

L'explication par la paresse

Techniques d'évaluation à des fins d'explication de calculs

The Inria logo, featuring the word "inria" in a red, stylized, cursive script font.

inria

Louis Gesbert

JFLA 2025 - Jeudi 30 janvier 2025

Inria Paris

Loi Informatique et Libertés de 1978, article 47, alinéa 2:

Le responsable de traitement s'assure [...] de pouvoir expliquer, en détail et sous une forme intelligible, à la personne concernée la manière dont le traitement a été mis en œuvre à son égard.

Un DSL pour la transcription de texte légaux.

- Conçu pour être fidèle aux calculs décrits par la loi
- Compile vers OCaml, JS, Python, C, LaTeX...
- Lisible par les juristes
- S'aligne sur la structure des textes légaux grâce à la *logique par défaut* ^[1]

^[1]S. B. Lawsky, « A Logic for Statutes », *Florida Tax Review*, 2018.

Un DSL pour la transcription de texte légaux.

- Conçu pour être fidèle aux calculs décrits par la loi
 - Compile vers OCaml, JS, Python, C, LaTeX...
 - Lisible par les juristes
 - S'aligne sur la structure des textes légaux grâce à la *logique par défaut* ^[1]
- **Programmation en binôme**

^[1]S. B. Lawsky, « A Logic for Statutes », *Florida Tax Review*, 2018.

Un DSL pour la transcription de texte légaux.

- Conçu pour être fidèle aux calculs décrits par la loi
 - Compile vers OCaml, JS, Python, C, **LaTeX**...
 - Lisible par les juristes
 - S'aligne sur la structure des textes légaux grâce à la *logique par défaut* ^[1]
- **Programmation en binôme**
- **Programmation littéraire**

^[1]S. B. Lawsky, « A Logic for Statutes », *Florida Tax Review*, 2018.

Un DSL pour la transcription de texte légaux.

- Conçu pour être fidèle aux calculs décrits par la loi
 - Compile vers OCaml, JS, Python, C, **LaTeX**...
 - Lisible par les juristes
 - S'aligne sur la structure des textes légaux grâce à la *logique par défaut* ^[1]
- **Programmation en binôme**
- **Programmation littéraire**

<https://catala-lang.org>

*Denis Merigoux
Alain Delaët
Rafaël Monat*

*Liane Huttner
Vincent Botbol
Aymeric Fromherz*

*Marie Alauzen
Romain Primet
Pierre Goutagny*

^[1]S. B. Lawsky, « A Logic for Statutes », *Florida Tax Review*, 2018.

Article 1

L'impôt sur le revenu pour une personne est défini comme un pourcentage fixe des revenus de la personne.

Article 2

Le pourcentage fixe mentionné à l'article 1 est égal à 20%.

Article 3

Si l'individu a à sa charge deux enfants ou plus, alors le pourcentage fixe mentionné à l'article 1 vaut 15 %.

Article 1

L'impôt sur le revenu pour une personne est défini comme un pourcentage fixe des revenus de la personne.

```
```catala
champ d'application CalculImpôtRevenu:
 définition impôt_revenu égal à
 personne.revenu * pourcentage_fixe
```
```

Article 2

Le pourcentage fixe mentionné à l'article 1 est égal à 20%.

Article 3

Si l'individu a à sa charge deux enfants ou plus, alors le pourcentage fixe mentionné à l'article 1 vaut 15 %.

Article 1

L'impôt sur le revenu pour une personne est défini comme un pourcentage fixe des revenus de la personne.

```
```catala _____  
champ d'application CalculImpôtRevenu:
 définition impôt_revenu égal à
 personne.revenu * pourcentage_fixe
```
```

Article 2

Le pourcentage fixe mentionné à l'article 1 est égal à 20%.

```
```catala _____  
champ d'application CalculImpôtRevenu:
 définition pourcentage_fixe égal à 20%
```
```

Article 3

Si l'individu a à sa charge deux enfants ou plus, alors le pourcentage fixe mentionné à l'article 1 vaut 15 %.

