

RECHERCHE



INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON



Christian Ghiaus

Représentation des connaissances

Comprendre pour changer

membre de
UNIVERSITÉ DE LYON



Bâtiment : système complexe

Caractéristiques du domaine :

échelles spatio-temporelles étendues (10^{-2} ... 10^2 m ; 1s ... 30 an)

paramètres nombreux, imprécis, variables, partiellement connus

facteur humain influence le comportement du système

Système complexe

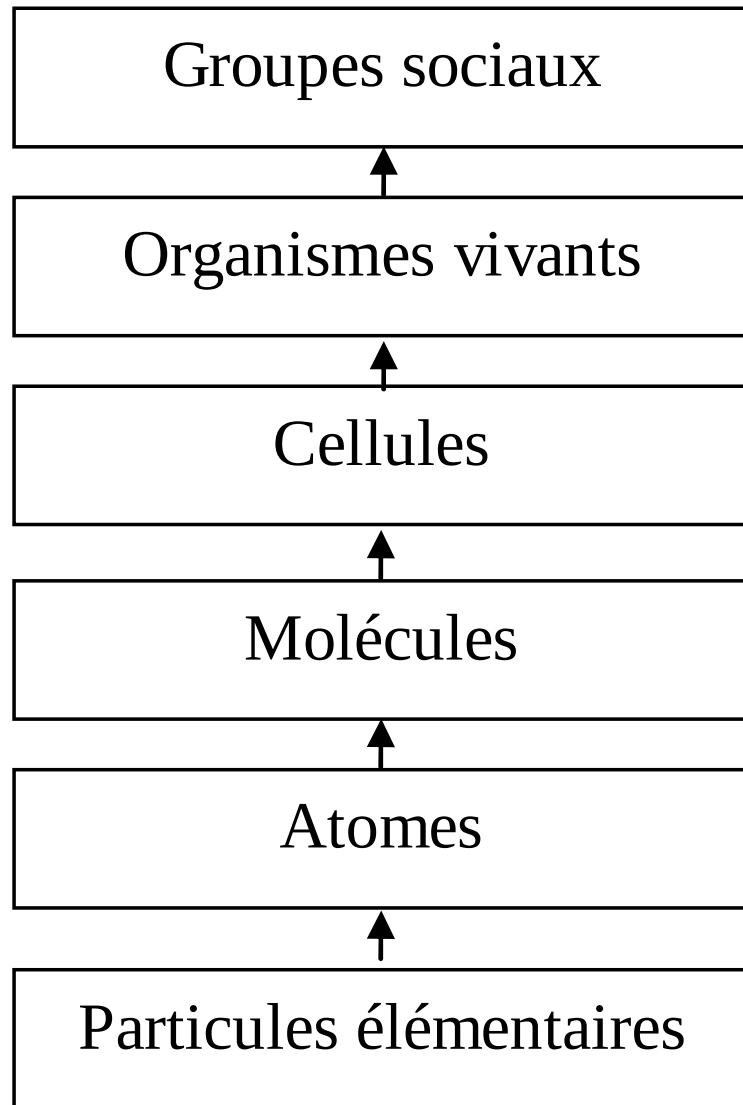
modèles : dynamiques, non-linéaires, de grande dimension

confiance dans le vecteur d'état (sens Bayésien) : faible

type de complexité : organisée (éléments coordonnés)

propriétés émergents : facteur humain → géométrie, confort, adaptabilité

Réductionnisme et survenance



Réductionnisme : un système complexe n'est que la somme de ses composants

Survenance :

Soit deux ensembles de **propriétés, A (de base) et B (survenues)**, et **deux objets, x et y**.

Les propriétés A **surviennent** de propriétés de base B, $B \rightarrow A$:

$$\forall (x, y) \in A, (x, y) \in B$$

si $x \equiv y$ en B, alors $x \equiv y$ en A

mais

on ne peut pas déduire les propriétés A en connaissant les propriétés B

Etudes phénoménologiques et systémiques

Phénoménologique

Comprendre :
étudier en "isolation"

