.*

retour

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

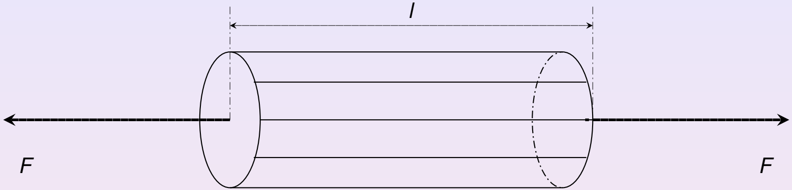
$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

- *Comme $Sl = V$, et que $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

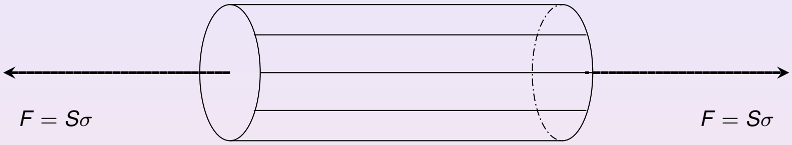
$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

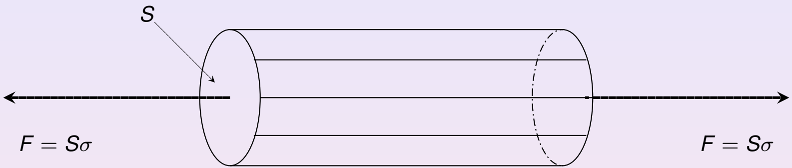
$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\,\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\,\mathrm{d}\varepsilon$$

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



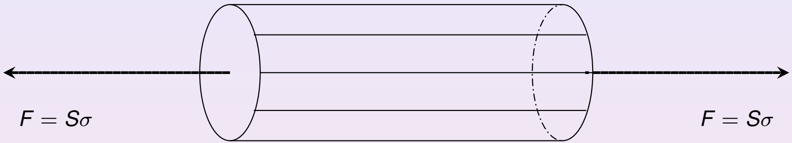
- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma \mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

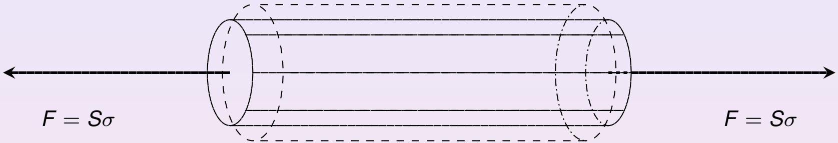
$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



$F = S\sigma$ $F = S\sigma$

- *Le travail effectué vaut*

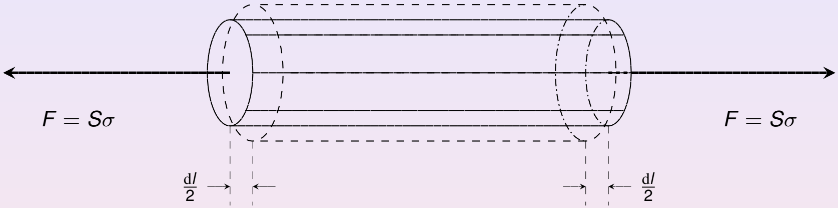
$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

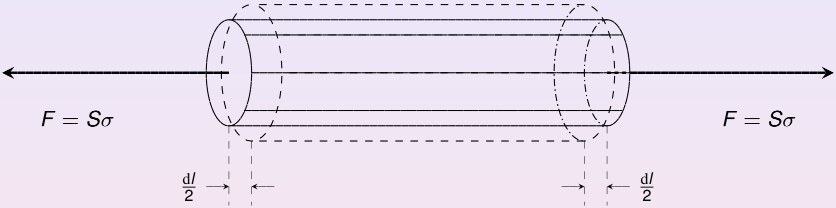
$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