Article 1

L'impôt sur le revenu pour une personne est défini comme un pourcentage fixe des revenus de la personne.

```
```catala
champ d'application CalculImpôtRevenu:
 définition impôt_revenu égal à
 personne.revenu * pourcentage_fixe
```
```

Article 2

Le pourcentage fixe mentionné à l'article 1 est égal à 20%.

```
```catala
champ d'application CalculImpôtRevenu:
 définition pourcentage_fixe égal à 20%
```
```

Article 3

Si l'individu a à sa charge deux enfants ou plus, alors le pourcentage fixe mentionné à l'article 1 vaut 15 %.

```
```catala
champ d'application CalculImpôtRevenu:
 exception définition pourcentage_fixe
 sous condition
 personne.nombre_enfants >= 2
 conséquence égal à 15%
```
```

Types

$$\begin{aligned}\tau_0 &::= \text{bool} \mid \text{rat} \\ &\mid \tau \rightarrow \tau \\ \tau &::= \tau_0 \\ &\mid \langle \tau_0 \rangle\end{aligned}$$

Expressions

$$\begin{aligned}e &::= x \mid s \mid \text{true} \mid \text{false} \mid q \\ &\mid \text{op}(e, \dots, e) \\ &\mid \lambda(x : \tau).e \mid e \ e \\ &\mid d \mid \text{Err} \\ d &::= \langle e, \dots, e \mid e :- e \rangle \\ &\mid \emptyset \\ &\mid \langle e \rangle \\ &\mid \text{check-empty}(e)\end{aligned}$$

Types

$$\begin{aligned} \tau_0 &::= \text{bool} \mid \text{rat} \\ &\mid \tau \rightarrow \tau \\ \tau &::= \tau_0 \\ &\mid \langle \tau_0 \rangle \end{aligned}$$

Expressions

$$\begin{aligned} e &::= x \mid s \mid \text{true} \mid \text{false} \mid q \\ &\mid \text{op}(e, \dots, e) \\ &\mid \lambda(x : \tau).e \mid e \ e \\ &\mid d \mid \text{Err} \\ d &::= \langle e, \dots, e \mid e \text{ :- } e \rangle \\ &\mid \emptyset \\ &\mid \langle e \rangle \\ &\mid \text{check-empty}(e) \end{aligned}$$

Évaluation des termes par défaut

D-DEFAULTTRUENOEXCEPTION

$$\langle \emptyset, \dots, \emptyset \mid \text{true} \text{ :- } e \rangle \longrightarrow e$$

D-DEFAULTONEEXCEPTION

$$\langle \emptyset, \dots, \emptyset, \langle e \rangle, \emptyset, \dots, \emptyset \mid e_1 \text{ :- } e_2 \rangle \longrightarrow \langle e \rangle$$

D-DEFAULTFALSENOEXCEPTION

$$\langle \emptyset, \dots, \emptyset \mid \text{false} \text{ :- } e \rangle \longrightarrow \emptyset$$

D-DEFAULTTOOMANYEXCEPTIONS

$$\langle \dots, \langle e_1 \rangle, \dots, \langle e_2 \rangle, \dots \mid e_3 \text{ :- } e_4 \rangle \longrightarrow \text{Err}^*$$

champ d'application CalculImpôtRevenu:
définition pourcentage_fixe **égal** à 20%

pourcentage_fixe =

champ d'application CalculImpôtRevenu:

définition pourcentage_fixe **égal** à 20%

```
pourcentage_fixe =  
  check-empty(⟨| true :- ⟨0.20⟩⟩)
```

champ d'application CalculImpôtRevenu:

définition pourcentage_fixe **égal** à 20%

exception définition pourcentage_fixe **sous condition** personne.nombre_enfants >= 2
conséquence égal à 15%

pourcentage_fixe =

champ d'application CalculImpôtRevenu:

définition pourcentage_fixe **égal** à 20%

exception définition pourcentage_fixe **sous condition** `personne.nombre_enfants >= 2`
conséquence égal à 15%

pourcentage_fixe =

`check-empty(<<| personne.nombre_enfants ≥ 2 :- <0.15>> | true :- <0.20>>)`

```
= CalculImpôtRevenu.personne: Personne { -- revenu: 1 600,00 € -- nombre_enfants: 1 }
▼ Definition applied:
→ exemple.catala_fr:34.14-34.30:
34 |   définition pourcentage_fixe
Code de l'Exemple
  └─ Article 2
= CalculImpôtRevenu.pourcentage_fixe: 0,2
▼ Definition applied:
→ exemple.catala_fr:26.14-26.26:
26 |   définition impôt_revenu égal à
Code de l'Exemple
  └─ Article 1
= CalculImpôtRevenu.impôt_revenu: 320,00 €
▼ Definition applied:
→ exemple.catala_fr:51.12-51.18:
51 |   résultat calcul champ d'application CalculImpôtRevenu
Cas de test
= CalculImpôtRevenu.direct.output: CalculImpôtRevenu { -- impôt_revenu: 320,00 € }
```

