metavariable, x, xs, y, uf, f, d

term, t, u	::=			term
	|	x		variable
	|	v		value
	|	$t\ u$		application
	|	$t\ ;\ u$		effect execution
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{() \mapsto u\}$		pattern-matching on unit
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{1.x_1 \mapsto u_1, 2.x_2 \mapsto u_2\}$		pattern-matching on sum
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{\langle x_1, x_2\rangle \mapsto u\}$		pattern-matching on product
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{\mathsf{Ur}\ x \mapsto u\}$		pattern-matching on exponentiated value
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{\underset{R}{\mathsf{roll}}\ x \mapsto u\}$		unroll for recursive types
	|	$\underset{A}{\mathsf{alloc}}\ d\,.\,t$		allocate data
	|	$t \triangleleft ()$		fill destination with unit
	|	$t \triangleleft u$		fill terminal-type destination
	|	$t \triangleleft 1.d\,.\,u$		fill sum-type destination with variant 1
	|	$t \triangleleft 2.d\,.\,u$		fill sum-type destination with variant 2
	|	$t \triangleleft \langle d_1, d_2\rangle\,.\,u$		fill product-type destination
	|	$t \triangleleft \mathsf{Ur}\ d\,.\,u$		fill destination with exponential
	|	$t \triangleleft \underset{R}{\mathsf{roll}}\ d\,.\,u$		fill destination with recursive type
	|	$\star l$		TODO: remove (only there for SemMut)
	|	(t)	S	
	|	$t[\mathrm{var\_subs}]$	M	
var_sub, vs	::=			variable substitution
	|	$x := t$		
var_subs	::=			variable substitutions
	|	vs		
	|	vs, var_subs		
heap_val, h	::=			
	|	$()$		
	|	$1.l$		
	|	$2.l$		
	|	$\langle l_1, l_2\rangle$		
	|	$\mathsf{Ur}\ l$		
	|	$\underset{R}{\mathsf{roll}}\ l$		
	|	$C\overline{l}$	M	generic for all the cases above
val, v	::=			unreducible value
	|	$\bullet$		no-effect effect. Not part of the user syntax
	|	$\overset{l}{\lfloor A \rfloor}$		allocated destination. Not part of the user synt
	|	$\lambda x{:}A\,.\,t$		lambda abstraction
	|	h		heap value
label, l	::=			label
label_stmt, s	::=			label statement
	|	$l \triangleleft v$		
	|	$l \triangleleft \oslash$		

	$\vert$	$\bar{l} \triangleleft \bar{v}$	M	generic for multiple occurences
label_stmts	$::=$			label statements
	$\vert$	s		
	$\vert$	s, label_stmts		
heap_context, $\mathbb{H}$	$::=$			label statements
	$\vert$	$\emptyset$		
	$\vert$	{label_stmts}		
	$\vert$	$\mathbb{H}_1 \sqcup \mathbb{H}_2$		
type, A, B	$::=$			
	$\vert$	$\bot$		bottom type
	$\vert$	1		unit type
	$\vert$	R		recursive type bound to a name
	$\vert$	$A \otimes B$		product type
	$\vert$	$A \oplus B$		sum type
	$\vert$	$A \multimap B$		linear function type
	$\vert$	$\lfloor A \rfloor$		destination type
	$\vert$	$!A$		exponential
	$\vert$	(A)	S	
	$\vert$	$W[r := A]$	M	
type_with_hole, W	$::=$			
	$\vert$	$\bot$		bottom type
	$\vert$	r		type hole in recursive definition
	$\vert$	1		unit type
	$\vert$	R		recursive type bound to a name
	$\vert$	$W_1 \otimes W_2$		product type
	$\vert$	$W_1 \oplus W_2$		sum type
	$\vert$	$W_1 \multimap W_2$		linear function type
	$\vert$	$\lfloor W \rfloor$		destination type
	$\vert$	$!W$		exponential
	$\vert$	(W)	S	
rec_type_bound, R	$::=$			recursive type bound to a name
rec_type_def	$::=$			
	$\vert$	$\mu\, r\, .\, W$		
type_affect, ta	$::=$			type affectation
	$\vert$	$x : A$		var
	$\vert$	$l : A$		label
	$\vert$	$\bar{l} : \bar{A}$		generic for multiple occurences
type_affects	$::=$			type affectations
	$\vert$	ta		
	$\vert$	ta, type_affects		