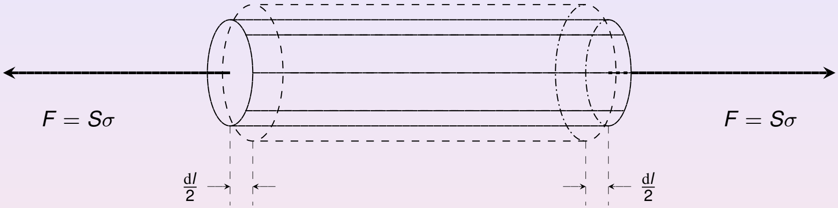
$$dA = F\frac{dl}{2} + F\frac{dl}{2} = F dl = S\sigma dl = Sl\sigma\frac{dl}{l}$$

- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{dl}{l} = d\varepsilon$, on conclut que*

$$dA = V\sigma d\varepsilon$$

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$dA = F\frac{dl}{2} + F\frac{dl}{2} = F dl = S\sigma dl = Sl\sigma\frac{dl}{l}$$

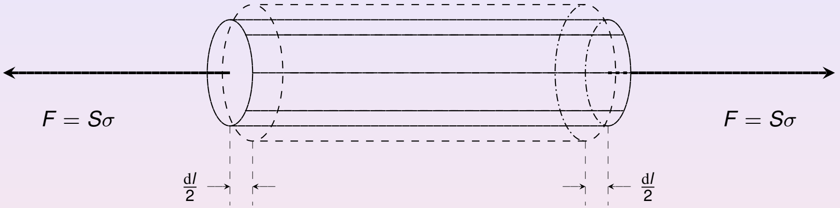
- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{dl}{l} = d\varepsilon$, on conclut que*

$$dA = V\sigma d\varepsilon$$

Facorisation de F

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

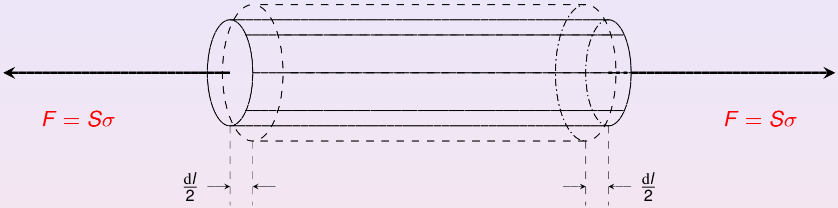
- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Facorisation de F

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

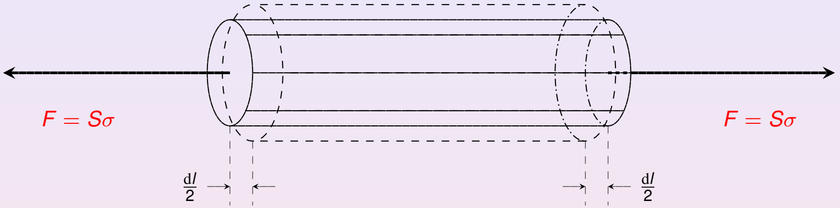
- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Identification de F

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

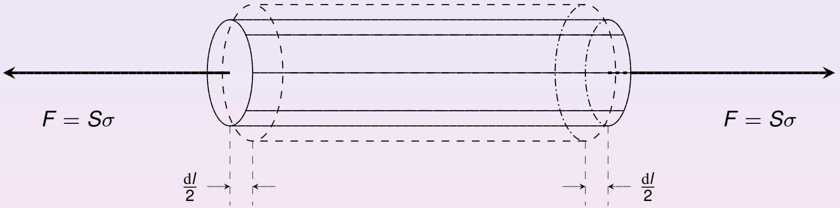
- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Identification de F

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

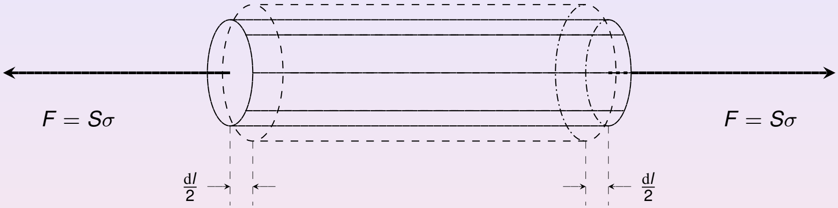
- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Remplacer l'increment de longeur $\mathrm{d}l$ par l'incrément de déformation $\mathrm{d}\varepsilon$