Lois

**raisonnement
logique**

th. systèmes

-performances
-stabilités

ph. transport

-conservation
-constitutives

**dynamique
moléculaire**

10^3 m

10^0 m

10^{-3} m

10^{-6} m

10^{-9} m

Systémique

Changer :
analyser les couplages



$$y = Ax$$

esthétique, politique

$$A = x \backslash y$$

$$x = A^{-1}y$$

instabilité (pompage), confort / perception

taille des tourbillons

caractéristiques extensives

Modélisation de la complexité

Modèles à paramètres concentrés

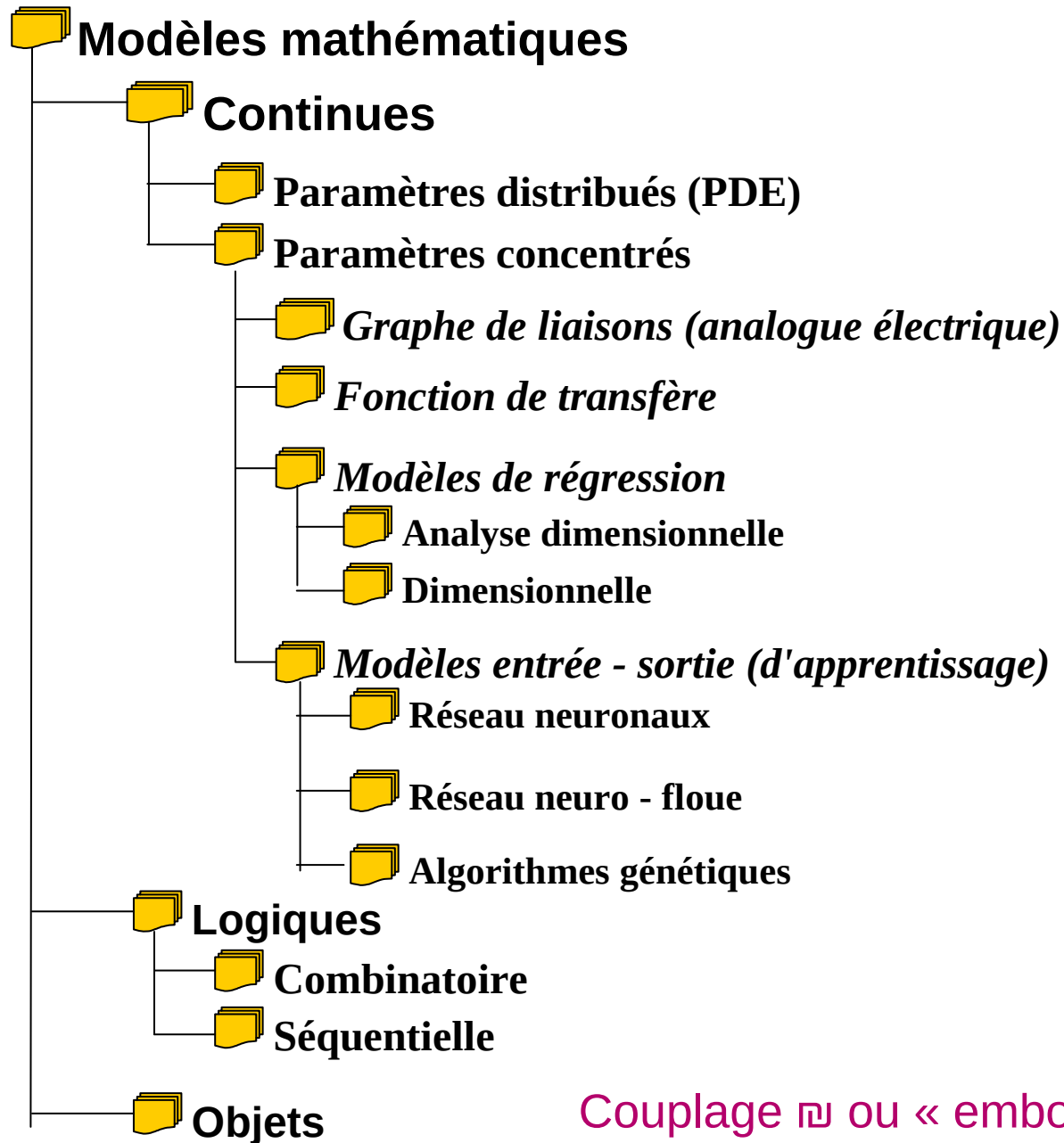
- ✓ complexité algorithmique acceptable, compatibilité avec l'échelle spatio-temporelle typique de l'énergétique du bâtiment
- ✗ fondements théoriques limités

Modèles à paramètres distribués

- ✓ puissance explicative, proches des modèles continus
- ✗ complexité algorithmique incompatible avec l'échelle spatio-temporelle de l'énergétique du bâtiment
- ✗ difficulté de tirer des informations globales "explicatives" et utilisable dans les problèmes inverses