typing_context, Γ, Δ, $\mho$, Φ	::=		typing context
	|	$\emptyset$	
	|	{type_affects}	
	|	$\Gamma \sqcup \Delta$	
types, $\bar{A}$	::=		
	|	.	empty type list
	|	A	
	|	A types	
heap_constructor, C	::=		
	|	{()}	
	|	{1.}	
	|	{2.}	
	|	$\{\langle,\rangle\}$	
	|	{ Ur }	
	|	{ roll R}	
judg	::=		
	|	$\Phi \vdash \mathbb{H}$	
	|	Φ ; $\mho$; $\Gamma \vdash \mathbb{H} \mid$ t : A	
	|	Φ ; $\mho$; $\Gamma \vdash$ t : A	
	|	C : $\bar{A} \stackrel{c}{\rightharpoonup}$ A	
	|	A = B	
	|	t = u	
	|	$\Gamma = \Delta$	
	|	$\mathbb{H} \mid$ t $\longrightarrow \mathbb{H}' \mid$ t$'$	
	|	type_affect $\in \Gamma$	
	|	label_stmt $\in \mathbb{H}$	
	|	names (Γ) $\cap$ names (Δ) = $\emptyset$	
terminals	::=		
	|	()	
	|	$\mapsto$	
	|	$\star$	
	|	$\circledast$	
	|	$\oplus$	
	|	$\multimap$	
	|	:=	
	|	$\vdash$	
	|	$\sqcup$	
	|	;	
	|	$\cap$	
	|	$\emptyset$	
	|	$\longrightarrow$	
	|	$\triangleright$	
	|	$\neq$	
	|	$\in$	
	|	$\notin$	
	|	\n	

	|	$\langle$	
	|	$\rangle$	
	|	1.	
	|	2.	
	|	Ur	
	|	$\triangleleft$	
	|	$\mid$	
	|	$\oslash$	
	|	$\xrightharpoonup{c}$	
	|	$=$	
	|	$\Downarrow$	
	|	$\ldots$	
	|	$\stackrel{\text{fix}}{=}$	
	|	$\perp$	
	|	$\bullet$	
formula	::=		
	|	judgement	
Ctx	::=		
	|	$\text{names}(\Gamma) \cap \text{names}(\Delta) = \emptyset$	Γ and Δ are disjoint typing contexts with no clashing
	|	type_affect $\in \Gamma$	
Heap	::=		
	|	label_stmt $\in \mathbb{H}$	
Eq	::=		
	|	$A = B$	
	|	$t = u$	
	|	$\Gamma = \Delta$	
Ty	::=		
	|	$R \stackrel{\text{fix}}{=}$ rec_type_def	
	|	$\Phi \vdash \mathbb{H}$	$\mathbb{H}$ is a well-typed heap given heap typing context Φ
	|	$\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathbb{H} \mid t : A$	
	|	$\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : A$	t is a well-typed term of type A given heap typing cont
	|	$C : \bar{A} \xrightharpoonup{c} A$	Heap constructor C builds a value of type A given argu
Sem	::=		
	|	$\mathbb{H} \mid t \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t'$	t reduces to t', with heap changing from $\mathbb{H}$ to $\mathbb{H}'$
	|	$\mathbb{H} \mid t \Downarrow \mathbb{H}' \mid t'$	t reduces to t', with heap growing from $\mathbb{H}$ to $\mathbb{H}'$
judgement	::=		
	|	Ctx	
	|	Heap	
	|	Eq	
	|	Ty	
	|	Sem	

user_syntax ::=
| metavariable
| term
| var_sub
| var_subs
| heap_val
| val
| *label*
| label_stmt
| label_stmts
| heap_context
| type
| type_with_hole
| rec_type_bound
| rec_type_def
| type_affect
| type_affects
| typing_context
| types
| heap_constructor
| judg
| terminals