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

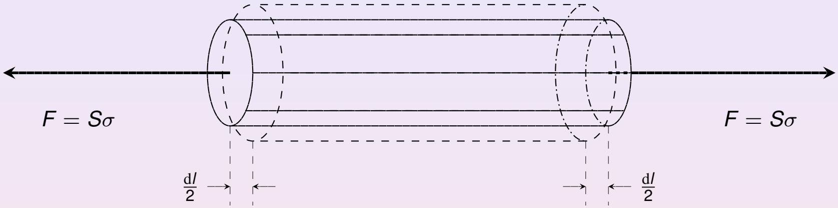
- *Comme $Sl = V$ et que $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Remplacer l'increment de longeur $\mathrm{d}l$ par l'incrément de déformation $\mathrm{d}\varepsilon$

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

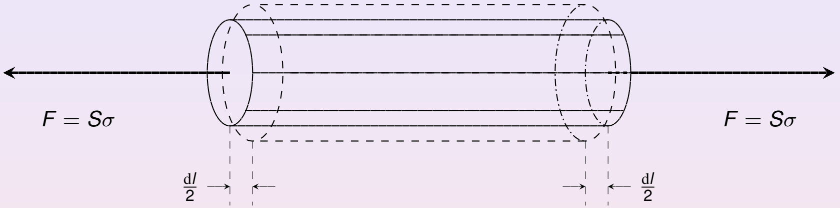
- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Remplacer l'increment de longeur $\mathrm{d}l$ par l'incrément de déformation $\mathrm{d}\varepsilon$

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

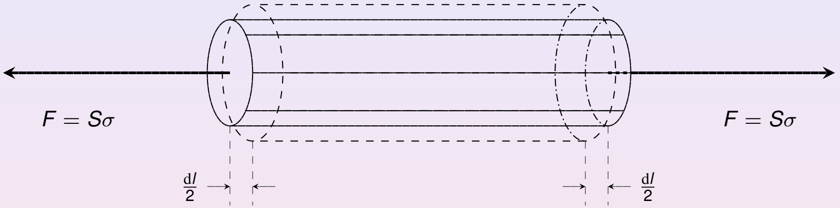
- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Remplacer l'increment de longeur $\mathrm{d}l$ par l'incrément de déformation $\mathrm{d}\varepsilon$

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

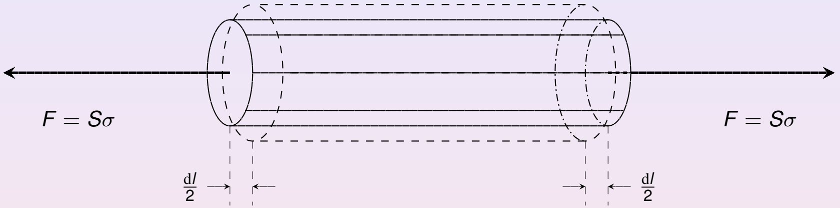
- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Remplacer l'increment de longeur $\mathrm{d}l$ par l'incrément de déformation $\mathrm{d}\varepsilon$

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$dA = F\frac{dl}{2} + F\frac{dl}{2} = Fdl = S\sigma dl = Sl\sigma\frac{dl}{l}$$

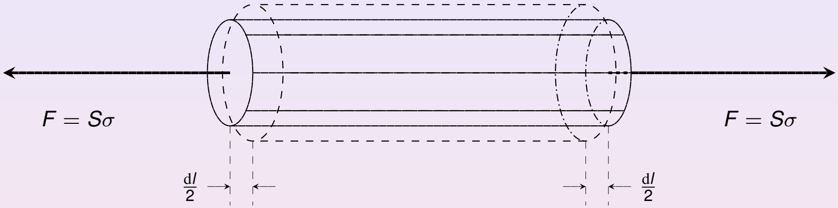
- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{dl}{l} = d\varepsilon$, *on conclut que*

$$dA = V\sigma d\varepsilon$$

Remplacer l'increment de longeur dl par l'incrément de déformation $d\varepsilon$