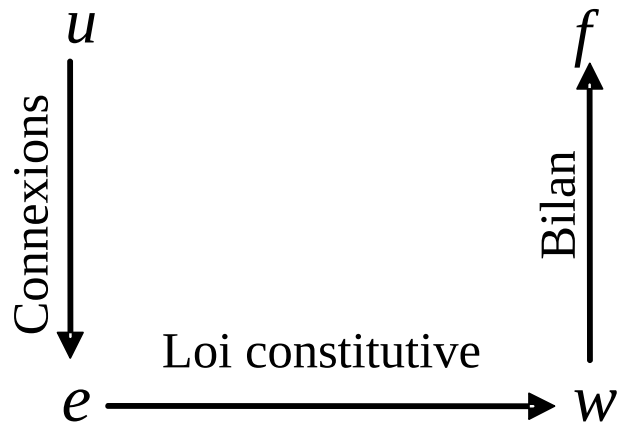
Méthodes de transformation possibles

- réduction de modèles
- augmentation de modèles ?

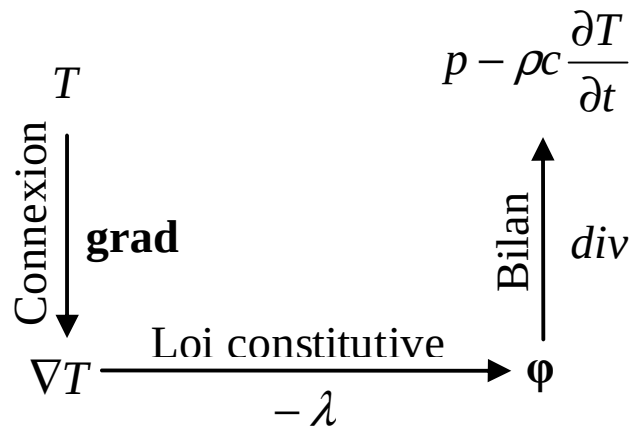


Couplage $\square$ ou « emboîtement » $\square \square$ des modèles ?

Phénomènes de transport : continue



u potentiel
 e différence de potentiel
 w flux dus aux différences de potentiel
 f flux externes

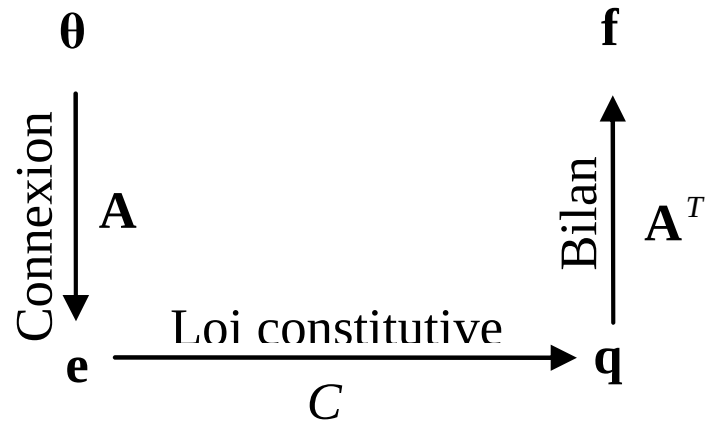


T - potentiel
 ∇T - différence de potentiel
 ϕ - flux dus aux différences de potentiel
 f - flux externes

$$\phi = -\lambda \text{grad} T$$

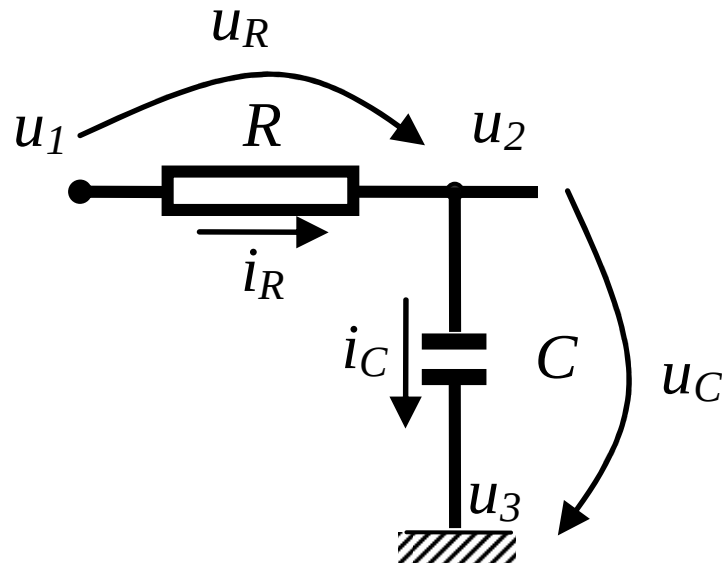
$$\text{div}(\phi) = p - \rho c \frac{\partial T}{\partial t}$$