$\boxed{\mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset}$ Γ and Δ are disjoint typing contexts with no clashing variable names or labels

$\boxed{\mathsf{type\_affect} \in \Gamma}$

$\boxed{\mathsf{label\_stmt} \in \mathbb{H}}$

$\boxed{\mathsf{A} = \mathsf{B}}$

$\boxed{\mathsf{t} = \mathsf{u}}$

$\boxed{\Gamma = \Delta}$

$\boxed{\mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mathsf{rec\_type\_def}}$

$\boxed{\Phi \vdash \mathbb{H}}$ $\mathbb{H}$ is a well-typed heap given heap typing context Φ

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi_1 \vdash \mathbb{H}_1 \\ \Phi_2 \vdash \mathbb{H}_2 \\ \mathsf{names}\,(\Phi_1) \cap \mathsf{names}\,(\Phi_2) = \emptyset\end{array}}{\Phi_1 \sqcup \Phi_2 \vdash \mathbb{H}_1 \sqcup \mathbb{H}_2} \quad \textsc{TyHeap\_Union}$$

$$\frac{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash \lambda\,\mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t} : \mathsf{A} \multimap \mathsf{B}}{\Phi \sqcup \{l : \mathsf{A} \multimap \mathsf{B}\} \vdash \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \lambda\,\mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}\}} \quad \textsc{TyHeap\_Lam}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathsf{C} : \bar{\mathsf{A}} \overset{\mathsf{c}}{\multimap} \mathsf{A} \\ \Phi \sqcup \{\bar{l} : \bar{\mathsf{A}}\} \vdash \mathbb{H} \sqcup \{\bar{l} \triangleleft \bar{\mathsf{v}}\}\end{array}}{\Phi \sqcup \{\bar{l} : \bar{\mathsf{A}}, l : \mathsf{A}\} \vdash \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{C}\,\bar{l}, \bar{l} \triangleleft \bar{\mathsf{v}}\}} \quad \textsc{TyHeap\_HeapVal}$$

$$\frac{}{\emptyset \vdash \mathbb{H}} \quad \textsc{TyHeap\_Enlarge}$$ TODO: remove, needed for empty labels in SemMut

$\boxed{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash \mathbb{H}\,|\,\mathsf{t} : \mathsf{A}}$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \vdash \mathbb{H} \\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}\end{array}}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash \mathbb{H}\,|\,\mathsf{t} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyCommand\_Def}$$

$\boxed{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}}$ t is a well-typed term of type A given heap typing context Φ, unrestricted typing context

$$\frac{}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \emptyset \vdash \bullet : \bot}\ \textsc{TyTerm\_NoEff}$$

$$\frac{}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \emptyset \vdash \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor} : \lfloor \mathsf{A} \rfloor}\ \textsc{TyTerm\_LDest}$$ TODO: we should have either l : A in P or l not in names(P)

$$\frac{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\} \vdash \mathsf{t} : \mathsf{B}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \lambda \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t} : \mathsf{A} \multimap \mathsf{B}}\ \textsc{TyTerm\_Lam}$$

$$\frac{\mathsf{C} : \bar{\mathsf{A}} \overset{\mathsf{c}}{\rightharpoondown} \mathsf{A}}{\Phi \sqcup \{\bar{l} : \bar{\mathsf{A}}\} \,;\, \mho \,;\, \emptyset \vdash \mathsf{C}\bar{l} : \mathsf{A}}\ \textsc{TyTerm\_HeapVal}$$

$$\frac{}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\} \vdash \mathsf{x} : \mathsf{A}}\ \textsc{TyTerm\_Id}$$

$$\frac{}{\Phi \,;\, \mho \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\} \,;\, \emptyset \vdash \mathsf{x} : \mathsf{A}}\ \textsc{TyTerm\_Id'}$$