Valeurs

$$v ::= \lambda(x : \tau).e$$

| | | | | | |
|--|---------------------|--|-------------|--|-----|
| | true | | false | | q |
| | Err $^\emptyset$ | | Err * | | |
| | $\langle v \rangle$ | | $\emptyset$ | | |

Valeurs

$$\begin{aligned} v ::= & \lambda(x : \tau).e \\ & | \text{true} \mid \text{false} \mid q \\ & | \text{Err}^\emptyset \mid \text{Err}^\oplus \\ & | \langle v \rangle \mid \emptyset \end{aligned}$$

$$v_{\text{op}} ::= v \mid \text{op}(v_{\text{op}}, \dots, v_{\text{op}})$$

Valeurs

$$\begin{aligned} v ::= & \lambda(x : \tau).e \\ & | \text{true} \mid \text{false} \mid q \\ & | \text{Err}^\emptyset \mid \text{Err}^\oplus \\ & | \langle v \rangle \mid \emptyset \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{\text{op}} ::= & v \mid \text{op}(v_{\text{op}}, \dots, v_{\text{op}}) \\ v_{\text{dft}} ::= & \emptyset \mid \langle e \rangle \end{aligned}$$

Valeurs

$$\begin{aligned} v ::= & \lambda(x : \tau).e \\ & | \text{true} \mid \text{false} \mid q \\ & | \text{Err}^\emptyset \mid \text{Err}^\oplus \\ & | \langle v \rangle \mid \emptyset \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{\text{op}} ::= & v \mid \text{op}(v_{\text{op}}, \dots, v_{\text{op}}) \\ v_{\text{dft}} ::= & \emptyset \mid \langle e \rangle \end{aligned}$$

Contextes d'évaluation

$$\begin{aligned} C ::= & \cdot e \mid v_{\text{op}} \cdot \\ & | \text{op}(v_{\text{op}}, \dots, v_{\text{op}}, \cdot, e, \dots, e) \\ & | \langle v_{\text{dft}}, \dots, v_{\text{dft}}, \cdot, e, \dots, e \mid e \text{ :- } e \rangle \\ & | \text{check-empty}(\cdot) \end{aligned}$$

Valeurs

$$\begin{aligned} v ::= & \lambda(x : \tau).e \\ & | \text{true} \mid \text{false} \mid q \\ & | \text{Err}^\emptyset \mid \text{Err}^\oplus \\ & | \langle v \rangle \mid \emptyset \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{\text{op}} ::= & v \mid \text{op}(v_{\text{op}}, \dots, v_{\text{op}}) \\ v_{\text{dft}} ::= & \emptyset \mid \langle e \rangle \end{aligned}$$

Contextes d'évaluation

$$\begin{aligned} C ::= & \cdot e \mid v_{\text{op}} \cdot \\ & | \text{op}(v_{\text{op}}, \dots, v_{\text{op}}, \cdot, e, \dots, e) \\ & | \langle v_{\text{dft}}, \dots, v_{\text{dft}}, \cdot, e, \dots, e \mid e :- e \rangle \\ & | \text{check-empty}(\cdot) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{\text{ctrl}} ::= & \langle \emptyset, \dots, \emptyset \mid \cdot :- e \rangle \\ & | \text{op}(v_{\text{op}}, \dots, v_{\text{op}}, \cdot, e, \dots, e) \end{aligned}$$

$$\frac{\text{D-CONTEXT} \quad e \longrightarrow e' \quad e' \neq \text{Err}}{C[e] \longrightarrow C[e']}$$

$$\frac{\text{D-ERRORPROPAGATION} \quad e \longrightarrow \text{Err}}{C[e] \longrightarrow \text{Err}}$$