Phénomènes de transport : discret



θ températures dans les nœuds
 $\mathbf{e}$ chutes de température sur les résistances
 $\mathbf{q}$ flux dans les résistances
 $\mathbf{f}$ flux externes

$$\mathbf{f} = \mathbf{A}^T \mathbf{C} \mathbf{A} \boldsymbol{\theta}$$



$$u_R = u_1 - u_2; \quad u_C = u_2 - u_3$$

$$i_R = \frac{u_R}{R}; \quad \frac{du_C}{dt} = \frac{i_C}{C}$$

$$\sum i = 0$$

(Phénomènes de transport : continu / discret)

	Continu	Discret
Equation de la chaleur	$\text{div}(-\lambda \mathbf{grad} \theta) = p$	$\mathbf{A}^T \mathbf{C} \mathbf{A} \boldsymbol{\theta} = \mathbf{f}$
Conditions aux limites	en $x = 0$: $\theta(0)$ ou $\varphi(0)$ en $x = 1$: $\theta(1)$ ou $\varphi(1)$	incluses dans la matrice $\mathbf{A}^T \mathbf{C} \mathbf{A}$
Température	θ	$\boldsymbol{\theta}$
Flux	φ	$\mathbf{q}$
Connexion	$-\mathbf{grad}$	$\mathbf{A}^T$
Bilan d'énergie	div	$\mathbf{A}$
Constante de matériau	λ	$\mathbf{C}$
Sources	p	$\mathbf{f}$

Schéma fonctionnel

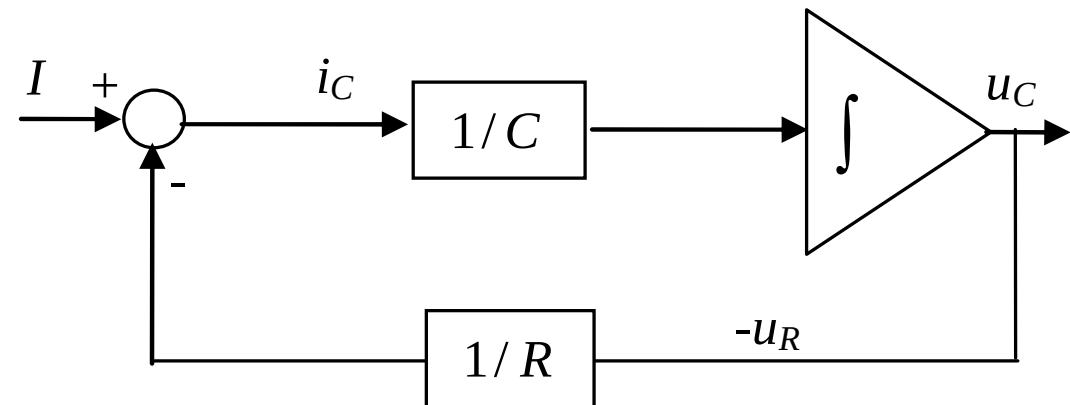
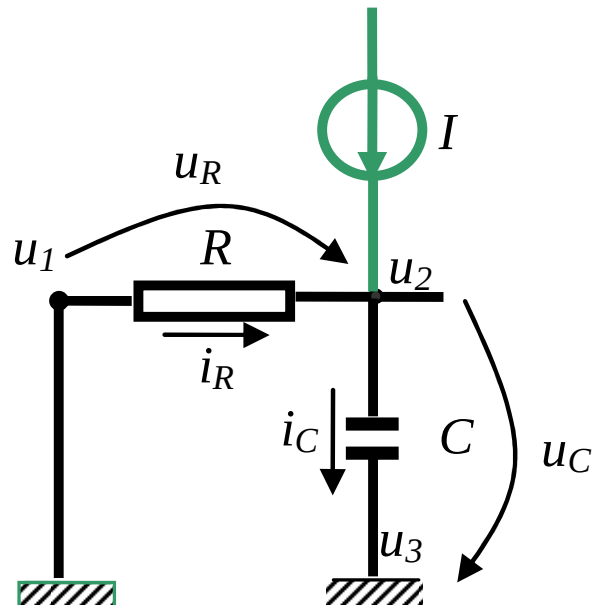
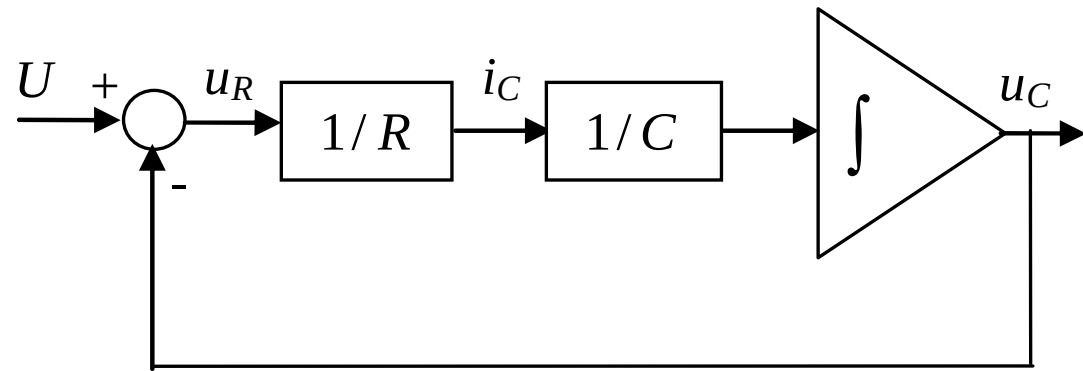
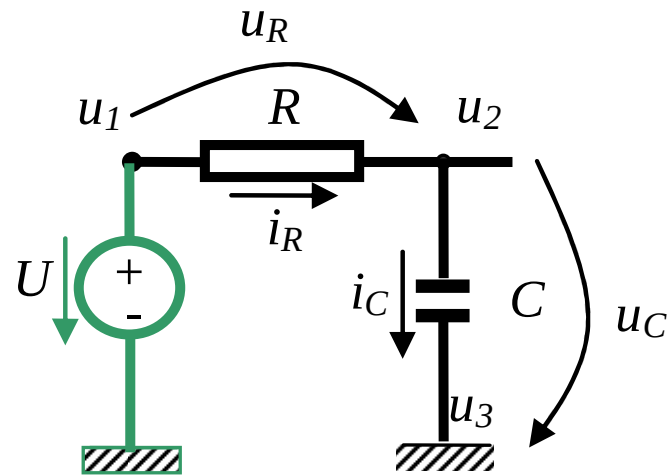