$$\frac{}{\Phi \sqcup \{l : \mathsf{A}\} \,;\, \mho \,;\, \emptyset \vdash \star l : \mathsf{A}}\ \textsc{TyTerm\_Deref}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A} \multimap \mathsf{B} \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{t}\ \mathsf{u} : \mathsf{B}}\ \textsc{TyTerm\_App}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \bot \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \vdash \mathsf{u} : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{t}\,;\ \mathsf{u} : \mathsf{B}}\ \textsc{TyTerm\_WithEff}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{1} \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\ \{() \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{A}}\ \textsc{TyTerm\_PatU}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}_1 \oplus \mathsf{A}_2 \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{\mathsf{x}_1 : \mathsf{A}_1\} \vdash \mathsf{u}_1 : \mathsf{B} \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{\mathsf{x}_2 : \mathsf{A}_2\} \vdash \mathsf{u}_2 : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\ \{1.\mathsf{x}_1 \mapsto \mathsf{u}_1, 2.\mathsf{x}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} : \mathsf{B}}\ \textsc{TyTerm\_PatS}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}_1 \otimes \mathsf{A}_2 \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{\mathsf{x}_1 : \mathsf{A}_1, \mathsf{x}_2 : \mathsf{A}_2\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\ \{\langle \mathsf{x}_1, \mathsf{x}_2 \rangle \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{B}}\ \textsc{TyTerm\_PatP}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : {!}\mathsf{A} \\ \Phi \,;\, \mho \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\} \,;\, \Delta \vdash \mathsf{u} : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\ \{\,\mathsf{Ur}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{B}}\ \textsc{TyTerm\_PatE}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu\,\mathsf{r}\,.\,\mathsf{W} \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{R} \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{W}[\mathsf{r} := \mathsf{R}]\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{B}}\ \textsc{TyTerm\_PatR}$$

$$\frac{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \sqcup \{d : \lfloor A \rfloor\} \vdash t : \bot}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash \underset{A}{\mathsf{alloc}}\ d\,.\,t : A}\quad \textsc{TyTerm\_Alloc}\ \text{TODO: add guard for LDest and NoEff}$$

$$\frac{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t : \lfloor 1 \rfloor}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t \triangleleft () : \bot}\quad \textsc{TyTerm\_FillU}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t : \lfloor A \rfloor\\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Delta \vdash u : A\\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \sqcup \Delta \vdash t \triangleleft u : \bot}\quad \textsc{TyTerm\_FillL}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t : \lfloor A_1 \oplus A_2 \rfloor\\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Delta \sqcup \{d' : \lfloor A_1 \rfloor\} \vdash u : B\\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \sqcup \Delta \vdash t \triangleleft 1.d'\,.\,u : B}\quad \textsc{TyTerm\_FillV1}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t : \lfloor A_1 \oplus A_2 \rfloor\\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Delta \sqcup \{d' : \lfloor A_2 \rfloor\} \vdash u : B\\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t \triangleleft 2.d'\,.\,u : B}\quad \textsc{TyTerm\_FillV2}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t : \lfloor A_1 \otimes A_2 \rfloor\\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Delta \sqcup \{d_1 : \lfloor A_1 \rfloor, d_2 : \lfloor A_2 \rfloor\} \vdash u : B\\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \sqcup \Delta \vdash t \triangleleft \langle d_1, d_2 \rangle\,.\,u : B}\quad \textsc{TyTerm\_FillP}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t : \lfloor !A \rfloor\\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \emptyset \sqcup \{d : \lfloor A \rfloor\} \vdash u : B\end{array}}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t \triangleleft \mathsf{Ur}\ d\,.\,u : B}\quad \textsc{TyTerm\_FillE}$$

$$\frac{\begin{array}{l}R \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu\, r\,.\,W\\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t : \lfloor R \rfloor\\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Delta \sqcup \{d : \lfloor W[r := R] \rfloor\} \vdash u : B\\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \sqcup \Delta \vdash t \triangleleft \underset{R}{\mathsf{roll}}\ d\,.\,u : B}\quad \textsc{TyTerm\_FillR}$$