$$\text{D-BETA} \quad (\lambda(x : \tau).e) \, v_{\text{op}} \longrightarrow e[x \mapsto v_{\text{op}}]$$

$$\text{D-CHECKEMPTYOK} \quad \text{check-empty}(\langle e \rangle) \longrightarrow e$$

$$\text{D-CHECKEMPTYERR} \quad \text{check-empty}(\emptyset) \longrightarrow \text{Err}^\emptyset$$

$$\frac{\text{D-EVALUATEOPERATOR} \quad \text{op}(v_1, \dots, v_n) \mapsto v \quad (\text{suivant définition de op})}{C_{\text{ctrl}}[\text{op}(v_1, \dots, v_n)] \longrightarrow C_{\text{ctrl}}[v]}$$

```
Personne {  
  -- revenu: 1 600,00€  
  -- nombre_enfants: 1  
}
```

```
Personne {
```

```
-- revenu: 1 600,00€
```

```
-- nombre_enfants: 1
```

```
}
```

→ $1\,600,00\text{€} \times 0,20$

```
Personne {
```

```
-- revenu: 1 600,00€
```

```
-- nombre_enfants: 1
```

```
}
```

→ 1 600,00€ × 0,20

```
Personne {
```

```
-- revenu: 1 800,00€
```

```
-- nombre_enfants: 3
```

```
}
```

```
Personne {
```

```
-- revenu: 1 600,00€
```

```
-- nombre_enfants: 1
```

```
}
```

→ $1\,600,00\text{€} \times 0,20$

```
Personne {
```

```
-- revenu: 1 800,00€
```

```
-- nombre_enfants: 3
```

```
}
```

→ $1\,800,00\text{€} \times 0,15$

Prenons une version simplifiée du calcul des APL locatifs¹

Paramètres d'entrée:

```
-- loyer_principal: 700,00 €  
-- ressources_ménage_arrondies: 15 000,00 €  
-- date_courante: 10/09/2024  
-- nombre_personnes_à_charge: 3  
-- situation_familiale_calcul_apl: Couple  
-- zone: Zone1
```

¹Disponible à l'adresse

https://github.com/CatalaLang/catala-examples/tree/jfla2025/exemple_explication

Prenons une version simplifiée du calcul des APL locatifs¹

Paramètres d'entrée:

```
-- loyer_principal: 700,00 €  
-- ressources_ménage_arrondies: 15 000,00 €  
-- date_courante: 10/09/2024  
-- nombre_personnes_à_charge: 3  
-- situation_familiale_calcul_apl: Couple  
-- zone: Zone1
```

Explication obtenue:

¹Disponible à l'adresse

https://github.com/CatalaLang/catala-examples/tree/jfla2025/exemple_explication

Prenons une version simplifiée du calcul des APL locatifs¹

Paramètres d'entrée:

```
-- loyer_principal: 700,00 €  
-- ressources_ménage_arrondies: 15 000,00 €  
-- date_courante: 10/09/2024  
-- nombre_personnes_à_charge: 3  
-- situation_familiale_calcul_apl: Couple  
-- zone: Zone1
```

```
(435,24€ + 63,15€ × (3 - 1) + 58,08€ + 13,17€ × 3 - ((435,24€ + 63,15€ × (3 - 1) + 58,08€ + 13,17€ × 3) × 0,085  
+ (15 000,00€ - 9 408,00€) × (0,020 1 + (arrondi ((0,004 5 × 0,3 + 0,006 8 × ((arrondi((435,24€ + 63,15€ × (3 -  
1)) / (383,28€ + 55,79€ × (3 - 1)) × 100,0)) / 100,0 - 0,75)) × 100 000,0)) / 100 000,0)) - 5,00€ - (435,24€ +  
63,15€ × (3 - 1) + 58,08€ + 13,17€ × 3 - ((435,24€ + 63,15€ × (3 - 1) + 58,08€ + 13,17€ × 3) × 0,085 + (15  
000,00€ - 9 408,00€) × (0,020 1 + (arrondi((0,004 5 × 0,3 + 0,006 8 × ((arrondi((435,24€ + 63,15€ × (3 - 1)) /  
(383,28€ + 55,79€ × (3 - 1)) × 100,0)) / 100,0 - 0,75)) × 100 000,0)) / 100 000,0)) - 5,00€) × 0,005 - 0,50€)) +  
(435,24€ + 63,15€ × (3 - 1) + 58,08€ + 13,17€ × 3 - ((435,24€ + 63,15€ × (3 - 1) + 58,08€ + 13,17€ × 3) × 0,085  
+ (15 000,00€ - 9 408,00€) × (0,020 1 + (arrondi((0,004 5 × 0,3 + 0,006 8 × ((arrondi((435,24€ + 63,15€ × (3 -  
1)) / (383,28€ + 55,79€ × (3 - 1)) × 100,0)) / 100,0 - 0,75)) × 100 000,0)) / 100 000,0)) - 5,00€) × 0,005
```