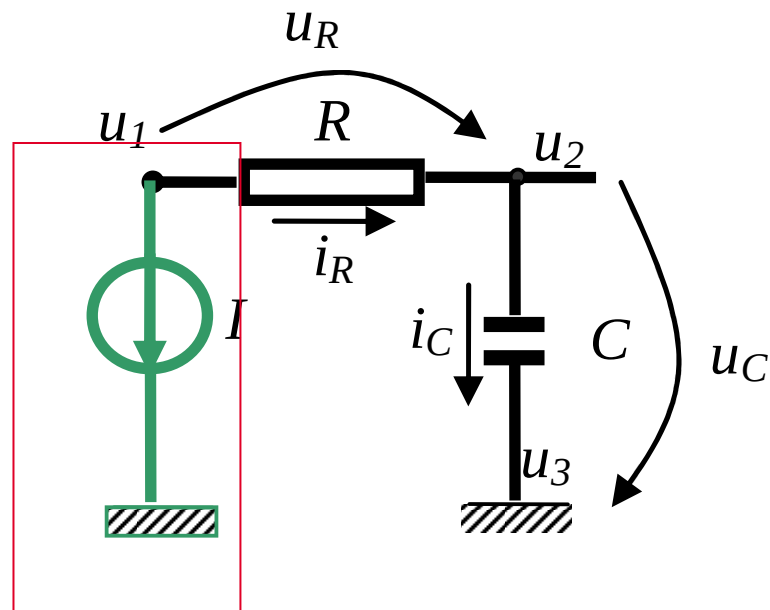
Schéma fonctionnel

✓ montre la structure de calcul

✗ ne retient pas la topologie : une petite changement dans le circuit génère une restructuration

- utilisée en automatique parce que les éléments du système sont reliés par des « signaux » informationnels