$\boxed{C : \bar{A} \overset{c}{\rightharpoondown} A}$ Heap constructor C builds a value of type A given arguments of type $\bar{A}$

$$\frac{}{\{()\} : \cdot \overset{c}{\rightharpoondown} 1}\quad \textsc{TyCtor\_U}$$

$$\frac{}{\{1.\} : A \overset{c}{\rightharpoondown} A \oplus B}\quad \textsc{TyCtor\_V1}$$

$$\frac{}{\{2.\} : B \overset{c}{\rightharpoondown} A \oplus B}\quad \textsc{TyCtor\_V2}$$

$$\frac{}{\{\langle , \rangle\} : A\ \ B \overset{c}{\rightharpoondown} A \otimes B}\quad \textsc{TyCtor\_P}$$

$$\frac{}{\{\ \mathsf{Ur}\ \} : A \overset{c}{\rightharpoondown} !A}\quad \textsc{TyCtor\_E}$$

$$\frac{R \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu\, r\,.\,W}{\{\mathsf{roll}\ R\} : W[r := R] \overset{c}{\rightharpoondown} R}\quad \textsc{TyCtor\_R}$$

$\boxed{\mathbb{H} \mid t \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t'}$ t reduces to t', with heap changing from $\mathbb{H}$ to $\mathbb{H}'$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{t}\ \mathsf{u} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'\ \mathsf{u}} \quad \textsc{SemMut\_uApp}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \mid (\lambda\, \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t})\ \mathsf{u} \longrightarrow \mathbb{H} \mid \mathsf{t}[\mathsf{x} := \mathsf{u}]} \quad \textsc{SemMut\_App}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \lambda\, \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}\} \mid \star l \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \lambda\, \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}\} \mid \lambda\, \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}} \quad \textsc{SemMut\_dLam}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{C}\,\overline{l}\} \mid \star l \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{C}\,\overline{l}\} \mid \mathsf{C}\,\overline{l}} \quad \textsc{SemMut\_dHeapVal}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{() \mapsto \mathsf{u}\} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}'\ \mathsf{of}\ \{() \mapsto \mathsf{u}\}} \quad \textsc{SemMut\_uPatU}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \mid \mathsf{case}\ ()\ \mathsf{of}\ \{() \mapsto \mathsf{u}\} \longrightarrow \mathbb{H} \mid \mathsf{u}} \quad \textsc{SemMut\_PatU}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{1.\mathsf{x}_1 \mapsto \mathsf{u}_1, 2.\mathsf{x}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}'\ \mathsf{of}\ \{1.\mathsf{x}_1 \mapsto \mathsf{u}_1, 2.\mathsf{x}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\}} \quad \textsc{SemMut\_uPatV12}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}\} \mid \mathsf{case}\ 1.l\ \mathsf{of}\ \{1.\mathsf{x}_1 \mapsto \mathsf{u}_1, 2.\mathsf{x}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} \longrightarrow \mathbb{H} \mid \mathsf{u}_1[\mathsf{x}_1 := \mathsf{v}]} \quad \textsc{SemMut\_PatV1}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}\} \mid \mathsf{case}\ 2.l\ \mathsf{of}\ \{1.\mathsf{x}_1 \mapsto \mathsf{u}_1, 2.\mathsf{x}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} \longrightarrow \mathbb{H} \mid \mathsf{u}_2[\mathsf{x}_2 := \mathsf{v}]} \quad \textsc{SemMut\_PatV2}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\langle \mathsf{x}_1, \mathsf{x}_2 \rangle \mapsto \mathsf{u}\} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}'\ \mathsf{of}\ \{\langle \mathsf{x}_1, \mathsf{x}_2 \rangle \mapsto \mathsf{u}\}} \quad \textsc{SemMut\_uPatP}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l_1 \triangleleft \mathsf{v}_1, l_2 \triangleleft \mathsf{v}_2\} \mid \mathsf{case}\ \langle l_1, l_2 \rangle\ \mathsf{of}\ \{\langle \mathsf{x}_1, \mathsf{x}_2 \rangle \mapsto \mathsf{u}\} \longrightarrow \mathbb{H} \mid \mathsf{u}[\mathsf{x}_1 := \mathsf{v}_1, \mathsf{x}_2 := \mathsf{v}_2]} \quad \textsc{SemMut\_PatP}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\,\mathsf{Ur}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}'\ \mathsf{of}\ \{\,\mathsf{Ur}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\}} \quad \textsc{SemMut\_uPatE}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}\} \mid \mathsf{case}\ \mathsf{Ur}\ \ l\ \mathsf{of}\ \{\,\mathsf{Ur}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} \longrightarrow \mathbb{H} \mid \mathsf{u}[\mathsf{x} := \mathsf{v}]} \quad \textsc{SemMut\_PatE}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{case}\ \ \mathsf{t}\ \ \mathsf{of}\ \ \{\mathsf{roll}_{\mathsf{R}}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{case}\ \ \mathsf{t}'\ \ \mathsf{of}\ \ \{\mathsf{roll}_{\mathsf{R}}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\}} \quad \textsc{SemMut\_uPatR}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}\} \mid \mathsf{case}\ \mathsf{roll}_{\mathsf{R}}\ \ l\ \ \mathsf{of}\ \ \{\mathsf{roll}_{\mathsf{R}}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} \longrightarrow \mathbb{H} \mid \mathsf{u}[\mathsf{x} := \mathsf{v}]} \quad \textsc{SemMut\_PatR}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{t}\ \ ;\ \ \mathsf{u} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'\ \ ;\ \ \mathsf{u}} \quad \textsc{SemMut\_uWithEff}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \mid\ \bullet\ \ ;\ \ \mathsf{u} \longrightarrow \mathbb{H} \mid \mathsf{u}} \quad \textsc{SemMut\_WithEff}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \mid \mathsf{alloc}_{\mathsf{A}}\ \mathsf{d}\,.