¹Disponible à l'adresse

https://github.com/CatalaLang/catala-examples/tree/jfla2025/exemple_explication

$$v_{\text{op}} ::= \dots \mid x$$

D-BETA'

$$(\lambda(x : \tau).e_1) e_2 \rightarrow e_1$$

$$v_{\text{op}} ::= \dots \mid x$$

D-BETA'

$$(\lambda(x : \tau).e_1) e_2 \rightarrow e_1$$

Explication obtenue:

$v_{\text{op}} ::= \dots \mid x$

D-BETA'

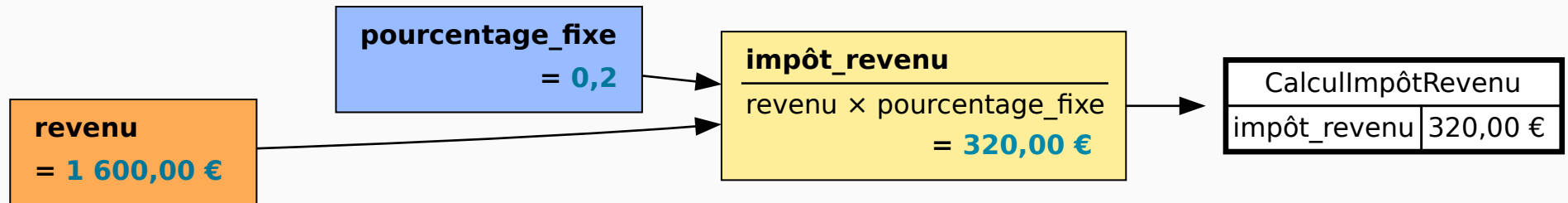
 $(\lambda(x : \tau).e_1) e_2 \rightarrow e_1$