Circuit

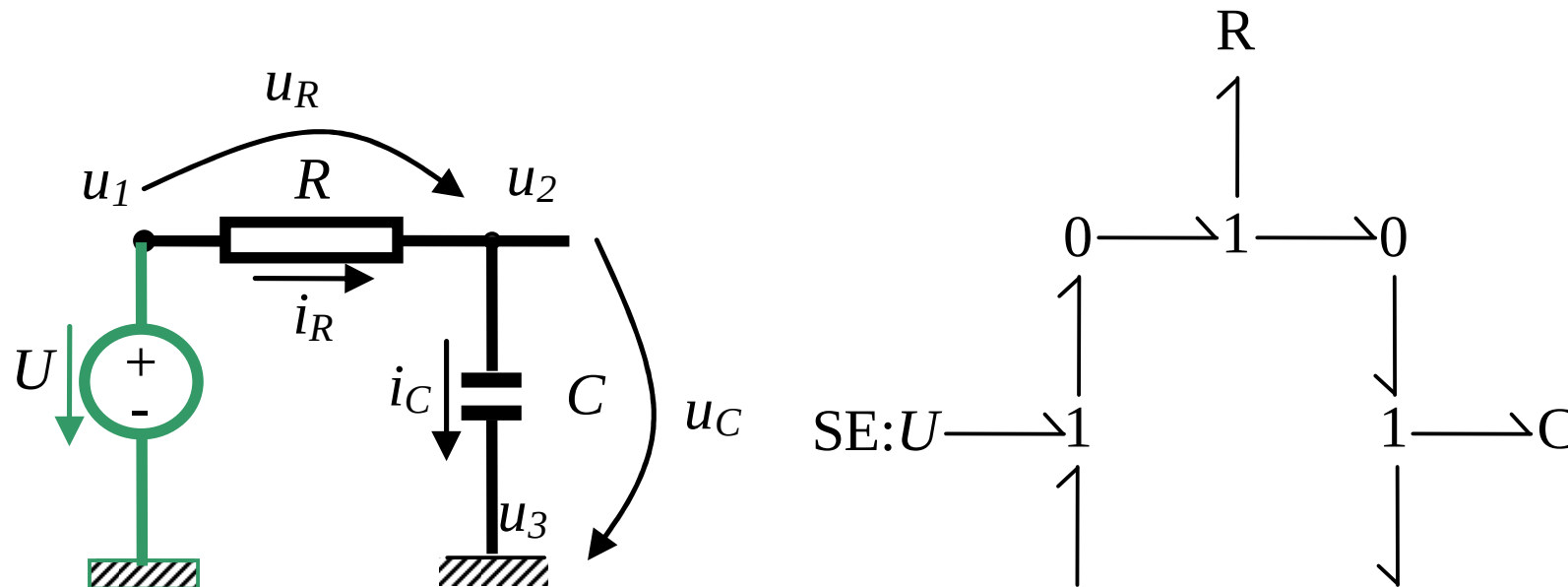


✓ reflète la topologie

✓ applicable par analogie aux autres domaines

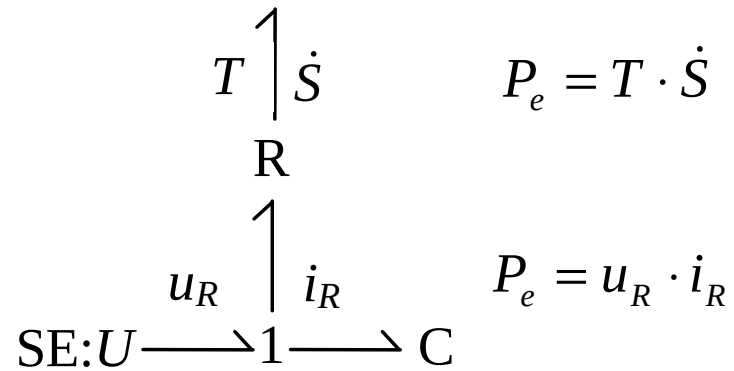
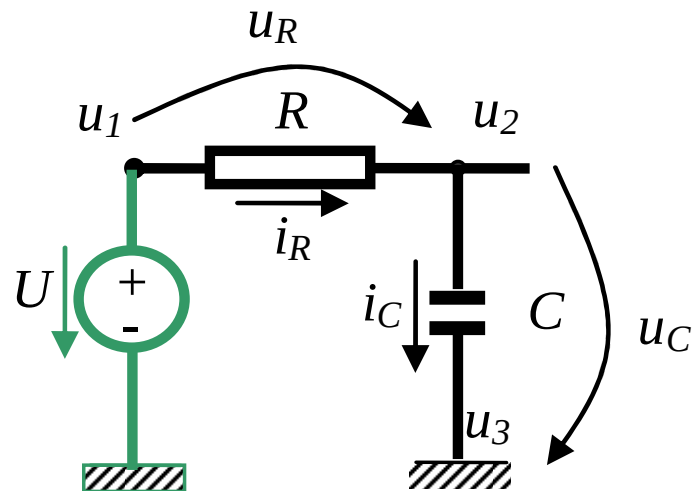
✗ ne montre pas la structure de calcul (ce circuit n'a pas de solution)