\,\mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \oslash\} \mid \mathsf{t}[\mathsf{d} := {}^{l}\lfloor \mathsf{A} \rfloor]\ \ ;\ \ \star l} \quad \textsc{SemMut\_Alloc}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{t}\ \triangleleft\ () \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'\ \triangleleft\ ()} \quad \textsc{SemMut\_uFillU}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \oslash\} \mid {}^{l}\lfloor \mathsf{1} \rfloor\ \triangleleft\ () \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft ()\} \mid \bullet} \quad \textsc{SemMut\_FillU}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid \mathsf{t}\ \triangleleft\ \mathsf{u} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'\ \triangleleft\ \mathsf{u}} \quad \textsc{SemMut\_uFillL}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid \mathsf{t}'}{\mathbb{H} \mid {}^{l}\lfloor \mathsf{A} \rfloor\ \triangleleft\ \mathsf{t} \longrightarrow \mathbb{H}' \mid {}^{l}\lfloor \mathsf{A} \rfloor\ \triangleleft\ \mathsf{t}'} \quad \textsc{SemMut\_uFillL'}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \varnothing\} \mid \overset{l}{\lfloor A \rfloor} \triangleleft \lambda x{:}A \,.\, t \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \lambda x{:}A \,.\, t\} \mid \bullet} \quad \textsc{SemMut\_FillLLam}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \varnothing\} \mid \overset{l}{\lfloor A \rfloor} \triangleleft C\bar{l} \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft C\bar{l}\} \mid \bullet} \quad \textsc{SemMut\_FillLHeapVal}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid t \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t'}{\mathbb{H} \mid t \triangleleft 1.d \,.\, u \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t' \triangleleft 1.d \,.\, u} \quad \textsc{SemMut\_uFillV1}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \varnothing\} \mid \overset{l}{\lfloor A_1 \oplus A_2 \rfloor} \triangleleft 1.d \,.\, t \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft 1.l', l' \triangleleft \varnothing\} \mid t[d := \overset{l'}{\lfloor A_1 \rfloor}]} \quad \textsc{SemMut\_FillV1}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid t \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t'}{\mathbb{H} \mid t \triangleleft 2.d \,.\, u \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t' \triangleleft 2.d \,.\, u} \quad \textsc{SemMut\_uFillV2}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \varnothing\} \mid \overset{l}{\lfloor A_1 \oplus A_2 \rfloor} \triangleleft 2.d \,.\, t \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft 2.l', l' \triangleleft \varnothing\} \mid t[d := \overset{l'}{\lfloor A_2 \rfloor}]} \quad \textsc{SemMut\_FillV2}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid t \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t'}{\mathbb{H} \mid t \triangleleft \langle d_1, d_2 \rangle \,.\, u \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t' \triangleleft \langle d_1, d_2 \rangle \,.\, u} \quad \textsc{SemMut\_uFillP}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \varnothing\} \mid \overset{l}{\lfloor A_1 \otimes A_2 \rfloor} \triangleleft \langle d_1, d_2 \rangle \,.\, t \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \langle l_1, l_2 \rangle, l_1 \triangleleft \varnothing, l_2 \triangleleft \varnothing\} \mid t[d_1 := \overset{l_1}{\lfloor A_1 \rfloor}, d_2 := \overset{l_2}{\lfloor A_2 \rfloor}]} \quad \textsc{SemMut\_FillP}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid t \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t'}{\mathbb{H} \mid t \triangleleft \mathsf{Ur}\ d \,.\, u \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t' \triangleleft \mathsf{Ur}\ d \,.\, u} \quad \textsc{SemMut\_uFillE}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \varnothing\} \mid \overset{l}{\lfloor !A \rfloor} \triangleleft \mathsf{Ur}\ d \,.\, t \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{Ur}\ l', l' \triangleleft \varnothing\} \mid t[d := \overset{l'}{\lfloor A \rfloor}]} \quad \textsc{SemMut\_FillE}$$