Episode de traction (allongement dl de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*

$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$

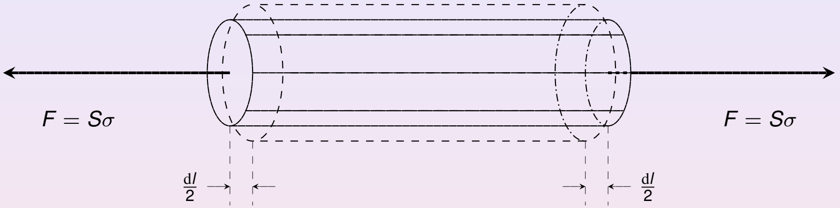
- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*

$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

Remplacer l'increment de longeur $\mathrm{d}l$ par l'incrément de déformation $\mathrm{d}\varepsilon$

Episode de traction (allongement *dl* de l'échantillon)

Représentation schématique



- *Le travail effectué vaut*
$$\mathrm{d}A = F\frac{\mathrm{d}l}{2} + F\frac{\mathrm{d}l}{2} = F\mathrm{d}l = S\sigma\mathrm{d}l = Sl\sigma\frac{\mathrm{d}l}{l}$$
- *Comme* $Sl = V$ *et que* $\frac{\mathrm{d}l}{l} = \mathrm{d}\varepsilon$, *on conclut que*
$$\mathrm{d}A = V\sigma\mathrm{d}\varepsilon$$

retour

Energie spécifique et courbe de traction réelle

Interprétation de l'énergie spécifique de déformation

- *L'énergie spécifique de déformation* $\eta = \int_0^{\varepsilon_\mathrm{f}} \sigma d\varepsilon$*, s'interprète comme l'aire sous la courbe de traction réelle.*

Energie spécifique et courbe de traction réelle

Interprétation de l'énergie spécifique de déformation

- *L'énergie spécifique de déformation* $\eta = \int_0^{\varepsilon_\mathrm{f}} \sigma d\varepsilon$, *s'interprète comme l'aire sous la courbe de traction réelle.*

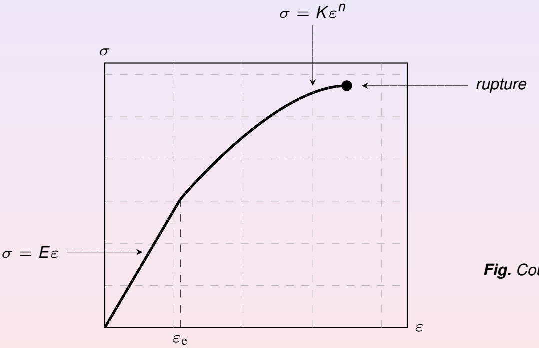
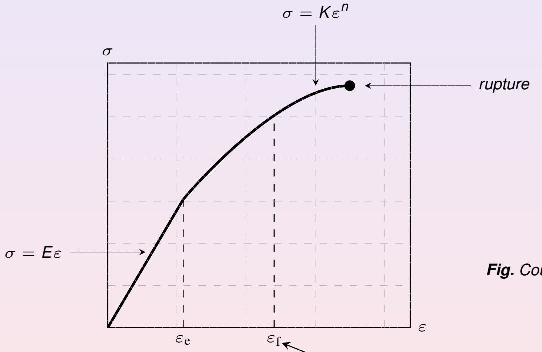