Graph de liens



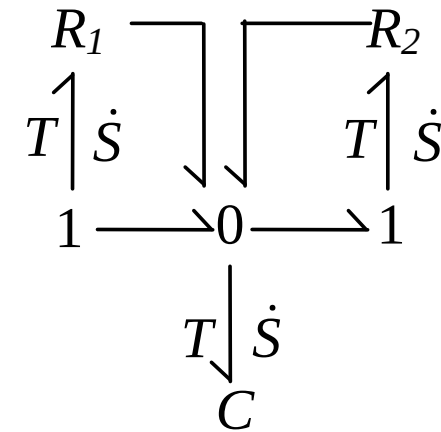
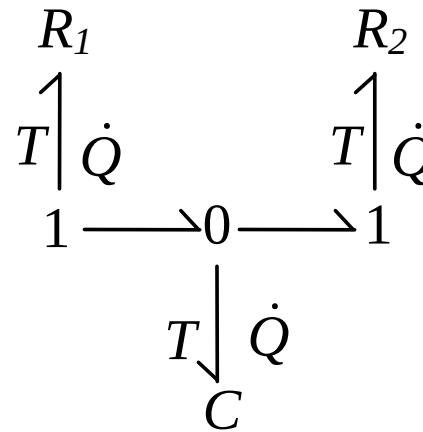
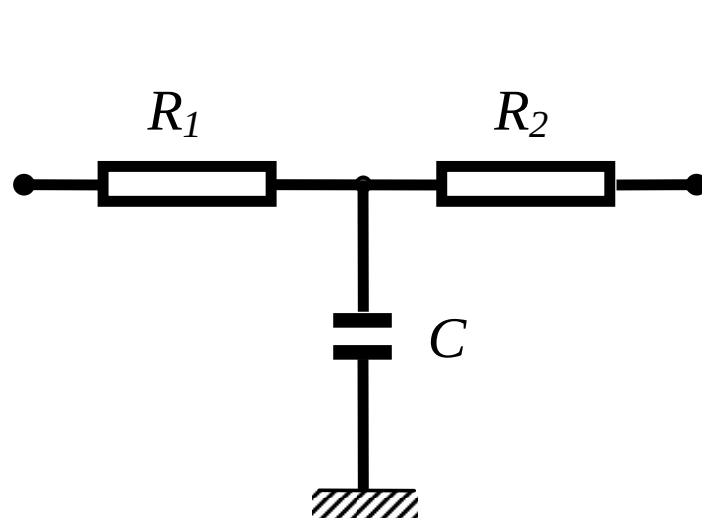
- ✓ reflet la topologie
- ✓ montre la structure de calcul

Graph de liens : circuits électriques



Graph de liens : thermodynamique du non-équilibre

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$



$$R_1 C = R_2 C = \frac{\Delta x^2}{\alpha}; \quad \alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$$

$$R_1 = R_2 = \frac{\Delta x}{\lambda A}$$

$$C = c \rho A \Delta x$$

$$R_1 = R_2 = \frac{\Delta x}{\lambda A} T$$

$$C = c \rho A \Delta x \frac{1}{T}$$

Graph de liens : fluides incompressibles

Équations :

- masse
- quantité de mouvement
- énergie

Variables inconnues :

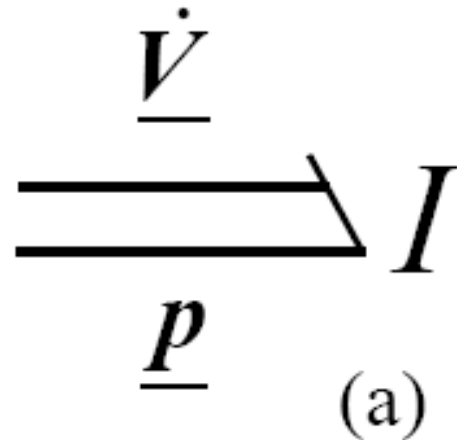
- vitesse
- pression
- température

Pression : pas variable d'état

fonction qui fait que $\text{div}(\mathbf{v}) = 0$

Graph de liens : fluides incompressibles

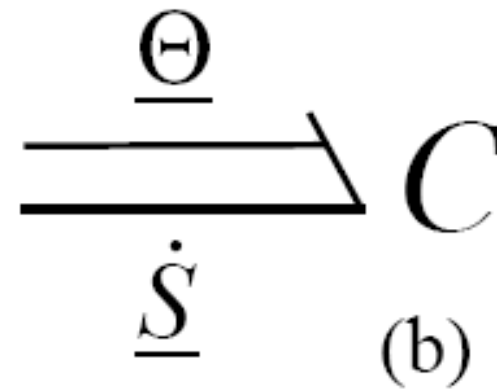
Énergie cinétique



$$\underline{p} = \frac{dT^*}{d\underline{V}} = \underline{\underline{M}} \cdot \underline{V} = \int_{\Omega} \underline{p}_v \underline{\varphi}_V d\Omega$$