$$\frac{\mathbb{H} \mid t \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t'}{\mathbb{H} \mid t \triangleleft \underset{R}{\mathsf{roll}}\ d \,.\, u \longrightarrow \mathbb{H}' \mid t' \triangleleft \underset{R}{\mathsf{roll}}\ d \,.\, u} \quad \textsc{SemMut\_uFillR}$$

$$\frac{R \overset{\text{fix}}{=} \mu r \,.\, W}{\mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \varnothing\} \mid \overset{l}{\lfloor R \rfloor} \triangleleft \underset{R}{\mathsf{roll}}\ d \,.\, t \longrightarrow \mathbb{H} \sqcup \{l \triangleleft \underset{R}{\mathsf{roll}}\ l', l' \triangleleft \varnothing\} \mid t[d := \overset{l'}{\lfloor W[r := R] \rfloor}]} \quad \textsc{SemMut\_FillR}$$

$\boxed{\mathbb{H} \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{H}' \mid t'}$ t reduces to t', with heap growing from $\mathbb{H}$ to $\mathbb{H}'$

$$\frac{}{\mathbb{H} \mid \bullet \ \Downarrow\ \mathbb{H} \mid \bullet} \quad \textsc{SemImm\_NoEff}\ \textit{(value)}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \mid \overset{l}{\lfloor A \rfloor} \ \Downarrow\ \mathbb{H} \mid \overset{l}{\lfloor A \rfloor}} \quad \textsc{SemImm\_LDest}\ \textit{(value)}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \mid \lambda x{:}A \,.\, t \ \Downarrow\ \mathbb{H} \mid \lambda x{:}A \,.\, t} \quad \textsc{SemImm\_Lam}\ \textit{(value)}$$

$$\frac{}{\mathbb{H} \mid C\bar{l} \ \Downarrow\ \mathbb{H} \mid C\bar{l}} \quad \textsc{SemImm\_HeapVal}\ \textit{(value)}$$

$$\frac{\begin{array}{c}\mathbb{H}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \mid \lambda x{:}A \,.\, t' \\ \mathbb{H}_1 \mid t'[x := u] \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \mid v_2\end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid t\,u \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \mid v_2} \quad \textsc{SemImm\_App}$$

$$\frac{\begin{array}{c}\mathbb{H}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \mid () \\ \mathbb{H}_1 \mid u \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \mid v_2\end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{() \mapsto u\} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \mid v_2} \quad \textsc{SemImm\_PatU}$$