Fig. *Courbe de traction réelle*

Energie spécifique et courbe de traction réelle

Interprétation de l'énergie spécifique de déformation

- *L'énergie spécifique de déformation* $\eta = \int_0^{\varepsilon_{\mathrm{f}}} \sigma d\varepsilon$*, s'interprète comme l'aire sous la courbe de traction réelle.*



taux de déformation réel en fin de traction

Fig. *Courbe de traction réelle*

Energie spécifique et courbe de traction réelle

Interprétation de l'énergie spécifique de déformation

- *L'énergie spécifique de déformation* $\eta = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma d\varepsilon$, *s'interprète comme l'aire sous la courbe de traction réelle.*

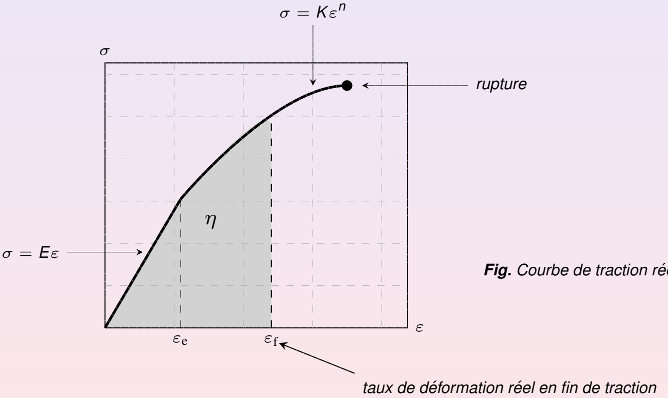


Fig. *Courbe de traction réelle*

Energie spécifique et courbe de traction réelle

Interprétation de l'énergie spécifique de déformation

- *L'énergie spécifique de déformation* $\eta = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma d\varepsilon$*, s'interprète comme l'aire sous la courbe de traction réelle.*

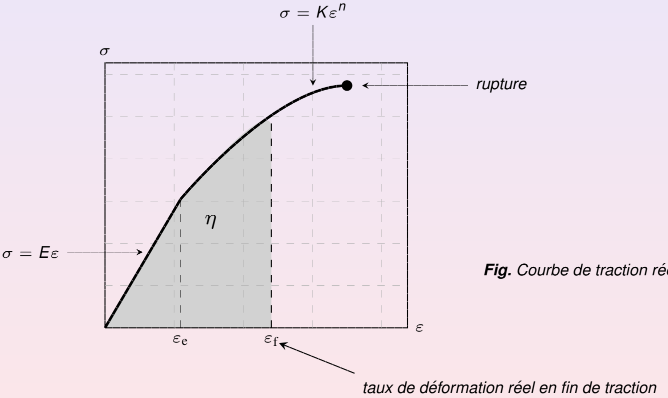
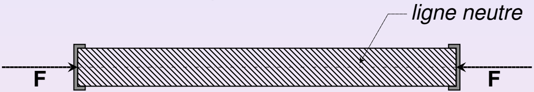


Fig. *Courbe de traction réelle*

◂ retour

Etats de déformation d'un éch. de compr. (longueur l_0, section S_0)

- *L'état de déformation d'un échantillon de compression (longueur l_0, section S_0) est en principe un état de compression uniforme :*



- *Si le rapport entre la contrainte nominale $R = \frac{F}{S_0}$ et le module d'Young E de la matière passe au-dessus d'un seuil :*

$$\frac{R}{E} \geq \frac{S_0}{4\pi l_0^2}$$

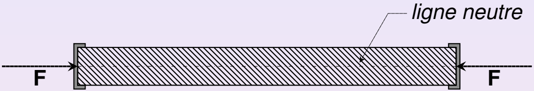
alors il existe d'autres conf. d'équilibre, impliquant (par exemple) des flexions

- *On appelle **flambage** la bifurcation vers ces nouveaux états de déformation.*

Theorie du flambage

Etats de déformation d'un éch. de compr. (longueur l_0, section S_0)

- *L'état de déformation d'un échantillon de compression (longueur l_0, section S_0) est en principe un état de compression uniforme :*



