Domaines abstraits numériques non relationnels

L'objectif de ce TP est d'implémenter des domaines abstraits numériques non relationnels dans l'analyseur jouet fourni pour calculer des invariants sur le langage du cours.

Dépendances

Il faut un ocaml relativement récent avec ocamlbuild et la librairie apron.

On peut installer ces packages via opam.

Par exemple, en partant d'une machine linux sans aucune installation OCaml on pourra faire :

```
Pour un distribution minimale sous alpine:
> apk add --update gcc g++ bash make opam
> opam init (ou avec l'option --disable-sandboxing si vous etes sous docker)
> eval $(opam env)
> opam install ocamlbuild
```

Ne pas oublier d'exécuter `eval $(opam env)` dans chaque terminal si ce n'est pas fait automatiquement.

Préliminaires

Récupérer l'analyseur utilisé pour le TP, décompresser l'archive et installer le mode Emacs :

```
> tar xvzf tiny.tgz
> cd tiny
> make install-emacs-mode   (facultatif)
```

Puis le compiler :

```
> make
```

Ouvrir un des fichiers d'exemple fournis :

```
> emacs examples/ex01.tiny
```

puis l'analyser, soit en tapant `C-c C-a` dans Emacs [1] soit en ligne de commande :

```
> src/tiny examples/ex01.tiny
```

Le domaine fourni par défaut n'a qu'une seule valeur, qui est interprétée comme $\bot$, d'où des résultats étranges. Remplacer `src/tiny` par `bin/tiny-intervals`, `bin/tiny-kildall` ou encore `bin/tiny-parity` pour essayer des domaines plus intéressants [2]. L'objectif de ces TP va justement être d'implémenter de tels domaines.

On notera enfin qu'on peut utiliser les options `--verbose` et `--descending` pour respectivement obtenir plus de détail sur le déroulement de l'analyse et effectuer des itérations descendantes une fois le point fixe atteint [3] :

1. Ou via le menu TINY → Analyze.
2. Pour utiliser `C-c C-a` dans Emacs, on peut changer la valeur de la variable `tiny-prog-name` via le menu TINY → Customize TINY mode.
3. Options également disponibles dans le menu TINY d'Emacs.

```
> bin/tiny-intervals -v 4 -d 1 examples/ex01.tiny
```

Lancer quelques analyses avec les différents domaines fournis (intervalles, Kildall et parité) sur les fichiers du dossier `examples` et observer les résultats.

Travail demandé

Dans la suite, nous décrivons des domaines abstraits numériques par un diagramme de Hasse donnant le treillis et une fonction de concrétisation γ. L'objectif est d'implémenter ces domaines abstraits dans l'analyseur sous forme d'un module OCaml dont la signature se trouve dans le fichier `src/nonRelational.mli` ou, plus agréable à lire, dans la documentation : `src/doc/NonRelational.Domain.html`.

Pour ce faire, copier les fichiers `dummy.mli` et `dummy.ml` :

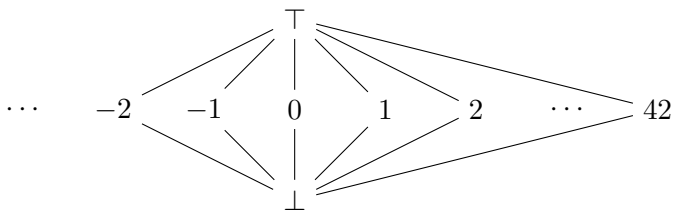
```
> cp src/domains/dummy.mli src/domains/monDomaine.mli
> cp src/domains/dummy.ml src/domains/monDomaine.ml
```

et compléter `monDomaine.ml` (où `monDomaine` est un nom de votre choix pour votre nouveau domaine) puis modifier la première ligne de code du fichier `src/analyze.ml` afin que l'analyseur utilise le nouveau domaine. On peut alors recompiler l'analyseur (`make` dans le dossier `src` ou `C-c C-c` sur un fichier OCaml dans Emacs) puis tester (`./tiny ../examples/ex01.tiny` dans le dossier `src` ou `C-c C-a` sur un fichier Tiny dans Emacs).

Le fichier `dummy.ml` contient déjà des versions correctes – mais imprécises – de la plupart des fonctions. Il est possible – et conseillé – de les garder dans un premier temps. En particulier, on gardera `widening = join` et on ne cherchera à implémenter les sémantiques arrières `backsem_*` que lorsqu'on sera pleinement satisfait du reste et si l'on trouve un exemple le justifiant.

• Le domaine des constantes de Kildall

Ce domaine, vu en cours, permet d'identifier des variables qui sont constantes à un point de programme donné. Il peut ainsi être utilisé pour simplifier les programmes dans un compilateur.

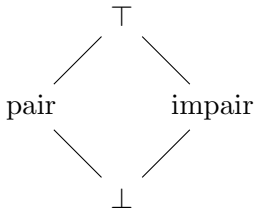


$$\begin{array}{lcl} \gamma(\top) & = & \mathbb{Z} \\ \gamma(n) & = & \{\, n \,\} \\ \gamma(\bot) & = & \emptyset \end{array}$$

Question subsidiaire : que se passe t-il dans votre domaine sur `examples/ex08.tiny`) ? On peut essayer d'y remédier à l'aide du module `InfInt` fourni (documentation : `src/doc/InfInt.html`).

• Le domaine des entiers modulo 2

Ce domaine permet de représenter la parité d'une valeur.



$$
\begin{array}{lcl}
\gamma(\top) & = & \mathbb{Z} \\
\gamma(pair) & = & \{2n \mid n \in \mathbb{Z}\} \\
\gamma(impair) & = & \{2n+1 \mid n \in \mathbb{Z}\} \\
\gamma(\bot) & = & \emptyset
\end{array}
$$