$$\frac{\begin{array}{c}\mathbb{H}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft v_1\} \mid 1.l \\ \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft v_1\} \mid u_1[x_1 := v] \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \mid v_2\end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{1.x_1 \mapsto u_1, 2.x_2 \mapsto u_2\} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \mid v_2} \quad \textsc{SemImm\_PatV1}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid 2.l \qquad \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{u}_2[\mathsf{x}_2 := \mathsf{v}] \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{1.\mathsf{x}_1 \mapsto \mathsf{u}_1, 2.\mathsf{x}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_PatV2}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \sqcup \{l_1 \triangleleft \mathsf{v}_{11}, l_2 \triangleleft \mathsf{v}_{12}\} \mid \langle l_1, l_2\rangle \qquad \mathbb{H}_1 \sqcup \{l_1 \triangleleft \mathsf{v}_{11}, l_2 \triangleleft \mathsf{v}_{12}\} \mid \mathsf{u}[\mathsf{x}_1 := \mathsf{v}_1, \mathsf{x}_2 := \mathsf{v}_2] \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\langle \mathsf{x}_1, \mathsf{x}_2\rangle \mapsto \mathsf{u}\} \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_PatP}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{Ur}\ l \qquad \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{u}[\mathsf{x} := \mathsf{v}_1] \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\mathsf{Ur}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_PatE}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ l \qquad \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{u}[\mathsf{x} := \mathsf{v}_1] \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_PatR}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \bullet \qquad \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t}\ ;\ \mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_WithEff}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t}[\mathsf{d} := \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor}] \Downarrow \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \bullet}{\mathbb{H}_0 \mid \underset{\mathsf{A}}{\mathsf{alloc}}\ \mathsf{d}\,.\,\mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_1}\ \textsc{SemImm\_Alloc}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor 1 \rfloor}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft () \Downarrow \mathbb{H}_1 \sqcup \{l \triangleleft ()\} \mid \bullet}\ \textsc{SemImm\_FillU}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \multimap \mathsf{B} \rfloor} \qquad \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \lambda \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \lambda \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}\} \mid \bullet}\ \textsc{SemImm\_FillLLam}\ \textit{block on NoEff/LDest}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor} \qquad \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{C}\bar{l}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{C}\bar{l}\} \mid \bullet}\ \textsc{SemImm\_FillLHeapVal}\ \textit{block on NoEff/LDest}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \oplus \mathsf{B} \rfloor} \qquad \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d} := \overset{l'}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor}] \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft 1.\mathsf{d}\,.\,\mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft 1.l', l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_FillV1}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \oplus \mathsf{B} \rfloor} \qquad \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d} := \overset{l'}{\lfloor \mathsf{B} \rfloor}] \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft 2.\mathsf{d}\,.\,\mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft 2.l', l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_FillV2}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \otimes \mathsf{B} \rfloor} \qquad \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d}_1 := \overset{l_1}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor}, \mathsf{d}_2 := \overset{l_2}{\lfloor \mathsf{B} \rfloor}] \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l_1 \triangleleft \mathsf{v}_{11}, l_2 \triangleleft \mathsf{v}_{12}\} \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \langle \mathsf{d}_1, \mathsf{d}_2\rangle\,.\,\mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \langle l_1, l_2\rangle, l_1 \triangleleft \mathsf{v}_{11}, l_2 \triangleleft \mathsf{v}_{12}\} \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_FillP}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor !\mathsf{A} \rfloor} \qquad \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d} := \overset{l'}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor}] \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \mathsf{Ur}\ \mathsf{d}\,.\,\mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{Ur}\ l', l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_FillE}$$

$$\frac{\mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu\,\mathsf{r}\,.\,\mathsf{W} \qquad \mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \Downarrow \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{R} \rfloor} \qquad \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d} := \overset{l'}{\lfloor \mathsf{W}[\mathsf{r} := \mathsf{R}] \rfloor}] \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ \mathsf{d}\,.\,\mathsf{u} \Downarrow \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ l', l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2}\ \textsc{SemImm\_FillR}$$

```
Definition rules:         88 good    0 bad
Definition rule clauses: 191 good    0 bad
```