- *Si le rapport entre la contrainte nominale $R = \frac{F}{S_0}$ et le module d'Young E de la matière passe au-dessus d'un seuil :*

$$\frac{R}{E} \geq \frac{S_0}{4\pi l_0^2}$$

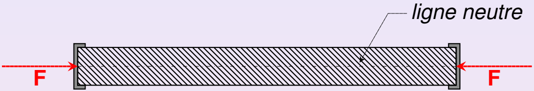
alors il existe d'autres conf. d'équilibre, impliquant (par exemple) des flexions

- *On appelle **flambage** la bifurcation vers ces nouveaux états de déformation.*

Theorie du flambage

Etats de déformation d'un éch. de compr. (longueur l_0, section S_0)

- *L'état de déformation d'un échantillon de compression (longueur l_0, section S_0) est en principe un état de compression uniforme :*



- *Si le rapport entre la contrainte nominale $R = \frac{F}{S_0}$ et le module d'Young E de la matière passe au-dessus d'un seuil :*

$$\frac{R}{E} \geq \frac{S_0}{4\pi l_0^2}$$

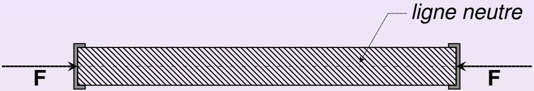
alors il existe d'autres conf. d'équilibre, impliquant (par exemple) des flexions

- *On appelle **flambage** la bifurcation vers ces nouveaux états de déformation.*

Theorie du flambage

Etats de déformation d'un éch. de compr. (longueur l_0, section S_0)

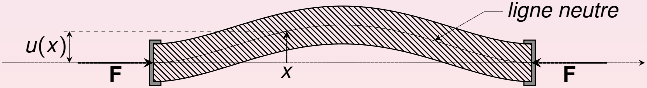
- *L'état de déformation d'un échantillon de compression (longueur l_0, section S_0) est en principe un état de compression uniforme :*



- *Si le rapport entre la contrainte nominale $R = \frac{F}{S_0}$ et le module d'Young E de la matière passe au-dessus d'un seuil :*

$$\frac{R}{E} \geq \frac{S_0}{4\pi l_0^2}$$

alors il existe d'autres conf. d'équilibre, impliquant (par exemple) des flexions

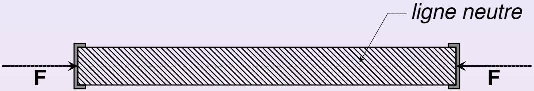


- *On appelle **flambage** la bifurcation vers ces nouveaux états de déformation.*

Theorie du flambage

Etats de déformation d'un éch. de compr. (longueur l_0, section S_0)

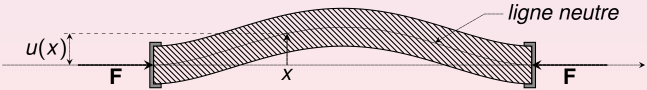
- *L'état de déformation d'un échantillon de compression (longueur l_0, section S_0) est en principe un état de compression uniforme :*



- *Si le rapport entre la contrainte nominale $R = \frac{F}{S_0}$ et le module d'Young E de la matière passe au-dessus d'un seuil :*

$$\frac{R}{E} \geq \frac{S_0}{4\pi l_0^2}$$

alors il existe d'autres conf. d'équilibre, impliquant (par exemple) des flexions

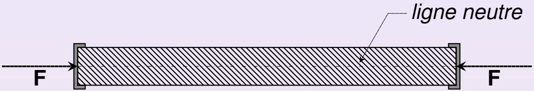


- *On appelle **flambage** la bifurcation vers ces nouveaux états de déformation.*

Theorie du flambage

Etats de déformation d'un éch. de compr. (longueur l_0, section S_0)

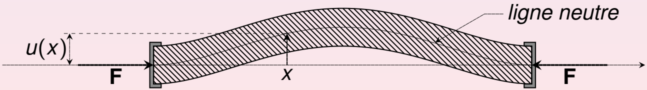
- *L'état de déformation d'un échantillon de compression (longueur l_0, section S_0) est en principe un état de compression uniforme :*