$\underline{p}$ quantité de mouvement
 $\underline{V}$ vitesse

Énergie interne



$$\underline{\Theta}(\underline{S}) = \frac{dU}{d\underline{S}} = \underline{\underline{\Omega}}_S^{-1} \cdot \left[\int_{\Omega} \theta \underline{\varphi}_S d\Omega \right]$$

$\underline{\Theta}$ température
 $\underline{S}$ entropie

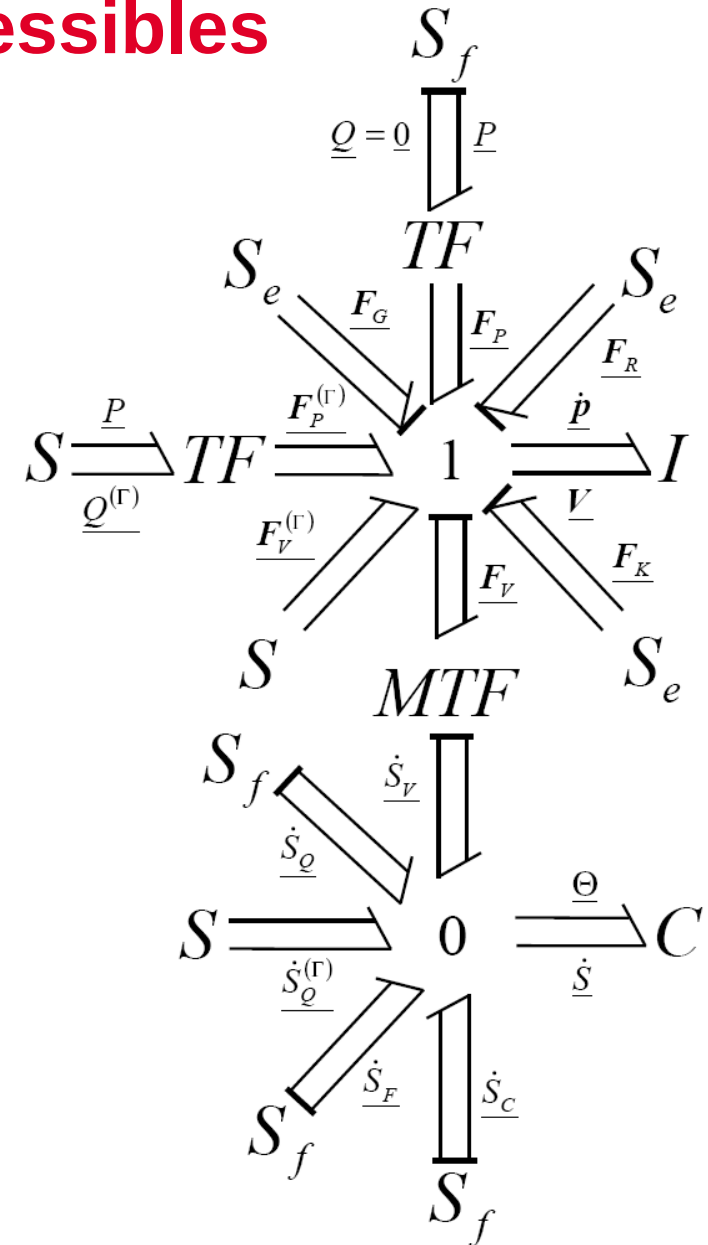
Graph de liens : fluides incompressibles

Système s'équations identique à

la formulation de Galerkin du
problème d'élément finit

Toutes les conditions aux limites sont traitées de la même manière

Représentation de la causalité



Sujets de discussion



$$y = Ax$$

$$A = x \backslash y$$

$$x = A^{-1}y$$

10^3 m

10^0 m

10^{-3} m

10^{-6} m

10^{-9} m

- Maîtrise des flux : verrou technologique
- Maîtrise $\leftarrow$ modèles de dimension réduite
- Phénomènes de transport :
 - représentation unitaire
 - systèmes réductibles / « augmentable »
 - couplage par lois de conservation
- Propriétés émergentes à différents échelles : modèles adéquates
- Modélisation objet

Sujets de discussions

1. Le domaine « bâtiment » présent-il des spécificités « scientifiques » ? Ou il est suffisant d'appliquer des connaissances acquises dans d'autres domaines ? Approche phénoménologique & systémique ou uniquement systémique ?
2. Y a-t-il de la « survenance » ? Quelles sont les domaines d'application du réductionnisme ? A-t-on besoin de et comment faire la liaison entre ces domaines ?
3. Couplage { $\bowtie$ vs. « emboîtement » { $\bowtie$ $\blacksquare$ des modèles ?