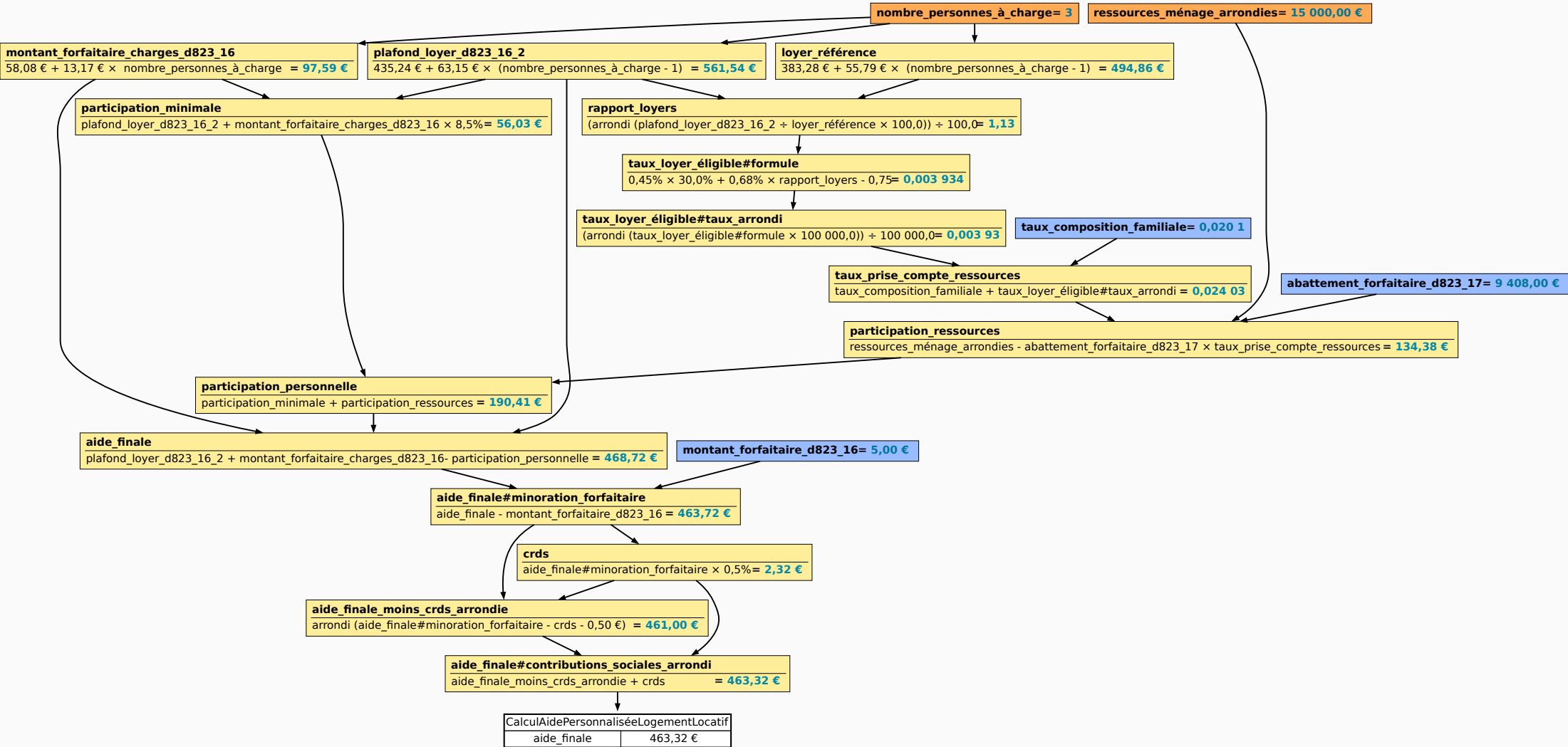
Explication obtenue:

`aide_finale_moins_crds_arrondie + crds`

- Les sommets contiennent des v_{op}
- Les arêtes sont les variables utilisées

- Les sommets contiennent des v_{op}
- Les arêtes sont les variables utilisées

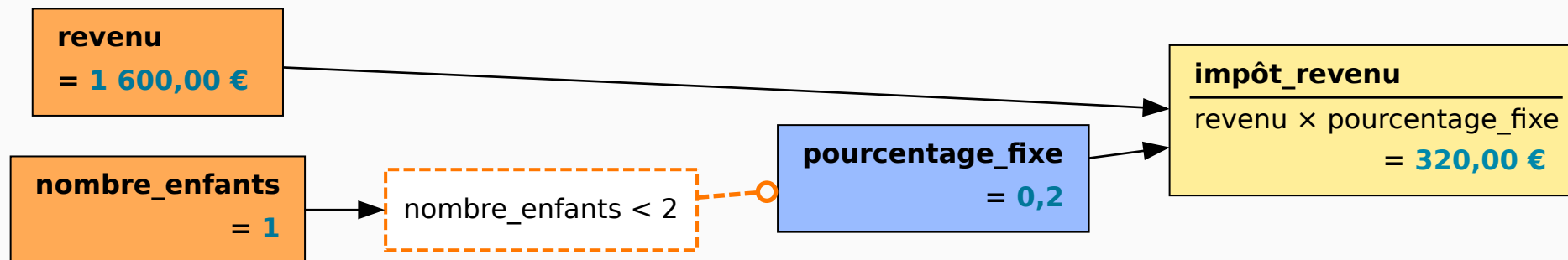




Peut-on réintroduire des informations sur les branchements choisis ?

Peut-on réintroduire des informations sur les branchements choisis ?

L'option --conditions du plugin en réintroduit une partie



Une combinaison de techniques simples pour explorer le déroulement d'un calcul.

- Mieux gérer les listes et structures, etc.
- Enjeux de visualisation et d'exploration du graphe résultat
- Des outils d'exploration interactive ?
- Une spécialisation du format suivant les publics