- *Si le rapport entre la contrainte nominale $R = \frac{F}{S_0}$ et le module d'Young E de la matière passe au-dessus d'un seuil :*

$$\frac{R}{E} \geq \frac{S_0}{4\pi l_0^2}$$

alors il existe d'autres conf. d'équilibre, impliquant (par exemple) des flexions



- *On appelle **flambage** la bifurcation vers ces nouveaux états de déformation.*

FILM+retour

Matériau résistant, matériau tenace

Matériau résistant

- *ne pourra être mis en forme qu'en déployant une force importante,*

Matériau tenace

- *ne pourra être mis en forme qu'en dépensant beaucoup d'énergie,*

Matériau résistant, matériau tenace

Matériau résistant

- *ne pourra être mis en forme qu'en déployant une force importante,*

Matériau tenace

- *ne pourra être mis en forme qu'en dépensant beaucoup d'énergie,*

Matériau résistant, matériau tenace

Matériau résistant

- *ne pourra être mis en forme qu'en déployant une force importante,*

Matériau tenace

- *ne pourra être mis en forme qu'en dépensant beaucoup d'énergie,*

◂ retour

Propriétés mécaniques de quelques matériaux

Propriétés mécaniques essentielles de certains matériaux

Matériau	R_m [MPa]	R_e [MPa]	E [GPa]	ν	$\varepsilon_{\mathrm{ult}}$
Acier ordinaire	300/1100	200/900	210	0.3	0.17
Acier hautes carac.	1100/1800	1000/1700	210	0.3	-
Acier inox. aust.	-	180/240	195	0.3	0.4
Alliages aluminium	200/600	100/500	70	0.34	0.05/0.30
Titane	650	500	110	0.34	0.35/0.55
Cuivre *(forgé)*	215/930	49/420	115/132	0.31	0.015/0.55
Laiton	159/896	69/683	97/115	0.33	0.03/0.68
Bronze	96/1010	69/793	41/137	0.31	0/0.7

Données physiques

Coefficient d'écrouissage pour différents matériaux

Matériau	*n*
Acier doux (0.05%C)	0.26
Acier à haute résistance *(SAE 4340)*	0.15
Acier trempé et revenu (0.6%C)	0.15
Laiton recuit *(70Cu/30Zn)*	0.49
Laiton déformé à froid *(70Cu/30Zn)*	0.19
Nickel recuit	0.43
Nickel déformé à froid	0.07
Aluminium recuit	0.15

retour

Données physiques

Coefficient d'écrouissage pour différents matériaux

Matériau	*n*
Acier doux (0.05%C)	0.26
Acier à haute résistance *(SAE 4340)*	0.15
Acier trempé et revenu (0.6%C)	0.15
Laiton recuit *(70Cu/30Zn)*	0.49
Laiton déformé à froid *(70Cu/30Zn)*	0.19
Nickel recuit	0.43
Nickel déformé à froid	0.07
Aluminium recuit	0.15

retour

Données physiques

Coefficient d'écrouissage pour différents matériaux

Matériau	*n*
Acier doux (0.05%C)	0.26
Acier à haute résistance *(SAE 4340)*	0.15
Acier trempé et revenu (0.6%C)	0.15
Laiton recuit *(70Cu/30Zn)*	0.49
Laiton déformé à froid *(70Cu/30Zn)*	0.19
Nickel recuit	0.43
Nickel déformé à froid	0.07
Aluminium recuit	0.15

retour

Données physiques

Résistance au cisaillement (mesurée en essais de coupe)

Matériau	τ_S *(ou* τ_{ult}*), MPa*
Fer	370
Acier (0.13%C)	480
Acier *(Ni-Cr-V)*	690
Acier *(austénitique inoxydable)*	630
Nickel	420
Cuivre *(recuit)*	250
Cuivre *(travaillé à froid)*	270
Laiton *(70Cu/30Zn)*	370
Aluminium	97
Magnésium	125
Plomb	36

retour